



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"

FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5004775

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5109827

FOCUS AREA: 5A

Titolo Piano	Razionalizzazione dei sistemi irrigui sulle colture arboree in risposta ai cambiamenti climatici
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo
Elenco partner del Gruppo Operativo	Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo – capofila Alma Mater Studiorum – Università di Bologna (UNIBO), Dipartimento di Scienze Agrarie (DIPSA) – partner effettivo Istituto di Biometeorologia del CNR – IBIMET Bologna – partner effettivo Centro Ricerche Produzioni Vegetali (CRPV) soc. coop – partner effettivo Fondazione per l'agricoltura Fratelli Navarra – partner effettivo Società Agricola Mazzoni società semplice – partner effettivo APOFRUIT ITALIA Soc. Coop. Agricola – partner associato Fruit Modena Group Soc. Coop. Agricola – partner associato

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	32
Data inizio attività	01/04/2016

Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	31/12/2018
---	------------

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/04/2016	Al 31/12/2018
Data rilascio relazione	18/02/2019	

Autore della relazione	Stefano Anconelli		
telefono	335-7561660	email	anconelli@consorzioцер.it

1. Descrizione dello stato di avanzamento Finale del Piano

Negli ultimi dieci 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 per gli agricoltori che adottavano gli impianti a goccia in maniera non corretta, con notevoli riduzioni di resa dovute a “colpi di calore”, a scarsa pezzatura e conservabilità dei frutti. I valori di evapotraspirazione negli ultimi anni sono stati spesso superiori ai 6-7 mm/giorno, rispetto ai 4-5 mm del decennio precedente, con un conseguente aumento dei volumi irrigui stagionali.

A questo si aggiunga che spesso le campagne irrigue sono precedute da inverni asciutti, con anomale distribuzioni delle precipitazioni, che determinano un deficit idrico già al momento della ripresa vegetativa: diventa sempre più difficile, da parte dei frutticoltori, l'individuazione tempestiva dell'inizio della stagione irrigua e di una corretta gestione delle irrigazioni, in particolare per coloro che adottano la micro-irrigazione.

Il presente piano si è posto come obiettivo generale quello di razionalizzare i sistemi irrigui sulle colture arboree, come adattamento ai cambiamenti climatici, sia migliorando i parametri del sistema esperto IRRINET, per la gestione delle irrigazioni in funzione delle diverse tipologie irrigue e delle combinazioni di innesto, sia individuando le migliori tecniche per aumentare l'efficienza d'uso dell'acqua negli impianti microirrigui, che mettendo a punto le soluzioni più sostenibili per gli impianti climatizzanti, in grado di garantire prodotti di qualità con il minor impiego d'acqua irrigua. A partire dal mese di aprile 2016, tutte le attività previste dal piano sono state regolarmente messe in atto secondo i protocolli sperimentali indicati, con l'impostazione e l'esecuzione delle prove di campo programmate, che si sono concluse consentendo di raggiungere i risultati attesi: mettere a punto i parametri di IRRINET relativamente ai volumi di adacquata in funzione dei sistemi irrigui (goccia e aspersione) e della vigoria delle piante nel pero (Azione 3.1), migliorare l'efficienza degli attuali sistemi irrigui a goccia mediante la messa a punto della tecnica integrata delle ali gocciolanti interrate a bassissima portata (ULDI) sulle pomacee (Azione 3.2), ottimizzare la gestione dell'irrigazione climatizzante individuando la tecnica di migliore efficienza di raffreddamento con il minor impiego dell'acqua contro i colpi di calore estivi e attivare un sistema di allerta contro le ondate di calore nei bollettini provinciali di produzione integrata, con la produzione di mappe territoriali delle temperature massime che rappresentano le criticità climatiche, che verranno realizzate assieme al Servizio Meteorologico Regionale di ARPAE (Azione 3.3). Infine, migliorare l'efficienza d'uso della acqua mediante la corretta individuazione del momento della giornata in cui somministrare l'irrigazione in funzione della fisiologia della pianta sull'actinidia (Azione 3.4).

1.1. Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
Azione 1	CER – UNIBO DIPSA – CNR – CRPV – NAVARRA - MAZZONI	Esercizio cooperazione	1	1	32	32
Azione 3.1	CER - UNIBO DIPSA NAVARRA	Sostenibilità dei sistemi irrigui a goccia e pioggia su pero - prove in campo	1	1	32	32
Azione 3.2	CER	Messa a punto della tecnica ultra low drip irrigation sulle pomacee - prove in campo	1	1	32	32
Azione 3.3	CER – UNIBO DIPSA – CNR – MAZZONI	Messa a punto della tecnica di climatizzazione dei frutteti - prove in campo	13	13	32	32
Azione 3.4	CER – UNIBO DIPSA	Risparmio idrico sull'actinidia mediante aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua - prove in campo	13	13	32	32
Azione 4	CER – UNIBO DIPSA – CRPV	Piano divulgazione	1	1	32	32

2. Descrizione per singola azione

2.1. AZIONE 1

2.1.1. Attività e risultati Azione 1

Azione 1	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	Il CER, nel suo ruolo di capo mandatario ha mantenuto la funzione di coordinamento generale e di responsabilità tecnico-scientifica delle attività, demandando, in accordo con gli altri Partner, al CRPV il ruolo organizzativo per garantire il funzionamento tecnico ed amministrativo del Gruppo Operativo (GO). Al CRPV è stato affidato quindi il compito di pianificare le attività previste nel Piano, mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e

di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi.

Attivazione del Gruppo Operativo

La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.

In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, il CRPV, unitamente al Responsabile Tecnico Scientifico (RTS) Stefano Anconelli e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre, in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).

Una volta soddisfatti gli aspetti formali, è stata indetta una riunione del GO nella sua interezza (convocata via e-mail il 22-09-2016 e tenutasi a Bologna il 20-10-2016), alla presenza quindi di tutte le figure coinvolte per ogni partner. In questa sede, il Responsabile del Progetto CRPV (Daniele Missere) ha riproposto i contenuti e gli obiettivi del Piano, al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare le modalità di realizzazione delle azioni d'innovazione.

Costituzione del Comitato di Piano

In occasione della riunione di attivazione del 20-10-2016 si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto:

- Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), Stefano Anconelli (CER);
- Responsabile Organizzativo del Piano (RO), Daniele Missere (CRPV);
- Università di Bologna, Luca Corelli Grappadelli, Brunella Morandi e Luigi Manfrini;
- CNR-Ibimet, Federica Rossi;
- Fondazione Navarra, Fabio Galli (sostituito in corso d'opera da Michele Mariani);
- APOFRUIT, Claudio Lucchi;
- Az. Mazzoni, Michele Gerin;
- Fruit Modena Goup, Adriano Aldrovandi.

Gestione del Gruppo Operativo

Dalla data di attivazione del GO il Responsabile Organizzativo di Piano ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi

	<p>raggiunti con quelli attesi;</p> <ul style="list-style-type: none"> - La definizione delle azioni correttive. <p>Il Responsabile Organizzativo di Piano (RO), in stretta collaborazione con il Responsabile Tecnico-Scientifico (RTS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Allo stesso modo, l'RO e l'RTS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi e finali ottenuti in ciascuna fase e in tutto il Piano. Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del CRPV (v. Autocontrollo e Qualità). In data 22-01-2018 si è tenuta una riunione del Comitato di Piano in cui ogni Unità Operativa ha presentato le attività svolte e i risultati ottenuti nel biennio 2016-2017.</p> <p><u>Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio</u></p> <p>A campione, il RO ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RO ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità del CRPV.</p> <p><u>Preparazione dei documenti per le domande di pagamento</u></p> <p>In occasione della prima domanda di pagamento (stralcio), l'RO e l'RTS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati intermedi ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico. Analoga attività è stata svolta per la preparazione dei documenti relativi alla domanda di pagamento a saldo.</p> <p><u>Altre attività connesse alla gestione del GO</u></p> <p>Oltre alle attività descritte in precedenza, il CRPV ha svolto una serie di altre attività di supporto al mandatario CER dell'ATS, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento e la redazione e l'inoltro di eventuali richieste di proroga e/o varianti.</p> <p>Il CRPV si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.</p> <p>In occasione del workshop "<i>Connecting innovative projects: Water & Agriculture</i>" organizzato nell'ambito della rete PEI-AGRI e tenutosi ad Almeria (ES) nel maggio 2018, è stato presentato dal</p>
--	---

Responsabile Tecnico Scientifico il GO tramite un poster dal titolo: *Irrigation system optimization in fruit farming for adaptation to climate change.*

Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, il CRPV ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte.

Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Tecnico Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività.

Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.

Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità del CRPV.

	Il Sistema Qualità CRPV, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.

2.1.2. Personale Azione 1

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Anconelli Stefano	Ricercatore Quadro preposto	Know how risparmio idrico in agricoltura	99	3.868,04
Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Know how servizi di assistenza tecnica per l'irrigazione	24,75	980,35
			Totale	4.848,39

PERSONALE UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Morandi Brunella	RTDa	Know How meccanismi di accrescimento del frutto e relazioni idriche. Irrigazione e strategie per aumentare l'efficienza di utilizzo idrico. Link con EIP-Agri	01	25,53
Grappadelli Corelli Luca	PO	Know How applicazione strategie innovative per il risparmio idrico e trasferimento tecnologico	16	1.054,08
Manfrini Luigi	RTDa	Know How meccanismi di accrescimento del frutto e relazioni idriche. Irrigazione e strategie per aumentare l'efficienza di utilizzo idrico. Link con EIP-Agri	10	255,30
			Totale	1.334,91

PERSONALE CNR - IBIMET

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Rossi Federica	Ricercatore	Know How meteorologia, microclimatologia e modellistica agroecologica. Irrigazione e strategie per aumentare l'efficienza di utilizzo idrico	13	679,25
			Totale	679,25

Personale CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Crociani Alvaro	Tecnico	Coordinamento	8	441,76
Guidi Claudia	Segreteria	Segreteria	8	172,16
Vincenzi Roberto	Amministrativo	Supporto	13	483,73
Serra Sabrina	Amministrativo	Supporto	8	175,12
Missere Daniele	Tecnico	Coordinamento	16	449,44
			Totale	1.722,21

PERSONALE NAVARRA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Galli Fabio	Sperimentatore	Coordinamento, riunioni	13	397,02
			Totale	397,02

PERSONALE MAZZONI

Nessuna spesa di personale prevista

2.1.3. Trasferte

Nessuna spesa di trasferta prevista per il CER

Nessuna spesa di trasferta prevista per l'UNIBO DISPA

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CNR IBIMET

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

2.2. AZIONE 3

2.2.1. Attività e risultati Azione 3

Azione 3.1	Sostenibilità dei sistemi irrigui a goccia e pioggia su pero - messa a punto dei parametri di Irrinet in funzione del metodo irriguo e portinnesti nel pero. Prove in campo
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>Le attività sono state svolte dal CER, in collaborazione con UNIBO DISTAL e Fondazione F.lli NAVARRA. L'azione si prefiggeva di mettere a punto i parametri di IRRINET relativamente ai volumi di adacquata in funzione dei sistemi irrigui (goccia e aspersione) e della vigoria dei portinnesti nel pero.</p> <p>Tutte le attività previste dal protocollo sperimentale del progetto sono state portate regolarmente a termine dalle diverse unità operative coinvolte (CER, Unibo – Distal e Fondazione F.lli Navarra).</p> <p>Al termine del triennio 2016-18, i risultati ottenuti hanno consentito di trarre le seguenti conclusioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tendenzialmente sono emerse differenze nella risposta all'irrigazione dei diversi portinnesti: MC, poco vigoroso, esplorando un volume ridotto di terreno, non può prescindere dall'irrigazione per ottenere rese economicamente sostenibili, e di pezzatura commerciale. Stesso discorso per Farold, per opposte ragioni: essendo molto vigoroso, necessita di irrigazione in modo da contrastare il rigoglio vegetativo e ottenere produzioni di rilievo. Sydo e MH riescono ad ottenere discrete produzioni anche in condizioni di limitato soddisfacimento idrico e si avvantaggiano meno dell'irrigazione, in termini di incremento percentuale rispetto al controllo non irrigato. Sono quindi consigliabili in ambienti di limitate risorse idriche, o in risposta al cambiamento climatico e ad una tendenziale riduzione dell'acqua a disposizione per le colture. - Da una valutazione complessiva dei dati (dal 2011, anno di impianto, ad oggi), MH è risultato il portinnesto con le migliori performance produttive commerciali, confermando quanto visto fin dall'entrata in produzione del frutteto. Si è dimostrato in grado di garantire una buona carica di frutti, di elevata pezzatura. Insieme a Sydo presenta frutti di calibro più elevato all'opposto di MC, che notoriamente penalizza la pezzatura, e di Farold, che produce un gran numero di frutti/pianta, ma di peso medio più contenuto. - MH, e in parte anche Sydo, presentano peraltro maggiori problemi di asfissia radicale da eccessi idrici e cattivo drenaggio (problema spesso presente nei periodi autunno vernini nell'areale ferrarese) con una diffusa moria delle piante. - L'irrigazione ha determinato un significativo incremento di resa totale, più evidente nel biennio 2017-18, ancora più marcato se consideriamo la sola produzione commerciale: tale incremento è dovuto ad un aumento significativo di pezzatura, a parità di carico di frutti/pianta.

	<ul style="list-style-type: none"> - Le differenze tra la piena restituzione dei consumi e la tesi irrigata al 50% dell'Ete invece non sono sempre evidenti: nessuna differenza nel 2016, nel 2017 solo in termini di incremento di pezzatura, solo nel 2018 come resa e pezzatura. Non si sono mai registrate differenze in termini di vigoria delle piante e di differenziazione delle gemme a frutto. - Anche il sistema irriguo non sembra influenzare i dati produttivi e la risposta della pianta, a dimostrazione che una corretta gestione degli interventi irrigui, fatta con il modello IRRINET, è in grado di ottenere i medesimi risultati produttivi, a parità di volumi irrigui: solo l'ultimo anno le piante irrigate a micro-aspersione hanno mostrato una maggior stanchezza, con performance produttive leggermente inferiori a quelle irrigate a goccia. - I risultati del triennio hanno mostrato una buona precisione del modello IRRINET nella stima dei consumi della coltura, con una buona corrispondenza tra valori stimati e i rilievi di umidità del terreno. Sono invece state confermate le modifiche al modello relativamente all'età del frutteto e all'entrata in produzione, in funzione della vigoria del portinnesto, alla luce dei risultati descritti. Già dopo tre anni dall'impianto, i portinnesti deboli avevano presentato produzioni di un certo rilievo, mentre per quelli vigorosi come il Farold è stato necessario attendere almeno il dopo quinto-sesto anno per avere una produzione importante. Solo nel 2018 è risultato superiore agli altri. - L'indice IPL messo a punto da Unibo nel biennio 2016-17 si è dimostrato un buon indicatore delle funzionalità fisiologiche delle piante per la valutazione degli stress idrici. Le indicazioni scaturite dai 2 anni di prova potrebbero in futuro consentire la realizzazione/implementazione di strumentazioni ad-hoc a basso costo per una valutazione in tempo reale dello stato idrico della pianta. Ciò permetterebbe sostanziali riduzioni dei tenori irrigui utilizzati in appezzamenti di pero. <p>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: PSR 5004775 - azione 3.1 - relazione tecnica finale 2016-18 pero Navarra</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'azione 3.1 sono stati tutti conseguiti senza scostamenti rispetto al progetto originario. Non sono emerse criticità tecnico-scientifiche e sono stati validati i modelli di gestione dell'irrigazione e di valutazione degli stress idrici del pero (Irrinet e indice IPL).
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 3.2	Messa a punto della tecnica ultra low drip irrigation sulle pomacee - prove in campo
------------	--

Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività è stata interamente condotta dal CER, presso l'azienda sperimentale di Budrio, a partire dall'aprile 2016, ed è proseguita per tre stagioni irrigue (2016-17-18). La sperimentazione aveva l'obiettivo di migliorare l'efficienza degli attuali sistemi irrigui a goccia mediante la messa a punto della tecnica integrata delle ali gocciolanti interrate e a bassissima portata (ULDI) sulle pomacee: è stata svolta tutta l'attività prevista dal protocollo sperimentale del progetto, su un frutteto dedicato messo a dimora nel 2014 presso Acqua Campus del CER, dove sono state messe a confronto il sistema innovativo ad elevata efficienza irrigua (ultra low drip irrigation con ali gocciolanti interrate), con l'irrigazione a goccia tradizionale (gocciolatori on-line), con livelli decrescenti di restituzione dei consumi delle colture di pero e melo (100% e 70% Ete). Sono stati differenziati i trattamenti irrigui come previsti dal progetto, posati gli strumenti necessari alla misurazione dell'umidità del terreno ed effettuati tutti i rilievi sperimentali previsti su terreno e vegetazione.</p> <p>Il 2016 è servito per terminare la fase di allevamento del frutteto, sia per il pero che per il melo, con produzioni ancora di scarso rilievo; dai dati registrati nel biennio 2017-18, in piena produzione, non sono emerse differenze tra le tesi ULDI e quelle irrigate a goccia tradizionale per quanto attiene i dati produttivi, qualitativi e biometrici.</p> <p>Dal punto di vista impiantistico, è stata messa a punto la tecnica di micro-irrigazione di precisione a bassa portata per il pero e melo: la soluzione adottata con l'impiego delle ali anti-gocciolamento e della centralina per automatizzare le partenze e la durata degli intervalli di irrigazione è parsa funzionale e con un aggravio dei costi decisamente contenuto (poche centinaia di euro, al servizio dell'intero frutteto, indipendentemente dalla superficie sottesa). Il frazionamento degli interventi scelto è stato in grado di garantire una umidità del terreno pressoché costante durante i periodi irrigui non "disturbati" dalle precipitazioni, come mostrato dai sensori di umidità del terreno a cadenza oraria.</p> <p>L'irrigazione a bassa portata e l'impiego delle ali gocciolanti interrate not-leakage (anti-gocciolamento) ha garantito la massima efficienza di applicazione, contenendo le infiltrazioni sotto lo stato colonizzato dalle radici per effetto chiodo, l'evaporazione e il ruscellamento superficiale, garantendo un maggior controllo delle infestanti.</p> <p>I sensori di umidità del terreno hanno messo in evidenza l'efficacia del sistema ULDI: tuttavia non si è mai lavorato in situazioni idriche limitanti e anche i trattamenti al 70% non hanno determinato situazione di stress per le specie studiate, tali da indurre decrementi produttivi, qualitativi e biometrici.</p> <p>In queste condizioni non sono emersi pertanto i vantaggi attesi</p>

	<p>rispetto all'irrigazione a goccia tradizionale, che anche con la restituzione del 70% dei consumi non ha evidenziato situazioni limitanti.</p> <p>Questi risultati sembrerebbero suggerire la possibilità di apportare una ulteriore riduzione del volume irriguo consigliato da Irrinet per pero e melo, specie per i frutteti irrigati con metodi microirrigui ad elevata efficienza di applicazione.</p> <p>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: PSR 5004775 - azione 3.2 - relazione tecnica finale 2016-18 pero melo ULDI</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'azione 3.2 sono stati tutti conseguiti senza scostamenti rispetto al progetto originario. Non sono emerse criticità tecnico-scientifiche ed è stata sviluppata e messa a punto la tecnica dell'irrigazione a bassa portata con ali gocciolanti interrate per il frutteto: l'impiego delle ali interrate anti-gocciolamento e della centralina per automatizzare le partenze e la durata degli intervalli di irrigazione è parsa funzionale e con un aggravio dei costi decisamente contenuto (poche centinaia di euro, al servizio dell'intero frutteto, indipendentemente dalla superficie sottesa).</p> <p>L'unica criticità è che la tecnica, pur garantendo il massimo risparmio idrico, non ha ottenuto i risultati produttivi attesi per le specie studiate</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 3.3	Messa a punto della tecnica di climatizzazione dei frutteti - prove in campo
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività è stata svolta nel biennio 2017-18 dal CER, in collaborazione con UNIBO DISTAL, CNR IBIMET e Az. Mazzoni, con lo scopo di mettere a punto la tecnica di climatizzazione dei frutteti con impianti irrigui soprachioma, per contrastare le sempre più frequenti "ondate di calore" conseguenti al cambiamento climatico in atto. Si sono avviate due sperimentazioni di campo distinte:</p> <p><i>AZIONE 3.3 - Attività 1</i> <i>Verifica tecnologica sull'efficacia dei diversi tipi di irrigatori sulla climatizzazione dei frutteti, ad opera del CER presso la propria az. sperimentale Acqua Campus di Mezzolara di Budrio (Bo).</i></p> <p>Su un pereto presente in azienda, dotato di diverse tipologie dimostrative di irrigazione, sopra e sotto chioma, sono stati confrontate nel biennio 2017-18 diverse combinazioni di sistemi irrigui: tre tipologie di irrigatori, minisprinkler a schiaffo e rotanti,</p>

microsprinkler dinamici e microsprayers statici nebulizzanti, di diverse portate e pluviometrie, 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 acquisitori di dati.

Sono stati fatti anche rilevamenti con la termocamera all'infrarosso termico, per valutare l'effetto generale sull'intera chioma e sui frutti sia nella parte del filare in ombra rivolta a nord, che al sole rivolta a sud, prima, 5 minuti dopo ed 1 ora dopo l'intervento.

Le prove condotte nel 2017-18 hanno fornito i seguenti risultati: Sulle foglie è stato registrato un raffrescamento di 2-3°C rispetto al testimone. Sui frutti, che non traspirano, il raffrescamento è stato superiore, di 3-4°C con picchi fino a 5-6°C rispetto al testimone.

La durata dell'intervento climatizzante non influisce sull'efficacia del raffrescamento: il prolungamento dell'intervento non garantisce un raffreddamento ulteriore degli organi della pianta e l'effetto della durata sul valore medio del raffrescamento per il periodo dell'irrigazione rimane costante. Pertanto la valutazione del tempo di intervento più consona 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. La scelta della durata e del turno degli interventi climatizzanti deve essere fatta pertanto tenendo anche conto degli aspetti fitosanitari (insorgenza di malattie fungine), della disponibilità idrica e della fonte di prelievo.

Per questi motivi nel secondo anno sono state realizzate prove relative ad interventi irrigui solo della durata di 3-4 ore, confermando quanto osservato nel 2017, pur in condizioni di ondate di calore non eccessive rispetto all'anno precedente.

In termini di tipo di scelta dell'impianto irriguo in generale il minisprayer ha evidenziato una minore efficacia climatizzante: nel 2017 il raffrescamento delle temperature degli organi della pianta con tale tipologia di irrigazione è risultato inferiore di 1°C sulle foglie e 2-3°C sui frutti rispetto agli altri due sistemi irrigui. Evidentemente il getto nebulizzato determina un cambiamento più efficace verso le condizioni al contorno (calo di temperatura e aumento dell'umidità dell'aria) che non sul raffreddamento diretto per contatto su frutti e foglie e ciò è stato confermato nel 2018 dalle prove fatte utilizzando la termocamera. Per ottenere una efficacia di raffreddamento con gli sprayer è necessario aumentare il numero di irrigatori (meglio uno per pianta, come testato nel 2018, il che però comporta un maggior onere di investimento ed un maggior consumo d'acqua).

Per quanto riguarda le differenze tra minisprinkler e

microsprinkler non si sono riscontrati risultati univoci sia nel 2017, molto più caldo, che tantomeno nel 2018. Entrambi i sistemi risultano efficaci: probabilmente l'effetto della maggior dimensione della goccia del minisprinkler, sia "a schiaffo" che "rotante" (con la bagnatura che segue comunque gli intervalli dovuti alla rotazione del getto), viene compensato dalla bagnatura in continuo tipica del microsprinkler.

La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: PSR 5004775 - azione 3.3.1 - relazione tecnica finale 2017-2018 CER AcquaCampus

AZIONE 3.3 - Attività 2

Verifica a pieno campo dell'uso razionale dell'impianto climatizzante nei frutteti (ad opera del CER, Unibo Distal, CNR-Ibimet) presso l'az. Mazzoni di Medelana (Fe)

L'attività è stata svolta nel biennio 2017-18 su frutteti commerciali di melo Fuji/M9 e pero Abate Fétel/Sydo presso l'Azienda Mazzoni in località Medelana, in provincia di Ferrara. È stata impostata una prova in cui una parte di frutteto irrigato solo con il normale sistema a goccia è stato confrontato con una parte irrigata con il doppio impianto, mantenendo la stessa quantità di acqua somministrata (definita secondo le indicazioni del bilancio idrico di Irrinet del CER).

Il sistema di irrigazione soprachioma è stato attivato periodicamente quando le temperature giornaliere hanno superato per alcuni giorni consecutivi la soglia dei 33°C. CNR-IBIMET ha allestito centraline con sensori per il monitoraggio degli andamenti di temperatura delle foglie e dei frutti, prima, durante e dopo l'irrigazione climatizzante.

Unibo Distal ha monitorato gli andamenti di temperatura e umidità dell'aria, l'accrescimento dei frutti, gli scambi gassosi fogliari e i potenziali idrici, prima e dopo l'irrigazione climatizzante, al fine di valutare gli eventuali effetti positivi e la loro durata sulle performance fotosintetiche della chioma. Alla raccolta è stato valutato dai tecnici dell'azienda Mazzoni l'effetto del metodo irriguo sulla produttività e la qualità dei frutti.

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 (calo di temperatura e aumento di umidità dell'aria) che favorisce una maggior attività fotosintetica, e un maggior accrescimento del frutto oltre che a ridurre fenomeni di eccessi di calore.

- l'effetto della climatizzazione risulta essere tuttavia limitato nel tempo alla sola giornata di irrigazione (forse anche a causa del

	<p>clima caldo umido della zona); solo per la crescita del frutto si individuano effetti residui positivi ma non prolungati, come dimostrano le produzioni a fine stagione, che non si discostano dal controllo non climatizzato,</p> <ul style="list-style-type: none"> - nell'esperimento per entrambe le specie indagate, pero e melo, la climatizzazione non ha ridotto in modo significativo i livelli di stress idrico valutati attraverso la misura dei potenziali idrici e degli scambi gassosi al di fuori dei momenti di irrigazione soprachioma; le piante con e senza climatizzazione sono risultate probabilmente con pari livello di potenziale idrico ed efficienza fotosintetica nell'arco stagionale. - la climatizzazione non ha indotto incrementi di produzione in entrambe le annate, come ci si poteva aspettare, in particolare nel 2017 considerando anche i maggiori volumi irrigui apportati. Solo su melo e solo nel 2017, anno decisamente caldo e siccitoso, si è registrato un incremento di pezzatura intorno al 10%, tuttavia statisticamente non significativo, ed un aspetto più giovanile dei frutti, con un minore percentuale di scottature, ma una minor intensità di colore. <p>Queste considerazioni evidenziano come l'irrigazione climatizzante soprachioma possa essere interessante per favorire la produzione in zone caldo-aride sulla base dei risultati riportati in letteratura. I risultati del biennio tuttavia sembrerebbero mostrare che nell'areale ferrarese questa tecnica risulti, ad oggi, una pratica poco sostenibile sia in termini economici che di risparmio idrico, che non produce effetti evidenti su resa e qualità delle specie indagate.</p> <p>Diverso è il discorso dell'impiego dell'impianto a pioggia se si vuole favorire il colore delle mele, ampiamente adottato in Trentino-Alto Adige: la tecnica in questo caso va applicata diversamente, nel periodo in prossimità della raccolta, bagnando i frutti un'ora prima del tramonto, per aumentare il numero di ore fresche e l'escursione termica con il giorno, che è notoriamente il fattore principale per la colorazione dei frutti.</p> <p>Anche per le pere sono noti i vantaggi dell'impiego dell'irrigazione ad aspersione per "lavare" le piante dalla psilla: in annate umide come il 2018, tuttavia, sono stati maggiori gli svantaggi dell'adozione degli impianti a pioggia, che hanno favorito l'insorgenza di fitopatie, in particolare l'alternaria, in quanto l'acqua a contatto con i frutti è essa stessa veicolo di diffusione delle spore.</p> <p>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: PSR 5004775 - azione 3.3.2 - relazione tecnica finale 2017-18 CER-IBIMET-UNIBO</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'azione 3.3 sono stati tutti conseguiti senza scostamenti rispetto al progetto originario, favoriti anche da un</p>

rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>2017 in particolare con una stagione particolarmente calda e seccitosa, che ha garantito l'ottimale svolgimento dell'attività. Non sono emerse criticità tecnico-scientifiche.</p> <p>Sono state raccolte tutte le informazioni tecniche per redigere le Linee Guida per la climatizzazione dei frutteti (temperature di allarme quando le temperature massime previste superano i 33°C, corretto timing delle irrigazioni in funzione delle tipologie di irrigatori impiegati, tipologie più efficaci nel raffreddamento degli organi della pianta). Queste informazioni verranno implementate nel sistema di allerta contro le ondate di calore che verrà introdotto a partire dal 2019 all'interno dei bollettini agrometeorologici settimanali, nella documentazione fornita agli incontri dei Coordinamenti, Regionale e Provinciali, dei tecnici delle produzioni integrate, unitamente alla realizzazione di mappe territoriali di previsione delle temperature massime, che rappresentano le criticità climatiche, fornite dal Servizio Meteorologico Regionale dell'ARPAE.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 3.4	Risparmio idrico sull'actinidia mediante aumento dell'efficienza d'uso dell'acqua - prove in campo
Unità aziendale responsabile	CER – UNIBO DIPSA
Descrizione attività	<p>La sperimentazione in oggetto aveva l'obiettivo di migliorare l'efficienza d'uso della acqua mediante la corretta individuazione del momento della giornata in cui somministrare l'irrigazione in funzione della fisiologia della pianta sull'actinidia.</p> <p>L'attività è stata condotta nel biennio 2017-18, presso l'Azienda Giuliani sita in località Pieve Quinta, in provincia di Forlì, ad opera di CER e UniBo DISTAL, in un actinidieta della cv. Hayward, impiantato nel 2004, in piena produzione. Lo stato idrico del suolo, e le performance fisiologiche e produttive di piante irrigate secondo le indicazioni Irrinet, sono state confrontate con piante stressate (irrigate al 70% delle indicazioni Irrinet). Per entrambi i regimi irrigui, sono stati differenziati due orari di partenza delle irrigazioni: nelle prime ore del mattino (dalle 03:00 alle 09:00 circa) e nelle ore centrali della giornata (a partire dalle 11:00, fino alle 17:00), momento della giornata in cui normalmente si verificano le maggiori condizioni di stress per la pianta di actinidia, con chiusura degli stomi e riduzione della fotosintesi e contemporaneamente il frutto perde acqua per traspirazione. Sulla base di risultati precedentemente ottenuti, è stato osservato che l'acqua somministrata verso le ore pomeridiane aiuta l'albero di actinidia a ripristinare la conduttanza stomatica fogliare e quindi la fotosintesi, e permette al flusso xilematico di essere più efficacemente diretto verso i frutti, in quanto hanno un maggior potenziale negativo, avendo perso acqua in precedenza per</p>

	<p>effetto della traspirazione.</p> <p>È stata svolta tutta l'attività prevista dal piano, con l'individuazione dell'actinidiato su cui svolgere la ricerca, la differenziazione delle parcelle previste dal protocollo sperimentale, la progettazione ed esecuzione dell'impianto irriguo per i differenti trattamenti, la posa degli strumenti necessari alla misurazione dell'umidità del terreno e dei parametri fisiologici e di crescita della vegetazione, l'effettuazione di tutti i rilievi sperimentali previsti.</p> <p>I risultati del biennio non hanno mostrato effetti evidenti sulla resa e qualità finale dovuto all'orario di partenza delle irrigazioni, né differenze sostanziali nella fisiologia della pianta (potenziali idrici, scambi gassosi - fotosintesi, conduttanza stomatica, traspirazione) e nella crescita dei frutti: le irrigazioni pomeridiane potenzialmente potrebbero avvantaggiare la crescita del frutto sfruttando il maggior potenziale negativo in seguito alla perdita d'acqua per traspirazione nelle ore centrali della giornata, diventando dominante nell'assorbimento dell'acqua rispetto a foglie e germogli, come si era osservato in precedenti sperimentazioni. Tuttavia, questo non ha prodotto effetti concreti sulla produzione: probabilmente nelle ore notturne si ha un riequilibrio nell'idratazione dei frutti, con un allineamento tra i trattamenti. Per valutare meglio le differenze dell'orario di somministrazione dell'irrigazione, occorrerebbero situazioni di stress idrico severo, che non si riscontrano di norma nei nostri areali.</p> <p>Potrebbe essere sicuramente più vantaggioso sfruttare la centralina automatica per un frazionamento degli interventi irrigui nell'arco della giornata (tipo ULDI), in modo da migliorare l'efficienza di applicazione, evitare un'eccessiva compattazione dei terreni e perdite per percolazione, specie nei giorni con un elevato tasso di evaporazione.</p> <p>Non si sono rilevate differenze significative neanche per quanto riguarda la percentuale di restituzione dei consumi, dimostrando che la coltura non ha subito stress idrici anche con la parziale restituzione del 70% dei consumi stimati, sia in una stagione sostanzialmente calda e secca (2017), che in un'annata più temperata (2018). I dati raccolti suggeriscono di introdurre una riduzione dei Kc dell'actinidia nei parametri di Irrinet, con un conseguente risparmio idrico che non penalizza i risultati quantitativi.</p> <p>La relazione tecnica dettagliata delle attività svolte e dei risultati ottenuti è di seguito riportata nell'allegato: PSR 5004775 - azione 3.4 - relazione tecnica finale 2017-18 kiwi Giuliani</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro,</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'azione 3.4 sono stati tutti conseguiti senza scostamenti rispetto al progetto originario. Non sono emerse criticità tecnico-scientifiche, anche se non si sono ottenuti i</p>

criticità evidenziate	risultati auspicati: per vedere gli effetti della differenza dell'orario di somministrazione dell'irrigazione sull'actinidia occorrerebbero situazioni di stress idrico più severo, rispetto alle condizioni che si riscontrano di norma nei nostri areali.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.2.2. Personale Azione 3

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Anconelli Stefano	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	256	10.001,02
Chiari Gioele	Personale di concetto	Realizzazione	29,5	767,00
Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione	56	2.200,94
Letterio Tommaso	Personale di concetto	Realizzazione	179,58	3.510,37
Solimando Domenico	Personale di concetto	Realizzazione	213	6.863,73
Bucchi Enrico	Tecnico operaio	Realizzazione	147	2.462,79
Toschi Alfio	Operaio specializzato	Realizzazione	168	3.208,52
Wyczawska Monika	Operaio specializzato	Realizzazione	149	2.662,70
Mugellesi Roberto	Operaio specializzato	Realizzazione	157	2.270,65
			Totale	33.947,72

PERSONALE UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Morandi Brunella	RTDa	Realizzazione	58	1.480,74
Grappadelli Corelli Luca	PO	Realizzazione	208	13.703,04
Manfrini Luigi	RTDa	Realizzazione	119	3.038,07
			Totale	18.221,85

PERSONALE CNR IBIMET

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Rossi Federica	Ricercatore	Realizzazione	93	4.859,25
Facini Osvaldo	Tecnico	Realizzazione	95	3.130,25
			Totale	7.989,50

PERSONALE NAVARRA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Zago Alessandro	Sperimentatore	Realizzazione	201	3.321,20
Bindini Leonardo	Sperimentatore	Realizzazione	201	3.070,33
			Totale	6.391,53

PERSONALE MAZZONI

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Resca Mauro	Operaio stagionale specializzato	Realizzazione	13	256,75
			Totale	256,75

2.2.3. Trasferte**CER**

Cognome e nome	Descrizione	Costo
Anconelli Stefano	Missione per coordinamento e rilievi sperimentali Az. Navarra	366,04
Anconelli Stefano	Missione per coordinamento e rilievi sperimentali Az. Marsili	517,79
Anconelli Stefano	Missione per esecuzione dei rilievi impianto climatizzante Az. Marsili e per coordinamento impianto climatizzante Az. Mazzoni	626,90
Solimando Domenico	Missione per coordinamento e rilievi sperimentali Az. Navarra	139,55
Solimando Domenico	Missione per coordinamento e rilievi sperimentali Az. Marsili	333,81
Solimando Domenico	Missione per esecuzione dei rilievi impianto climatizzante Az. Marsili e per coordinamento impianto climatizzante Az. Mazzoni	139,20

Solimando Domenico	Missione per coordinamento rilievi e raccolte azienda Giuliani	17,76
Totale		2.141,05

UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Descrizione	Costo
Manfrini Luigi	Sopralluogo azienda ed impostazione prove	108,79
Totale		108,79

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CNR IBIMET

2.2.4. Materiale consumabile

Fornitore	Descrizione materiale	Costo
Futura Group s.r.l.	Scheda Arduino -Scheda SD e RTC - Scheda GPRS per comunicazione	864,33
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	400,50
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	165,20
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	137,50
Consorzio Agrario dell'Emilia	Concimi e antiparassitari	195,00
Totale:		1.762,53

2.3. AZIONE 4

2.3.1. Attività e risultati Azione 1

Azione 4	Piano divulgazione
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione attività	<p>L'attività di divulgazione ha coinvolto CER, UNIBO DISTAL e CRPV. È stata pubblicata un'apposita pagina sul sito web dell'ente capofila, dedicata esclusivamente al piano ed i risultati che via via sono stati acquisiti. La pagina contiene testi descrittivi, immagini e documenti scaricabili.</p> <p>Sono stati progettati, stampati e installati n.5 appositi pannelli illustrativi del progetto, per permettere una diffusione dell'impegno dei partner e della Regione anche con metodi tradizionali e a livello locale, dando particolare risalto all'impegno concreto e territoriale.</p> <p>Sono state inoltre effettuate riprese, sia col drone, sia da terra, utili alle produzioni preventivate per il periodo di svolgimento del progetto.</p>

	<p>In accordo con quanto previsto dal piano di divulgazione, sono state realizzate sei pubblicazioni, su riviste specializzate o negli atti di Convegni in cui sono stati presentati i risultati del progetto, sono state organizzate quattro visite guidate e sei incontri tecnici. Il calendario completo delle iniziative realizzate è di seguito riportato nel file allegato: PSR 5004775 - azione 4 - Tabella riassuntiva divulgazione.</p> <p>Tutte le iniziative svolte, al di là degli articoli, hanno rappresentato anche momenti di discussione e confronto sul tema oggetto dell'evento, permettendo così un utile scambio di esperienze e risposte a vantaggio di tutti i partecipanti e del GO stesso.</p> <p>Tutta la documentazione relativa alle locandine prodotte e diffuse ed i fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative sopra riportate, nonché copia degli articoli sono disponibili presso il CRPV.</p> <p>Il CRPV ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. In particolare, all'interno del portale CRPV è stata individuata una pagina dedicata al Piano, composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto e gli aggiornamenti relativi alle attività condotte.</p> <p>Attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente CRPV ha inoltre proceduto all'aggiornamento della pagina dedicata al GO con notizie, informazioni e materiale divulgativo ottenuti nell'ambito del Piano. Questo permette la consultazione dell'elenco dei Piani coordinati da CRPV, da cui, selezionando un singolo Piano/Progetto, si accede a una nuova pagina simile a quella del Portale CRPV, con il quale si possono vedere i dettagli delle attività e consentendo di visionare possibili collegamenti e/o sinergie del Piano con altri progetti e/o iniziative.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Le attività illustrate in precedenza sono state realizzate in accordo con quanto previsto dal piano di divulgazione dei risultati (è stato realizzato anche più materiale ed eventi di quanto preventivato). La pubblicazione dei materiali sarà un processo continuo che proseguirà anche oltre fine del piano (sono già state effettuate ulteriori giornate divulgative in data 11 e 19 febbraio 2019, è prevista la partecipazione al Convegno ISHS di Matera nel giugno 2019 etc.).</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>nessuna</p>

2.3.2. Personale Azione 4

PERSONALE CER

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Chiari Gioele	Personale di concetto	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	36,75	955,50
Genovesi Roberto	Ricercatore Quadro preposto	Realizzazione materiale illustrativo e promozionale - svolgimento attività dimostrativa	22	871,42
			Totale	1.826,92

PERSONALE UNIBO DIPSA

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Morandi Brunella	RTDa	Contatti con EIP-Agri service point	10	255,30
Manfrini Luigi	RTDa	Contatti con EIP-Agri service point	16	408,48
			Totale	663,78

Personale CRPV

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
Savorelli Mario	Tecnico	Divulgazione	5	219,20
Foschi Piera	Tecnico	Divulgazione	16	395,52
Missere Daniele	Tecnico	Divulgazione	8	224,72
			Totale	839,44

2.3.3. Trasferte

Nessuna spesa di trasferta prevista per il CER

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per l'UNIBO DIPSA

Nessuna spesa di trasferta sostenuta per il CRPV

2.3.4. Materiale consumabile

Sono state sostenute le spese per il materiale consumabile nella rendicontazione intermedia.

2.3.5. Attività di formazione

L'attività di formazione è stata sostenuta nel 2018 per un importo complessivo di € 1.188,48, con il seminario "Razionalizzazione degli impianti irrigui sui frutteti" – Domanda di sostegno 5005307 che prevede la partecipazione di 8 tecnici delle OP partner del Gruppo Operativo.

CPRV – Nessuna formazione sostenuta

2.3.6. Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo €
Urca di Romagnoli Umberto	Romagnoli Umberto	€ 81.000,00 di cui rendicontate 2.700,00	Riprese e montaggio video	2.700,00
Totale €				2.700,00

3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità Tecnico - scientifiche	nessuna
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	nessuna
Criticità finanziarie	nessuna

4. Altre informazioni

/

5. Considerazioni finali

/

6. Relazione tecnica

Tutte le attività previste dal piano sono state regolarmente messe in atto secondo i protocolli sperimentali indicati, e sono stati raggiunti i seguenti risultati innovativi:

- messa a punto dei parametri del servizio di assistenza tecnica irrigua IRRINET, relativamente ai volumi di adacquate in funzione dei sistemi irrigui (goccia e aspersione) e della vigoria delle piante nel pero in base alla risposta dei portinnesti all'irrigazione (Azione 3.1),
- messa a punto della tecnica integrata delle ali gocciolanti interrate a bassissima portata (ULDI) sulle pomacee, in grado di migliorare l'efficienza degli attuali sistemi irrigui a goccia tradizionali (Azione 3.2),

- è stata messa a punto la gestione ottimale dell'irrigazione climatizzante, individuando la tecnica di migliore efficienza di raffreddamento con il minor impiego dell'acqua contro i colpi di calore estivi (tipologia di irrigazione, temperature di allarme, durata degli interventi),
- è stato attivato un sistema di allerta contro le ondate di calore nell'ambito dei bollettini provinciali di produzione integrata, con la fornitura di mappe territoriali delle temperature massime che rappresentano le criticità climatiche, che verranno realizzate assieme al Servizio Meteorologico Regionale di ARPAE (Azione 3.3),
- si è studiato come migliorare l'efficienza d'uso della acqua sull'actinidia, mediante la corretta individuazione del momento della giornata in cui somministrare l'irrigazione in funzione della fisiologia della pianta, e sono stati ridotti i coefficienti colturali per una più corretta stima dei consumi della coltura (Azione 3.4).

È stata data ampia diffusione dei risultati, con pubblicazioni, visite tecniche, incontri tecnici, partecipazioni a seminari, convegni e meeting organizzati dalla rete PEI Agri.

L'attività divulgativa sta continuando anche a progetto terminato, in seguito alle numerose richieste pervenute da diverse OP frutticole, vista l'importanza del tema trattato, confermato anche dal crescente numero di aziende registrate al servizio Irrinet.

Data 18 febbraio 2019

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

dott. Massimiliano Pederzoli

firmato digitalmente

**AZIONE 3.1
SOSTENIBILITA' DEI SISTEMI IRRIGUI A GOCCIA E PIOGGIA SU PERO
(NAVARRA) - MESSA A PUNTO DEI PARAMETRI DI IRRINET IN FUNZIONE DEL
METODO IRRIGUO e portinnesti NEL PERO**

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO:

La prova si è svolta l'Azienda Sperimentale-dimostrativa della Fondazione F.lli Navarra di Malborghetto di Boara – Ferrara, nel triennio 2016-2018.

In un impianto di pero, di circa 2 ha, appositamente messo a dimora per la prova nel 2011, sono stati messi a confronto in uno schema a parcelle suddivise, con quattro ripetizioni:

Parcella intera: 4 PORTINNESTI

- ❖ MC, con un sesto di impianto di 3.0 x 0.5 m
- ❖ MH, con un sesto di impianto di 3.5 x 0.8 m
- ❖ Sydo, con un sesto di impianto di 3.5 x 1.0 m
- ❖ Farold 40, con un sesto di impianto di 4.0 x 2.0 m

Sub-Parcella: 2 METODI IRRIGUI

- ❖ Irrigazione a goccia, effettuata mediante gocciolatori ad inserimento on-line
- ❖ Irrigazione ad aspersione, simulata mediante l'impiego di spruzzatori sottochioma

Sub-sub-Parcella: 3 REGIMI IDRICI

- ❖ Test non irrigato
- ❖ Irrigazione con restituzione del 50% Ete
- ❖ Irrigazione con restituzione del 100% Ete

Il numero di parcelle elementari è pertanto di **96** (4 portinnesti x 6 tesi irrigue x 4 ripetizioni) corrispondenti a 15 metri lineari di filare, con un numero di piante per parcella variabile in funzione delle densità di impianto, da 7 nel caso del Farold, fino ad un massimo di 30 per il portinnesto meno vigoroso (MC).

Il confronto è stato eseguito su un'unica varietà per tutti i portinnesti: è stata impiegata la cv. Abate Fetel, in quanto varietà di riferimento per la pericoltura emiliano-romagnola. La densità di impianto è stata scelta invece in funzione della vigoria, pertanto diversa per ogni portinnesto.

Per la stima dei fabbisogni irrigui della coltura è stato applicato un bilancio idrico indifferenziato per tutti i portinnesti, tenendo conto degli apporti idrici delle piogge e degli apporti della falda ipodermica e dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_o).

È stato adottato il modello di bilancio idrico IRRINET, messo a punto dal CER per gli aspetti idrologico-agronomici, che rappresenta lo standard previsto anche nei Disciplinari di Produzione Integrata della Regione Emilia-Romagna.

Per i parametri meteorologici IRRINET si avvale dei dati del Servizio Meteorologico Regionale di ARPA-SIMC, che suddivide l'intero territorio regionale in quadranti di 5 x 5

chilometri quadrati e fornisce i valori giornalieri delle piogge e dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_o), calcolata con la formula di Hargreaves, per il quadrante in cui ricade l'azienda Navarra (1613 Ferrara Nord); gli apporti della falda ipodermica sono quelli forniti dalle stazioni della rete di rilevamento regionale (la 05 FE nel caso dell'azienda in esame), le costanti idrologiche sono ricavate con apposite pedofunzioni derivate dai parametri di tessitura del terreno rilevati nell'azienda in prova: il terreno in prova presenta una forte componente argillosa, con percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente di 17, 40 e 43%, a cui corrisponde un contenuto idrico pari al 41.1% del volume, alla capacità di campo, calcolata a 0.33 bar, e al 19.9% al punto di appassimento, a 15 bar. Su uno strato di terreno di 50 cm, in considerazione della profondità dell'apparato radicale del pero, equivale ad un contenuto idrico di 205.7 mm e 99.3 mm rispettivamente alla CIC e al PA.

Per la stima dell'evapotraspirazione effettiva (E_{te}) ci si avvale della relazione $E_{te} = E_{To} \times K_c$.

I coefficienti colturali (K_c) per il pero con interfilare inerbito sono di seguito riportati.

Fenofase	Kc
gemme in riposo invernale	0.45
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	0.5
caduta petali: fase piena (> 50%)	0.6
ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%)	0.8
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	0.8
frutti maturi: inizio fase (0-5%)	0.8
frutti maturi: fase piena (>50%)	0.8
caduta foglie: inizio fase (0-5%)	0.6
caduta foglie: fase piena (> 50%)	0.4

Per ogni coltura la lunghezza del ciclo colturale, l'approfondimento dell'apparato radicale e il cambio delle fenofasi è funzione della sommatoria gradi giorno (per il pero lo zero termico è pari a 5°C e lo strato di terreno considerato raggiunge un massimo di 50 cm).

Le soglie irrigue corrispondenti alla partenza e fine delle irrigazioni, e di conseguenza turni e volumi di intervento, sono in funzione del tipo di terreno e dell'impianto irriguo, e variano durante la stagione in funzione della sensibilità all'irrigazione delle diverse fenofasi della coltura.

Il frutteto è stato messo a dimora nel 2011, grazie al contributo di AGER - AGroalimentare E Ricerca - www.progettoager.it - associazione temporanea d'impresa di tredici Fondazioni bancarie, che hanno finanziato il progetto INNOVAPERO (2011-13). La fase di allevamento è stata seguita grazie ai finanziamenti del pg. Ripresa (Legge RER 28/98, Bando Sisma) nel biennio 2014-15, quando il pereto è entrato in pratica nella fase produttiva: nel 2014 in particolare i portinnesti deboli erano quasi entrati in piena produzione, mentre il franco ha completato la fase di allevamento solo nel 2015.

Terminata la fase di allevamento, a partire dell'entrata in piena produzione, per una maggiore efficienza d'uso dell'acqua, nella gestione dell'irrigazione per il pero, il modello IRRINET prevede l'applicazione della tecnica dello stress idrico controllato, che consiste nel somministrare acqua in maniera differenziata nel corso della stagione vegetativa, inducendo deboli stati di stress idrico in quelle fasi in cui gli apporti idrici e nutrizionali sono indirizzati soprattutto ad uno sviluppo vegetativo della pianta, e dando viceversa una

piena restituzione dei consumi idrici nelle fasi in cui acqua e metaboliti sono indirizzati ai frutti: lo scopo è quello di risparmiare acqua, ottenere un elevato standard di resa e qualità dei frutti, contenendo viceversa lo sviluppo vegetativo delle piante.

Per il pero in particolare, il ciclo vegetativo è stato distinto in 4 fasi:

F1: dalla ripresa vegetativa fino alla piena fioritura

F2: fase di crescita lenta dei frutti, corrispondente ai 60 giorni successivi alla piena fioritura

F3: fase di rapida crescita dei frutti - da 60 giorni dopo la piena fioritura fino alla raccolta

F4: post-raccolta

Nelle fasi **F1** ed **F3**, in cui la coltura si avvantaggia maggiormente degli apporti idrici, le irrigazioni della tesi a piena restituzione d'evapotraspirato vengono effettuate in modo da mantenere l'umidità del terreno compresa tra il 40% e il 50% dell'acqua disponibile calcolata su 0.5 m di profondità di suolo per la goccia, e tra il 35% e il 75% per la pioggia, in modo da avere un turno irriguo più lungo e maggiori volumi di adacquata. Nelle fasi **F2** e **F4**, è prevista solo l'irrigazione di soccorso, in caso di raggiungimento di un'umidità residua nel terreno pari al 20-25% dell'acqua disponibile nello strato di terreno considerato.

L'irrigazione a goccia è stata effettuata impiegando gocciolatori autocompensanti ad inserimento on-line, con un passo di 40 cm lungo le linee adacquatrici, in modo da ottenere una striscia uniformemente bagnata sotto le piante, evitando in questo modo indesiderati effetti di percolazione dell'acqua in profondità.

Per differenziare le tesi con restituzione del 50% e del 100% Etc, sono stati impiegati punti goccia con portate rispettivamente da 2 e 4 l/ora, in modo da ottenere volumi irrigui doppi a parità di orario di funzionamento dell'impianto.

L'irrigazione ad aspersione è stata simulata impiegando micro-sprinklers sottochioma da 30-40 l/ora, posizionati ad una altezza da terra di circa 80 cm (in derivazione dalla linea adduttrice a testa in giù con pesetto) con un interasse di 1.5 metri ed un raggio di bagnatura utile di circa 100 cm, in modo da garantire una sovrapposizione pressoché completa lungo la fila, evitando però di bagnare la tesi del filare di fianco.

Per differenziare le tesi con restituzione del 50% e del 100% Etc, si è variato in questo caso l'orario di funzionamento dell'impianto.

Le pluviometrie variano per i quattro portinnesti in funzione della distanza tra le file: per garantire gli stessi volumi irrigui, per ogni portinnesto e metodo irriguo è stato previsto un differente orario di adacquamento, regolato da una centralina che gestisce l'apertura e la chiusura delle 12 elettrovalvole, una per ciascuna tesi.

Rilievi sperimentali

La prova è stata gestita congiuntamente dal CER, che ne ha garantito il coordinamento e la gestione delle irrigazioni, dall'azienda Fondazione F.lli Navarra, che ha seguito la gestione agronomica del frutteto (potature, concimazioni, trattamenti etc.) e i rilievi vegeto produttivi, sotto la responsabilità scientifica del Prof. Corelli Grappadelli, del Dipartimento di Scienze Agrarie dell'Università di Bologna, che ha coordinato la parte relativa ai rilievi fisiologici sulla coltura.

Nel corso della prova sono state misurate le piogge e gli evaporati giornalieri per il calcolo del bilancio idrico (a cura del CER).

Periodicamente a cadenza bisettimanale è stata rilevata la profondità di falda ipodermica per mezzo di due piezometri posizionati in differenti siti dell'appezzamento di prova (a cura del CER) e corretto, quando necessitava, il dato su IRRINET della stazione della rete della falda 05FE.

Per ogni trattamento irriguo è stato fatto un rilievo a cadenza oraria della tensione e dell'umidità del terreno durante l'intera stagione vegetativa, per le due annate in prova: sono state posizionate 20 postazione fisse di strumenti capacitivi e tensiometrici e relativi acquisitori di dati, in grado di rilevare in continuo la tensione e l'umidità del terreno in % del volume a diverse profondità (20-40-60 cm), come controllo del bilancio idrico applicato (a cura del CER).

Per ciascun portinnesto, metodo e regime idrico sono inoltre state fatte verifiche periodiche dell'umidità del terreno con metodo gravimetrico (a cura del CER), in data 12/4, 23/6, 5/7, 23/8 e 12/10 nel 2016, 20/4, 4/7 e 25/7 nel 2017, 23/5, 8/6, 28/6, 13/7 e 16/8 nel 2018.

Per la verifica dell'interazione tra vigoria dei portinnesti e regimi idrici, ad inizio e fine ogni anno, sono stati effettuati rilievi biometrici sulle piante, diametro del tronco e peso del legno di potatura (a cura della Fondazione F.lli Navarra).

Alla ripresa vegetativa di ogni anno, in data 25/3, è stata stimata la percentuale di allegagione misurando, su una branca di una pianta rappresentativa per ciascun trattamento, il numero di mazzetti fiorali prima e il numero di fiori allegati rimasti dopo la cascola (a cura di Fondazione F.lli Navarra e UniBo).

Durante la stagione è stato misurato il tasso di crescita dei germogli nelle diverse fasi fenologiche in data 10/5, 10/6, e 21/7 (a cura della Fondazione F.lli Navarra) e l'accrescimento dei frutti (a cura di UniBo), in data 17/6, 12/7, 11/8 e 25/8.

Nel 2017 i germogli sono misurati in data 2/5, 31/5, 26/6 e 3/11 (a cura della Fondazione F.lli Navarra) e l'accrescimento dei frutti (a cura di UniBo), in data 26/6, 2/8 e 22/8. Nel 2018 infine i rilievi sono stati eseguiti tutti a cura della Fondazione F.lli Navarra, il 6/7, 20/7 e 14/8 per quanto riguarda i frutti, il 21/5, 2/7 e 20/9 per i germogli.

Al termine del triennio 2016-18 è stata effettuata una stima del volume di terreno esplorato dagli apparati radicali (a cura del CER), in data 8/10/2018.

Alla raccolta, in data 12/9 nel 2016, 14/9 nel 2017 e 29/8 nel 2018, è stata rilevata la resa totale e commerciale, il peso medio dei frutti e le classi commerciali di calibro nelle diverse tesi a confronto (a cura della Fondazione F.lli Navarra).

Sulla prova sono stati inoltre effettuati rilievi fisiologici (a cura di UNIBO), per evidenziare se frutti/germogli appartenenti a piante stressate mostrano differenze rispetto al normale regime di irrigazione (100% IRRINET). Queste conoscenze hanno un'importanza notevole nel determinare la fattibilità di riduzione o modifica degli apporti idrici, nelle diverse fenofasi del ciclo colturale, senza condizionare né i meccanismi di accrescimento frutto/pianta, né le produttività aziendali.

Sono state effettuate misurazioni congiunte di ripartizione dell'energia assorbita, attraverso la determinazione della fluorescenza di clorofilla e della temperatura fogliare,

mediante analizzatore portatile IRGA a circuito aperto e fluorimetro a luce attinica modulabile, la cui relazione è una rapida e innovativa metodologia di determinazione dello stress idrico della pianta analizzata. Tale risultato è stato messo in evidenza durante le prove condotte nel già menzionato progetto AGER-INNOVAPERO, in cui i dati relativi alle attività fisiologiche della pianta, come potenziale idrico del fusto e della foglia, scambi gassosi come assimilazione netta, traspirazione e conduttanza stomatica, risultavano in ottima correlazione con i parametri di fluorescenza e temperatura fogliare.

Per i parametri considerati, il confronto statistico tra i diversi regimi d'irrigazione permette di determinare l'eventuale presenza di "water limitation" a seconda della fase fenologica e della combinazione d'innesto.

Per ogni trattamento irriguo sono state monitorate un numero di piante/frutti/foglie sufficienti per descrivere lo stato idrico della pianta e lo sviluppo fisiologico di frutti e apparato vegetativo (parametro variabile in base all'analisi di varianza dei differenti parametri rilevati, mai inferiori a 100 foglie/frutti per trattamento). Su tali piante sono stati monitorati ad intervalli regolari durante la stagione vegeto produttiva i seguenti parametri:

1) Diametro del frutto (UniBo) e accrescimento dei germogli (Fondazione F.lli Navarra), da cui saranno calcolati i tassi di accrescimento in mm/giorno.

2) Ripartizione dell'energia assorbita attraverso la determinazione della fluorescenza di clorofilla mediante LI-COR (LI-6400). I parametri registrati da tale strumentazione saranno: ac efficienza quantica massima; F_v/F_m massima resa quantica del fotosistema II; PAR radiazione fotosinteticamente attiva; NPQ estinzione non-fotochimica; NPQR= estinzione non-fotochimica a decadimento rapido; NPQS estinzione non-fotochimica a decadimento lento; qP estinzione fotochimica; FPSII resa quantica del fotosistema II.

3) Monitoraggio delle principali variabili ambientali come temperatura ambientale e fogliare, umidità relativa, specifiche delle aree e delle piante prese in esame

I rilievi sopra elencati sono stati svolti nelle differenti fasi fenologiche - divisione cellulare (citochinesi), inizio e fase piena di distensione cellulare e maturazione dei frutti, rispettivamente in data 17/6, 12/7, 11/8 e 25/8 nel 2016 e 26/6, 2/8 e 22/8 nel 2017.

È stata anche rilevata la temperatura fogliare all'infrarosso, il 17/8/2016.

RISULTATI 2016

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 1 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei trattamenti a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 25 marzo al 12 settembre).

In tabella 1 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2016 è stato caratterizzato da precipitazioni abbondanti nel periodo primaverile (con 355.9 mm caduti tra il 25 marzo e il 30 giugno), a cui è succeduto un bimestre luglio-agosto senza piogge di rilievo, che hanno garantito un apporto regolare delle irrigazioni: i volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza pari

a 360 mm a pioggia, in 12 irrigazioni, con volumi di intervento di 30 mm (+ 30 mm in post-raccolta) contro un analogo volume stagionale, 350 mm, per il trattamento a goccia, ma distribuito in ben 35 irrigazioni da 10 mm per intervento (+10 mm in post- raccolta).

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	63.5	35.3	156.9	100.2	6.7	26.6	53.1	442.3
Eto (mm/giorno)	2.0	3.4	4.3	5.2	5.9	5.0	3.6	Media 4.2
Ete (mm/mese) G	11.4	53.4	107.4	138.1	161.0	137.5	70.1	678.7
deficit (mm) G	-52.1	18.1	-49.5	37.9	154.3	110.9	17.0	236.4
Ete (mm/mese) P	11.4	53.4	107.4	138.1	161.0	137.5	70.1	678.7
deficit (mm) P	-52.1	18.1	-49.5	37.9	154.3	110.9	17.0	236.4
Irrigazione Pioggia (mm)	0.0	0.0	0.0	60.0	150.0	150.0	30.0	390.0
Irrigazione Goccia (mm)	0.0	0.0	0.0	50.0	150.0	120.0	40.0	360.0

Tab. 1 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l’az. Navarra nel 2016

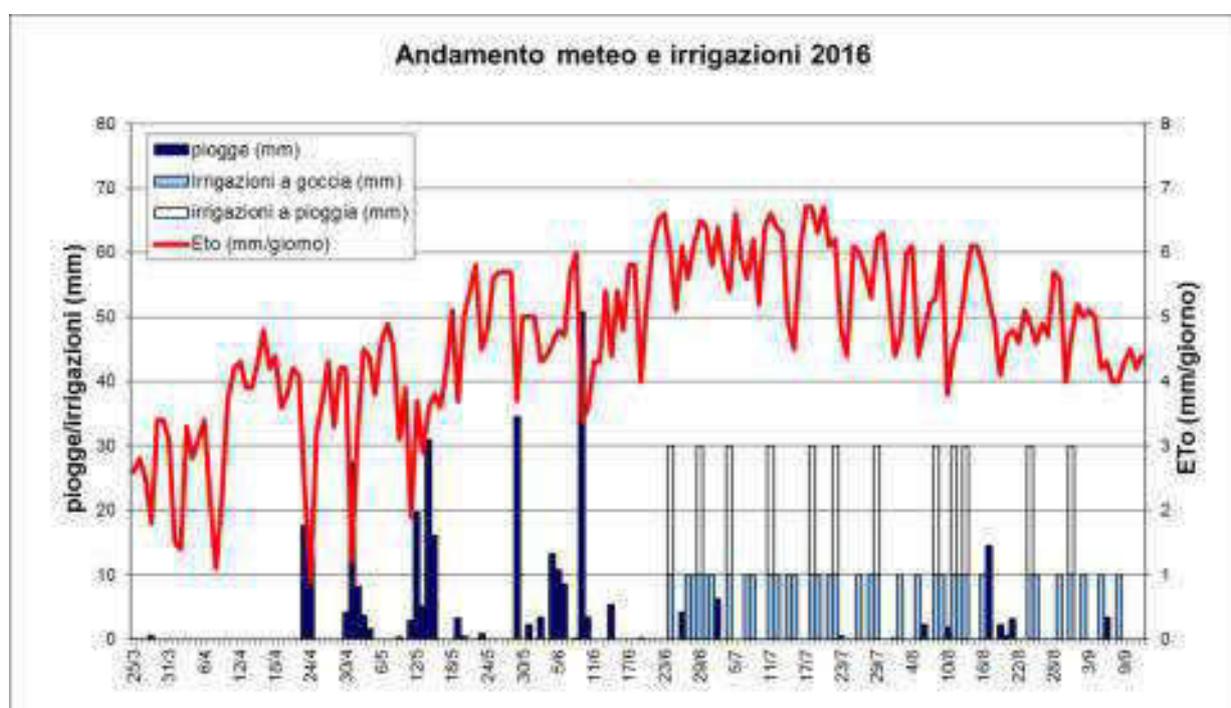


Fig. 1 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del pero presso l’az. Navarra nel 2016

Nelle figure 2 e 3 sono invece riportati gli andamenti dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 40% e il 50% dell’acqua disponibile per la goccia (linee arancioni e azzurre), e tra il 35% e il 75% per la pioggia, in modo da avere un turno irriguo più lungo e maggiori volumi di adacquata.

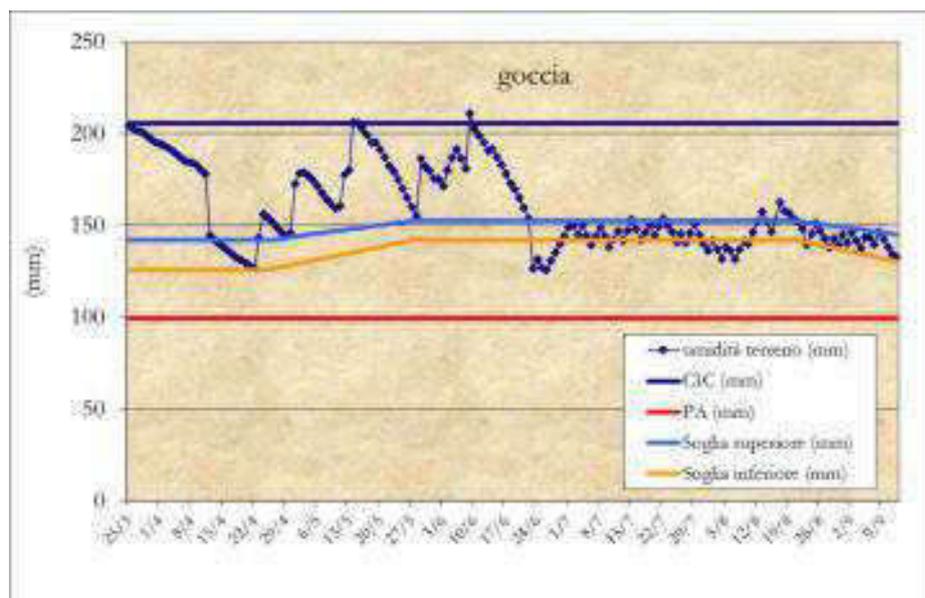


Fig. 2 – andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a goccia nel 2016

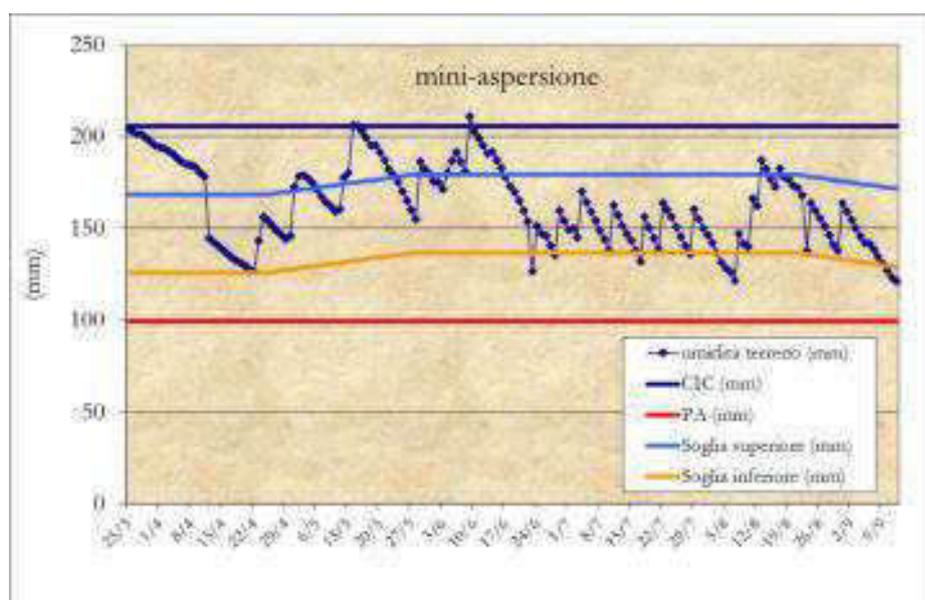


Fig. 3 – andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a pioggia nel 2016

Le precipitazioni primaverili hanno determinato condizioni di umidità del terreno spesso superiori alle soglie di inizio e fine irrigazione, e prossime alla capacità di campo, fino a seconda metà di giugno, in entrambi i metodi irrigui, dopodiché si è iniziata la campagna irrigua, fino alla raccolta di metà settembre.

Nei grafici 4 e 5 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità % del terreno rilevati dai sensori FDR e da quelli tensiometrici convertiti con le curve di ritenzione, medi delle tre profondità (20, 40 e 60 cm) nei diversi trattamenti, a confronto con i valori puntuali dei campioni gravimetrici e quelli stimati dal modello IRRINET.

I frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti gialli dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico (la linea verde), per entrambi i metodi irrigui.

Nel metodo a goccia (fig. 4), la tesi di riferimento, irrigata secondo IRRINET al 100%, mostra un ottimo allineamento anche tra umidità misurata dai sensori (linea blu) e quella stimata, a conferma della bontà del modello IRRINET (linea verde).

Il trattamento irrigato al 50% (linea azzurra) e il testimone asciutto (linea rossa), presentano umidità via via decrescenti durante la stagione.

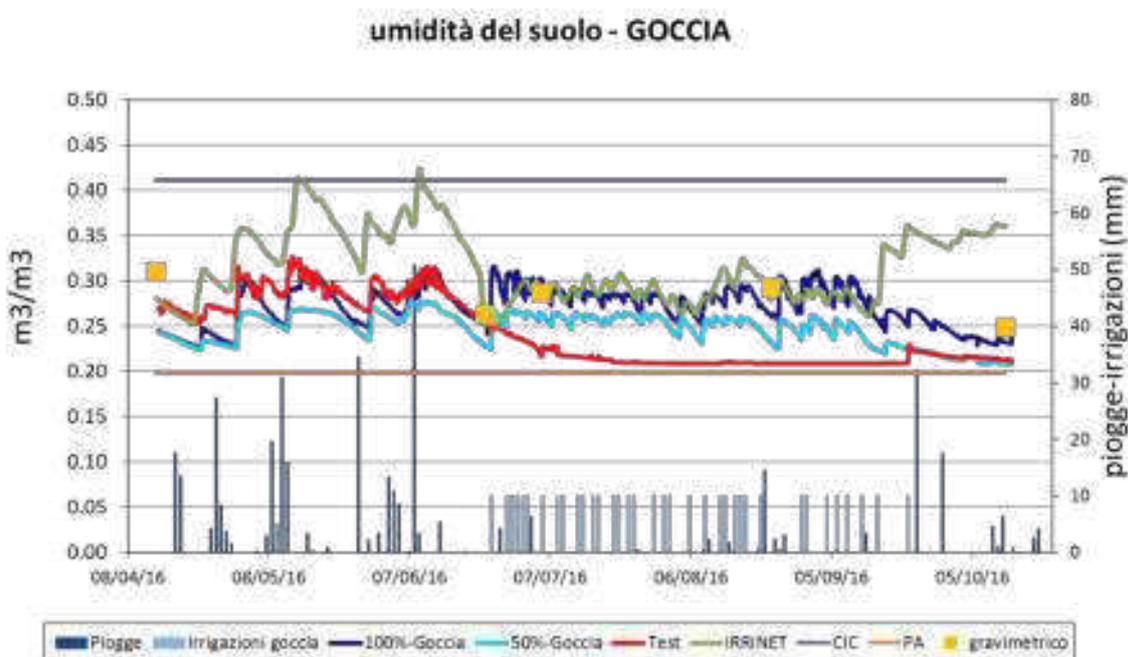


Fig. 4 – pero irrigato a goccia: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

Nel metodo a mini-aspersione (fig. 5), la tesi di riferimento, pur irrigata secondo IRRINET al 100%, (linea blu), mostra un'umidità inferiore rispetto a quella stimata (in verde): ciò in parte è dovuto alla distribuzione degli stessi volumi su una superficie maggiore e non localizzata, e in parte alla minor efficienza di applicazione del metodo rispetto alla goccia, con una percentuale d'acqua che si disperde per evaporazione durante il lancio dei micro-sprinkler impiegati per la prova.

La tesi a spruzzo mostra comunque una minor efficacia di bagnatura, anche dovuta alla presenza della rincalzatura che in parte fa ruscellare l'acqua dell'aspersione verso l'interfila, rispetto alla posizione dei sensori.

Anche nella pioggia il trattamento irrigato al 50% (linea azzurra) e il testimone asciutto (linea rossa), presentano comunque umidità inferiori.

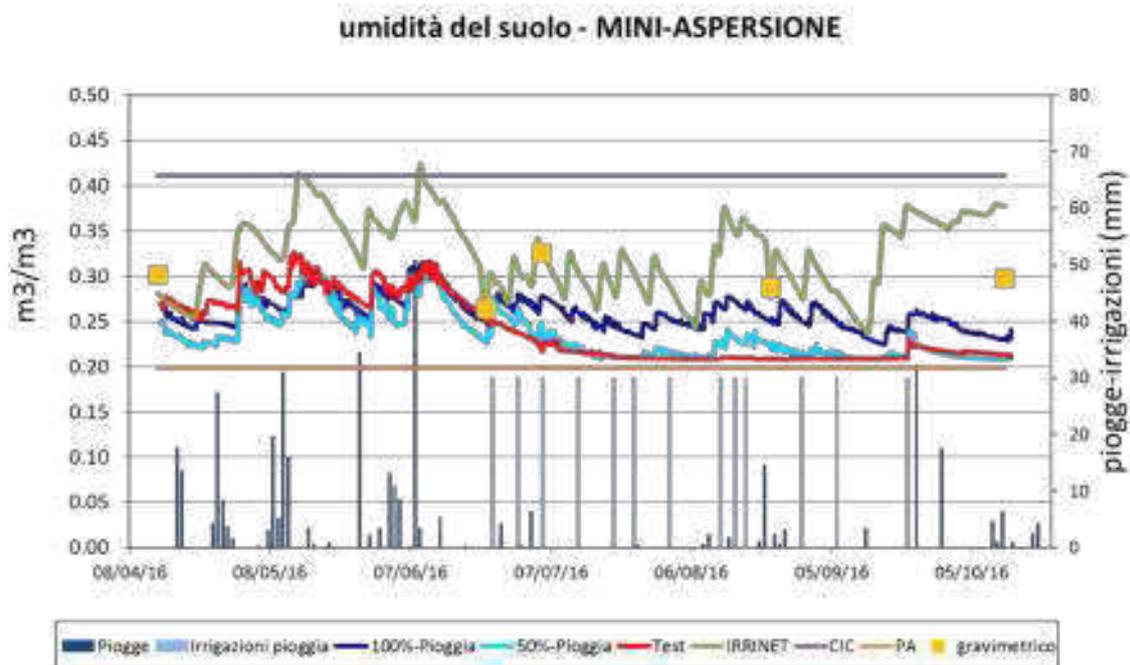


Fig. 5 – pero irrigato a pioggia: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

In figura 6 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: per garantire l'abbattimento della falda naturale abbastanza superficiale nella zona, che avrebbe potuto influenzare i diversi trattamenti irrigui, è stato predisposto un impianto di drenaggio tubolare "assistito", dotato di un pozzetto che intercetta lo scarico delle acque di drenaggio del capodreno collettore, favorendone l'eliminazione mediante un sistema di pompaggio. Questo ha garantito un franco di coltivazione costante, contenendo la falda sempre sotto il metro.

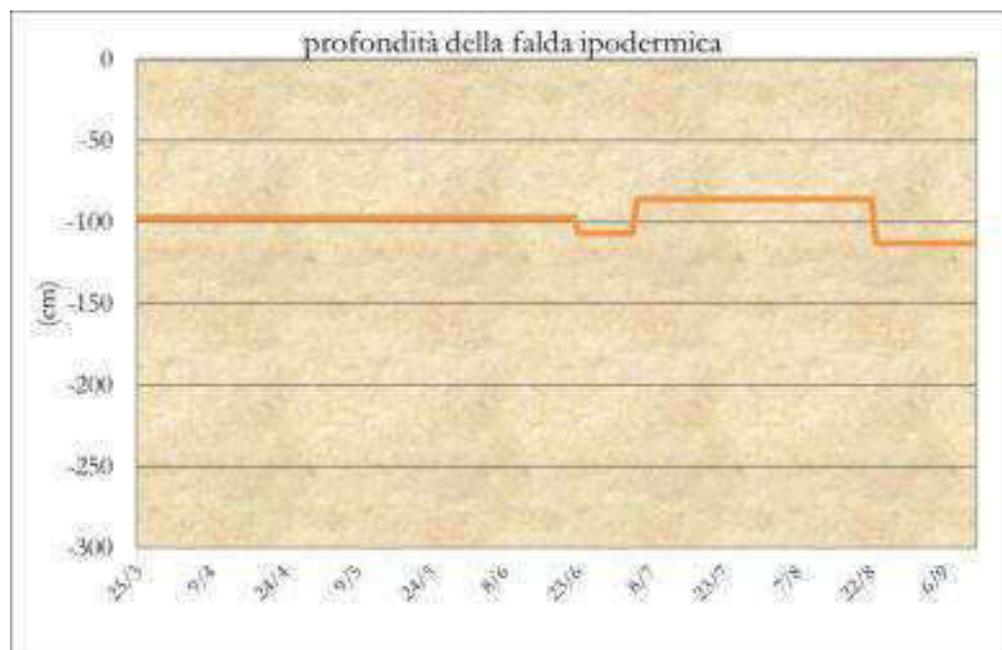


Fig. 6 – andamento della falda ipodermica

Risultati vegeto-produttivi

Di seguito vengono riportati i risultati dei rilievi produttivi e di crescita della vegetazione, rilevati durante la stagione 2016: a lettere diverse corrispondono differenze minime significative a $p < 0.05$ (test S.N.K.).

portinnesti	Irrigazione	%Ete	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	P+I (mm)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Farold	Goccia	0	13.6	9.9	66.8	55833.3	44.7	239.6	397.70	3.43	-
Farold	Goccia	50	15.5	13.1	85.0	55833.3	44.7	283.3	572.70	2.70	1.06
Farold	Goccia	100	19.2	15.6	81.0	71666.7	57.3	269.8	747.70	2.57	1.59
Farold	Spruzzo	0	13.9	7.7	53.5	71111.1	56.9	198.2	397.70	3.49	-
Farold	Spruzzo	50	21.8	16.6	72.3	87638.9	70.1	246.9	577.70	3.78	4.41
Farold	Spruzzo	100	25.9	20.9	80.8	98055.6	78.4	266.1	757.70	3.42	3.35
MC	Goccia	0	25.2	6.9	26.6	184453.7	27.7	154.0	397.70	6.33	-
MC	Goccia	50	20.4	9.0	49.7	116302.1	17.4	205.2	572.70	3.57	-2.71
MC	Goccia	100	44.3	29.5	55.5	209640.1	31.4	214.4	747.70	5.92	5.46
MC	Spruzzo	0	26.1	18.2	63.6	114079.8	17.1	238.5	397.70	6.56	-
MC	Spruzzo	50	33.1	22.0	73.4	143710.9	21.6	259.3	577.70	5.72	3.88
MC	Spruzzo	100	31.1	19.5	55.8	145192.4	21.8	208.8	757.70	4.11	1.40
MH	Goccia	0	26.0	23.1	89.3	89275.0	25.0	301.6	397.70	6.55	-
MH	Goccia	50	16.7	15.3	88.8	53168.2	14.9	320.8	572.70	2.92	-5.34
MH	Goccia	100	19.0	17.3	88.8	60310.2	16.9	330.5	747.70	2.55	-2.00
MH	Spruzzo	0	25.3	19.4	72.7	101178.3	28.3	248.0	397.70	6.37	-
MH	Spruzzo	50	19.9	18.8	94.5	65865.1	18.4	314.3	577.70	3.44	-3.03
MH	Spruzzo	100	16.9	15.5	89.4	55152.1	15.4	306.9	757.70	2.23	-2.35
Sydo	Goccia	0	20.2	15.8	75.6	80630.9	28.2	258.0	397.70	5.07	-
Sydo	Goccia	50	17.3	16.3	94.8	52060.9	18.2	350.1	572.70	3.02	-1.64
Sydo	Goccia	100	17.3	16.7	97.1	46664.3	16.3	381.9	747.70	2.31	-0.82
Sydo	Spruzzo	0	20.6	17.7	89.4	73329.7	25.7	305.9	397.70	5.17	-
Sydo	Spruzzo	50	16.0	14.4	93.0	54283.0	19.0	308.6	577.70	2.77	-2.53
Sydo	Spruzzo	100	10.5	10.0	94.6	30157.2	10.6	346.1	757.70	1.39	-2.79

Tab, 2 – dati produttivi completi 2016

Nelle tabelle 2 e 3 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio, la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro

di acqua irrigua e di pioggia, e l'IWUE (grammi di incremento di resa rispetto al testimone asciutto per litro d'acqua della sola irrigazione) rilevati alla raccolta del 12 settembre 2016.

Dall'elaborazione delle medie (tab. 3) il portinnesto più debole, MC, si conferma il più produttivo in termini di resa totale, ma penalizza notevolmente la pezzatura, con una significativa riduzione del peso medio dei frutti, con conseguente minor percentuale di prodotto commerciale (frutti di calibro superiore a 65 mm). La resa commerciale di conseguenza non risulta statisticamente diversa tra i portinnesti, anche se MH si conferma il più produttivo, grazie alla miglior combinazione di numero e peso medio dei frutti.

L'irrigazione non ha determinato un significativo incremento né di resa totale, né di quella commerciale (anche se +20%), pur avendo determinato un incremento significativo di pezzatura (+20% di peso medio); la primavera piovosa ha evidentemente garantito una riserva idrica sufficiente anche al test non irrigato. Guardando più in dettaglio, questo risultato però è dovuto al differente comportamento solo di alcuni portinnesti: in MH e Sydo il test non irrigato è risultato infatti addirittura più produttivo dei trattamenti irrigati, con una conseguente irrigation water use efficiency negativa (grammi di incremento di resa rispetto al test per litro di acqua irrigua). Ovviamente non sono emerse differenze significative tra la piena restituzione dei consumi e la tesi irrigata al 50% dell'Ete.

Neanche il sistema irriguo sembra influenzare i dati produttivi, per nessuno dei caratteri considerati.

	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Portinnesti								
Farold	18.3 b	13.9 a	73.2 b	73356.5 b	58.7 a	250.7 c	3.23 b	2.60
MC	30.0 a	17.5 a	54.1 c	152229.8 a	22.8 b	213.4 d	5.37 a	2.01
MH	20.6 b	18.2 a	87.3 a	70824.8 b	19.8 b	303.7 b	4.01 b	-3.18
Sydo	17.0 b	15.1 a	90.7 a	56187.7 b	19.7 b	325.1 a	3.29 b	-1.95
% Ete								
0	21.4 a	14.8 a	67 b	96236.5 a	31.7 a	243.0 b	5.37 b	-
50	20.1 a	15.7 a	81 a	78607.8 a	28.0 a	286.1 a	3.49 a	-0.74
100	23.0 a	18.1 a	80 a	89604.8 a	31.0 a	290.6 a	3.06 a	0.48
Metodi irrigui								
Goccia	21.2 a	15.7 a	75 a	89653.2 a	28.6 a	275.8 a	3.91 a	-0.55
Spruzzo	21.8 a	16.7 a	78 a	86646.2 a	31.9 a	270.6 a	4.04 a	0.29

Tab, 3 – dati produttivi 2016: medie dei trattamenti

La ripartizione % per classi di calibro è riportata nelle tabelle 4 per tutti i trattamenti testati, e 5 per le medie degli effetti semplici.

Coerentemente con il maggior peso medio, Sydo ed MH mostrano uno sposamento del diametro dei frutti verso le classi di calibro maggiore (da 70-75 mm in su), significativo rispetto agli altri portinnesti, che hanno viceversa percentuali maggiori nelle classi di calibro piccole (da 65 mm in giù).

Marcata è l'influenza dell'irrigazione sulla pezzatura dei frutti: il test presenta meno frutti sopra i 75 mm e più frutti sotto i 60 mm rispetto ai trattamenti irrigui, non diversi tra loro. Non si rilevano infine differenze significative di pezzatura dei frutti tra i sistemi irrigui.

portinnesti	Irrigazione	%Ete	% Sottomisura		%55-60		%60-65		%65-70		%70-75		%75-80	
Farold	Goccia	0	1.9	b	14.4	abcd	16.9	ab	22.7	ab	19.1	a	24.9	cdefg
Farold	Goccia	50	1.2	b	4.2	bcde	9.7	abc	22.8	ab	17.8	a	44.3	abcdef
Farold	Goccia	100	0.5	b	7.8	bcde	10.7	abc	25.7	a	19.4	a	35.8	bcdef
Farold	Spruzzo	0	8.5	b	21.0	ab	16.9	ab	23.7	ab	17.4	a	12.5	fgh
Farold	Spruzzo	50	1.2	b	13.6	abcd	12.9	abc	25.2	a	17.7	a	29.4	bcdefg
Farold	Spruzzo	100	0.7	b	6.7	bcde	11.8	abc	25.4	a	19.4	a	36.0	bcdef
MC	Goccia	0	30.7	a	31.3	a	11.4	abc	15.7	ab	8.5	a	2.4	h
MC	Goccia	50	11.0	b	15.4	abcd	23.9	a	24.8	a	14.6	a	10.3	gh
MC	Goccia	100	11.5	b	16.3	abcd	16.7	ab	25.9	a	13.3	a	16.3	efgh
MC	Spruzzo	0	5.7	b	18.0	abc	12.8	abc	15.7	ab	19.0	a	28.9	bcdefg
MC	Spruzzo	50	1.0	b	9.7	bcde	15.9	ab	23.7	ab	20.9	a	28.9	bcdefg
MC	Spruzzo	100	6.2	b	20.7	ab	17.3	ab	22.8	ab	15.2	a	17.7	efgh
MH	Goccia	0	0.0	b	2.8	cde	7.9	abc	18.7	ab	24.4	a	46.2	abcdef
MH	Goccia	50	0.3	b	5.1	bcde	5.8	abc	14.8	ab	12.6	a	61.5	abc
MH	Goccia	100	1.0	b	5.5	bcde	4.6	bc	10.7	ab	13.2	a	64.9	ab
MH	Spruzzo	0	0.8	b	7.1	bcde	19.4	ab	31.7	a	19.8	a	21.2	efgh
MH	Spruzzo	50	0.1	b	0.7	e	4.7	bc	20.2	ab	21.1	a	53.2	abcd
MH	Spruzzo	100	0.4	b	2.7	cde	7.5	abc	17.7	ab	16.0	a	55.7	abcd
Sydo	Goccia	0	1.7	b	10.2	bcde	12.5	abc	25.2	ab	20.5	a	29.8	bcdefg
Sydo	Goccia	50	0.2	b	1.4	de	3.6	bc	12.5	ab	15.1	a	67.2	ab
Sydo	Goccia	100	0.2	b	0.5	e	2.3	c	7.7	b	11.0	a	78.4	a
Sydo	Spruzzo	0	0.4	b	3.9	cde	6.4	bc	16.6	ab	23.1	a	49.6	abcde
Sydo	Spruzzo	50	0.1	b	2.1	cde	4.8	bc	19.1	ab	23.3	a	50.7	abcde
Sydo	Spruzzo	100	0.5	b	0.0	e	5.0	bc	11.3	ab	18.7	a	64.5	abc

Tab. 4 - ripartizione percentuale per classi di calibro: dati completi

PI	% Sottomisura		%55-60		%60-65		%65-70		%70-75		%75-80	
Portinnesti												
Farold	2.3	b	11.3	b	13.2	a	24.2	A	18.5	a	30.5	b
MC	11.0	a	18.6	a	16.3	a	21.4	ab	15.2	b	17.4	c
MH	0.5	c	4.0	c	8.3	b	19.0	bc	17.9	ab	50.4	a
Sydo	0.5	c	3.0	c	5.7	b	15.4	C	18.6	a	56.7	a
%ETe												
0	6.2	a	13.6	a	13.0	a	21.3	A	19.0	a	26.9	b
50	1.9	b	6.5	b	10.2	a	20.4	A	17.9	a	43.2	a
100	2.6	b	7.5	b	9.5	a	18.4	A	15.8	a	46.2	a
Metodi irrigui												
Goccia	5.0	a	9.6	a	10.5	a	18.9	A	15.8	a	40.2	a
Spruzzo	2.1	a	8.8	a	11.3	a	21.1	A	19.3	a	37.4	a

Tab. 5 - ripartizione percentuale per classi di calibro: media dei trattamenti

In tabella 6 è riportata la stima del ritorno a fiore, rilevato alla ripresa vegetativa, contando il numero di gemme miste su 5 branchette per pianta, di cui è stata misurata la sezione: i risultati, conseguenti alla gestione irrigua del 2015, con piante da poco in piena produzione, non mostrano differenze tra i portinnesti e i trattamenti irrigui.

	Gemme a fiore	Diametro Branca (mm)	Area Branca (mm ²)	Gemme/cm ²				
Portinnesti								
FAROLD	20.3	a	21.1	a	384.8	a	5.8	a
MC	6.6	c	13.4	b	185.7	b	6.2	a
MH	12.1	b	15.1	b	200.3	b	6.8	a
SYDO	11.9	b	14.9	b	187.9	b	7.0	a
% Ete								
0	13.8	a	16.5	a	256.8	a	6.9	a
50	11.8	a	16.1	a	236.1	a	5.9	a
100	12.6	a	15.7	a	226.2	a	6.6	a
Metodo Irriguo								
Goccia	12.0	a	16.6	a	254.5	a	6.6	a
Spruzzo	13.5	a	15.7	a	224.9	a	6.3	a

Tab. 6 - stima del ritorno a fiore nel 2016

In tabella 7 è riportato il tasso di accrescimento dei germogli, ottenuto dividendo l'accrescimento tra il primo e l'ultimo dei 3 rilievi effettuati, per il numero dei giorni intercorsi: tra i portinnesti MH e Sydo mostrano la maggior spinta vegetativa, mentre non si rilevano differenze imputabili ai metodi irrigui.

L'irrigazione non ha indotto un maggior rigoglio vegetativo rispetto al test, anzi il tasso di accrescimento è risultato inversamente proporzionale ai volumi irrigui restituiti.

	Min (mm)		Max (cm)		AGR (mm giorno)	
Portinnesti						
Farold	21,18	c	59.5	c	0.53	b
MC	28,42	a	69.2	b	0.57	b
MH	25,54	b	79.8	a	0.75	a
sydo	21,19	c	74.0	ab	0.73	a
% Ete						
0	24,55	a	74.6	a	0.70	A
50	23,21	a	68.8	a	0.63	Ab
100	24,49	a	68.5	a	0.61	B
Metodo irriguo						
Spruzzo	23,35	b	71,1	a	0,66	a
Goccia	24,82	a	70,2	a	0,63	a

Tab. 7 – tasso di accrescimento dei germogli nel 2016

Analogamente è stato misurato il tasso di crescita dei frutti durante la stagione, sia in diametro che in peso del frutto (tab. 8): tra i portinnesti Sydo e MH confermano una maggior spinta anche a livello di crescita dei frutti.

L'irrigazione a mini-aspersione sembra aumentare in misura significativa la velocità di crescita, così come si rilevano differenze imputabili ai volumi irrigui: il test ovviamente e il 50% rispetto al 100%, hanno presentato frutti di pezzatura crescente, per cui risulta diversa la anche la velocità di crescita.

	Diametro (mm) 17-giu	Diametro (mm) 12-lug	Diametro (mm) 11-ago	Diametro (mm) 25-ago	Peso (gr.) 17 Giu	Peso (gr.) 12 Lug	Peso (gr.) 11 Ago	Peso (gr.) 25 Ago	Agr Stagionale (mm/giorno)	AGR peso (grr/giorno)										
Portinnesti																				
FAROLD	38,51	c	50,68	c	62,16	c	65,68	c	52,83	a	102,15	c	180,33	c	209,85	c	0,37	c	2,28	b
MC	37,08	d	48,19	d	58,55	d	63,56	d	48,39	c	89,57	d	155,47	d	191,76	d	0,36	d	2,08	c
MH	39,41	b	51,78	b	64,47	b	68,45	c	43,40	d	108,23	b	200,19	b	233,72	b	0,45	a	2,76	a
SYDO	40,04	a	54,60	a	65,35	a	69,01	a	51,15	b	124,11	a	205,49	a	239,35	a	0,43	b	2,73	a
%Ete																				
0	38,21	b	51,65	a	62,91	a	67,06	a	47,15	b	107,69	a	188,15	a	222,76	a	0,42	a	2,55	a
50	38,95	a	51,14	b	62,12	b	66,63	ab	49,51	a	105,23	b	181,87	b	218,40	b	0,40	b	2,45	b
100	39,16	a	51,15	b	62,86	a	66,34	b	50,17	a	105,12	b	186,10	a	214,84	b	0,39	c	2,39	c
Metodo irriguo																				
Go	39,11	a	51,23	a	62,41	b	66,57	a	49,87	a	105,66	a	183,64	b	218,04	a	0,40	b	2,44	b
Sp	38,43	b	51,40	a	62,86	a	66,78	a	48,01	b	106,37	a	187,10	a	219,30	a	0,41	a	2,48	a

Tab. 8 – tasso di accrescimento dei frutti nel 2016

In tabella 9 sono infine riportati i valori dei parametri biometrici, diametro del tronco, e peso della legna di potatura, rilevati dopo la prima annualità di progetto, durante il riposo vegetativo delle piante.

Tra i portinnesti MC, il meno vigoroso, presenta ovviamente il minor diametro del tronco, al contrario il Farold, franco clonato di maggior vigoria, ha il diametro più elevato e il maggior residuo di potatura.

	Diametro Tronco (mm)		Peso Potatura (kg/pianta)	
Portinnesti				
FA	66.3	a	2.6	a
MC	45.1	d	0.4	c
MH	55.2	b	0.8	b
SY	51.3	c	0.9	b
% ETe				
0	52.3	b	1.1	a
50	55.6	a	1.2	a
100	55.6	a	1.3	a
Metodi irrigui				
Goccia	53.7	a	1.1	a
Spruzzo	55.3	a	1.3	a

Tab. 9 – rilievi biometrici durante il riposo vegetativo 2016

Non si rilevano differenze di vigoria imputabili ai metodi irrigui, ma in generale l'irrigazione induce un maggior rigoglio vegetativo rispetto al test, con diametri significativamente più elevati ed un maggior residuo di potatura (n.s.), senza però determinare differenze significative tra la parziale restituzione dei consumi e il 100% Ete.

Rilievi fisiologici sulle piante

In tabella 10 sono riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 17 agosto 2016, in piena fase di maturazione, con un termometro all'infrarosso, ad una certa distanza da eventi piovosi che potessero inficiare i confronti.

	T ^{crop} (°C)	T ^{air} (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
Portinnesti							
MC	32,6	31,86	0,76	45,6	53	2,544	3,1
MH	32,0	32,16	-0,2	43,6	47,8	2,68	2,26
SYDO	31,4	32,08	-0,64	43,4	35,6	2,688	1,98
FAROLD	31,4	31,96	-0,52	46,6	41,4	2,53	1,82
Irrigazione							
TEST	32,3	32,0	0,3	42,5	47,3	2,7	2,8
G50%	30,3	32,0	-1,7	44,0	35,3	2,7	0,9
G100%	30,8	31,5	-0,7	48,0	39,5	2,4	1,6
P50%	32,6	32,1	0,5	45,3	49,8	2,6	2,9
P100%	33,4	32,5	0,9	44,3	50,5	2,7	3,4
medie	32,3	32,0	0,3	42,5	47,3	2,7	2,8

Tab. 10 – pero: rilievi di temperatura fogliare

Come noto le piante in condizioni non limitanti di rifornimento idrico regolano la temperatura fogliare con la traspirazione: l'evaporazione dell'acqua che avviene a livello della lamina fogliare necessita di energia, che viene prese dalle foglie con un conseguente loro raffreddamento. Più la temperatura fogliare è bassa, a parità delle condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica. Nei portinnesti più vigorosi (Farold e Sydo) si osserva tendenzialmente un differenziale di temperatura (Tc-Ta) più negativo rispetto alla temperatura dell'aria (Ta), a dimostrazione di una maggior attività traspirativa, e quindi un maggior raffreddamento, rispetto a quelli più deboli (MC e MH).

Analogamente la media dei testimoni asciutti presenta temperature più elevate rispetto ai trattamenti irrigui, così come il 50% rispetto al 100% di restituzione dei consumi.

Tendenzialmente le piante a goccia sembrano meno stressate di quelle a pioggia a pari restituzione di Ete, avendo differenziali di temperatura più negativi.

RISULTATI 2017

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 7 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ETo), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei trattamenti a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 25 marzo al 14 settembre).

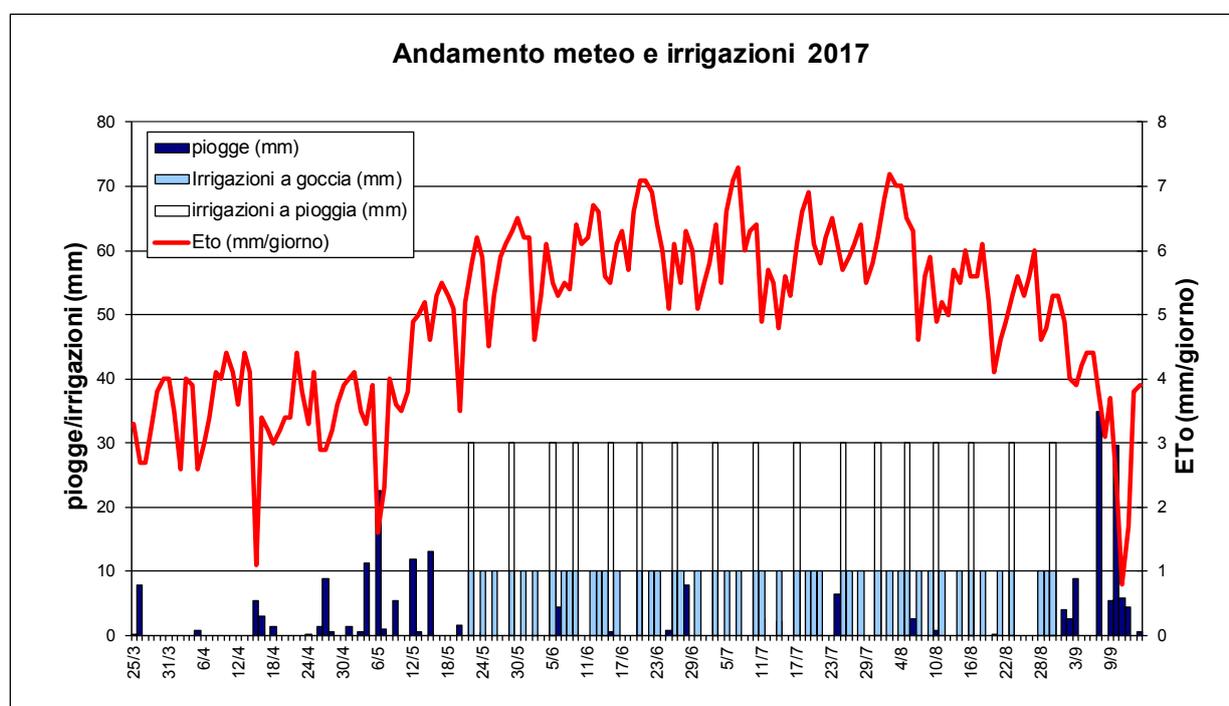


Fig. 7 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del pero presso l'az. Navarra nel 2017

In tabella 11 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo dal 1/3 al 30/9.

L'andamento meteorologico 2017, pur con qualche precipitazione in primavera e in settembre sotto raccolta, è stato particolarmente caldo e asciutto per l'intera stagione, con un prolungato periodo caratterizzato da valori di evapotraspirazione spesso superiore ai 5-6 mm/giorno: i volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza molto elevati, pari a 510 mm a pioggia, in 17 irrigazioni, con volumi di intervento da 30 mm, contro un analogo volume stagionale, 480 mm, per il trattamento a goccia, ma distribuito in ben 48 irrigazioni da 10 mm per intervento.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	8,6	21,4	69,3	20,2	11,3	10,3	133,8	274,9
Eto (mm/giorno)	2,6	3,5	4,7	6,0	6,0	5,6	3,1	Media 4,5
Ete (mm/mese) G	13,7	41,7	107,0	157,8	164,2	152,3	55,8	692,6
deficit (mm) G	5,1	20,3	37,7	137,6	152,9	142,0	-78,0	417,7
Ete (mm/mese) P	13,7	41,7	109,3	157,8	164,2	152,3	55,8	694,9
deficit (mm) P	5,1	20,3	40,0	137,6	152,9	142,0	-78,0	420,0
Irrigazione Pioggia (mm)	0,0	0,0	60,0	150,0	150,0	150,0	0,0	510,0
Irrigazione Goccia (mm)	0,0	0,0	50,0	150,0	140,0	140,0	0,0	480,0

Tab. 11 - andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Navarra nel 2017

Nelle figure 8 e 9 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 40% e il 50% dell'acqua disponibile per la goccia (linee arancioni e azzurre), e tra il 35% e il 75% per la pioggia, in modo da avere un turno irriguo più lungo e maggiori volumi di adacquata.

L'umidità del terreno è stata mantenuta, con le irrigazioni, entro le soglie previste praticamente per l'intera stagione, tranne in prossimità della raccolta del 14 settembre, in cui si sono registrati gli unici eventi piovosi di rilievo.

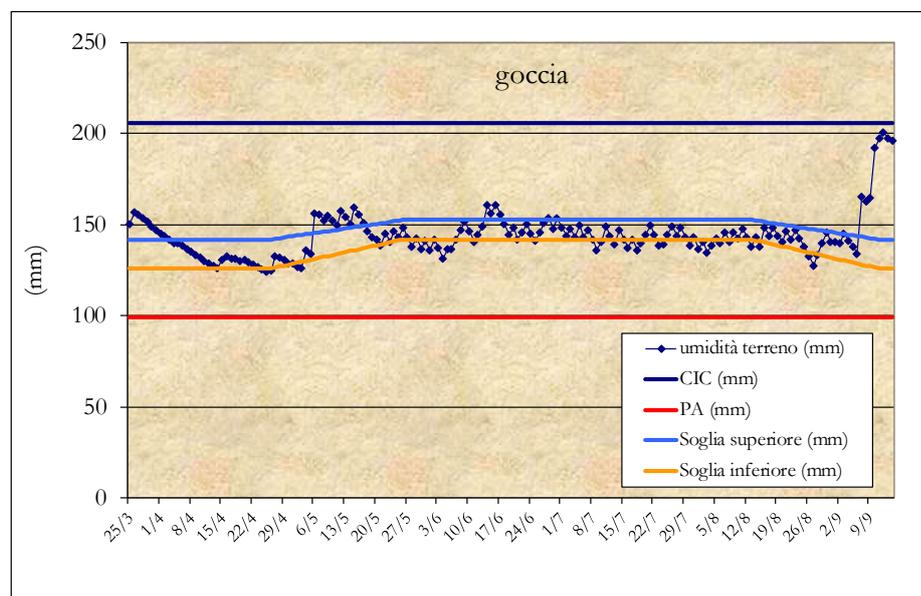


Fig. 8 - andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a goccia nel 2017

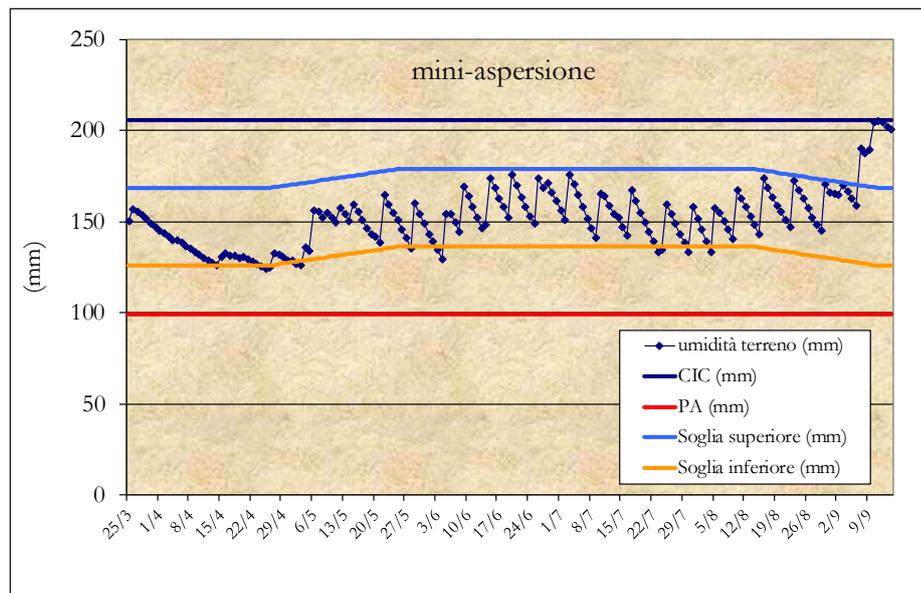


Fig. 9 – andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a pioggia nel 2017

Nei grafici 10 e 11 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità % del terreno rilevati dai sensori FDR e da quelli tensiometrici convertiti con le curve di ritenzione, medi delle tre profondità (20, 40 e 60 cm) nei diversi trattamenti, a confronto con i valori puntuali dei campioni gravimetrici e quelli stimati dal modello IRRINET.

Come già osservato nel 2016, i campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti gialli dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico (la linea verde), per entrambi i metodi irrigui. Nel metodo a goccia (fig. 10), la tesi di riferimento, irrigata secondo IRRINET al 100%, (linea blu), mostra un ottimo allineamento anche tra umidità misurata dai sensori e quella stimata, a conferma della bontà del modello IRRINET, mentre il testimone asciutto (linea rossa) presenta una umidità via via decrescente durante la stagione, fino alle piogge di settembre, quando conserva una maggiore umidità rispetto alle tesi irrigate, probabilmente per una minor vigoria delle piante.

Nel metodo a mini-aspersione (fig. 11), la tesi di riferimento, pur irrigata secondo IRRINET al 100%, (linea blu), mostra un andamento parallelo dell'umidità, ma costantemente inferiore rispetto a quella stimata: come già rilevato negli anni precedenti, ciò in parte è dovuto alla distribuzione non localizzata rispetto alla posizione dei sensori. Per lo stesso motivo anche la differenza tra le restituzioni irrigue è meno marcata nella pioggia, tra il trattamento irrigato al 100% (linea blu), 50% (linea azzurra) e il testimone asciutto (linea rossa).

umidità del suolo - GOCCIA

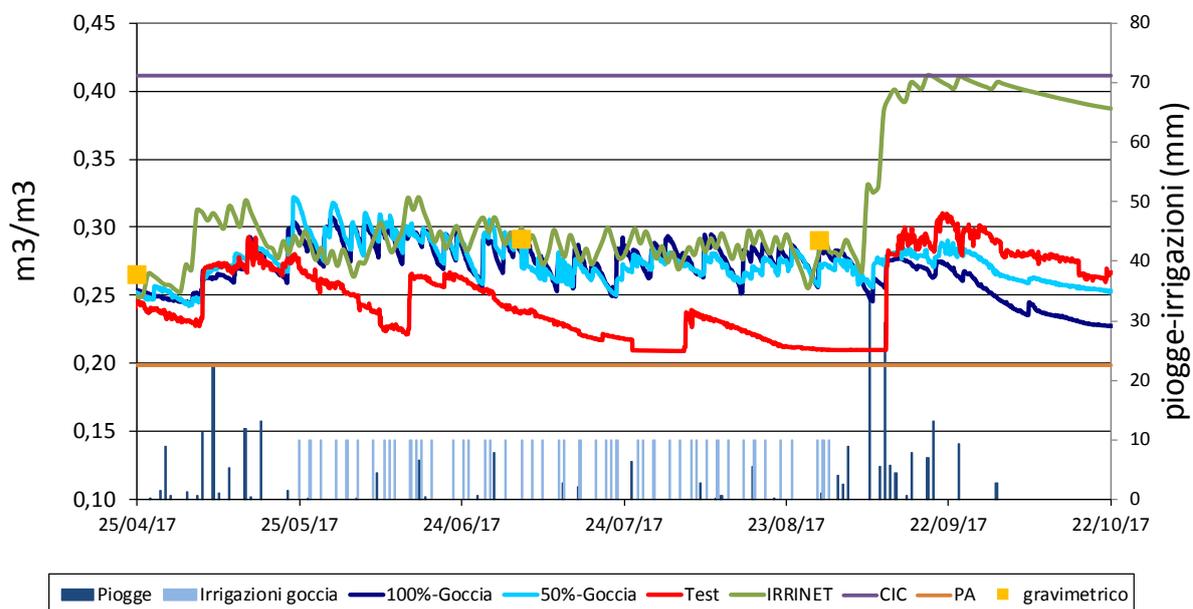


Fig. 10 – pero irrigato a goccia 2017: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

umidità del suolo - MINI-ASPERSIONE

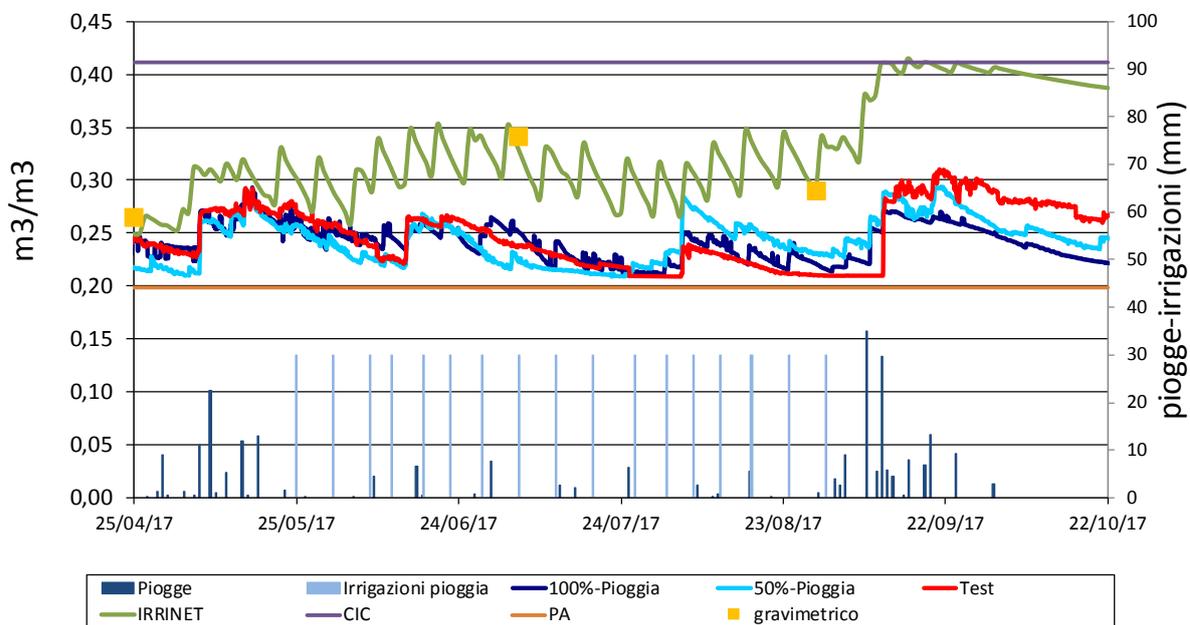


Fig. 11 – pero irrigato a pioggia 2017: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

In figura 12 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda nel 2017: l'impianto di drenaggio "assistito" ha garantito un

franco di coltivazione costante contenendo la falda sempre intorno o poco sotto il metro di profondità.

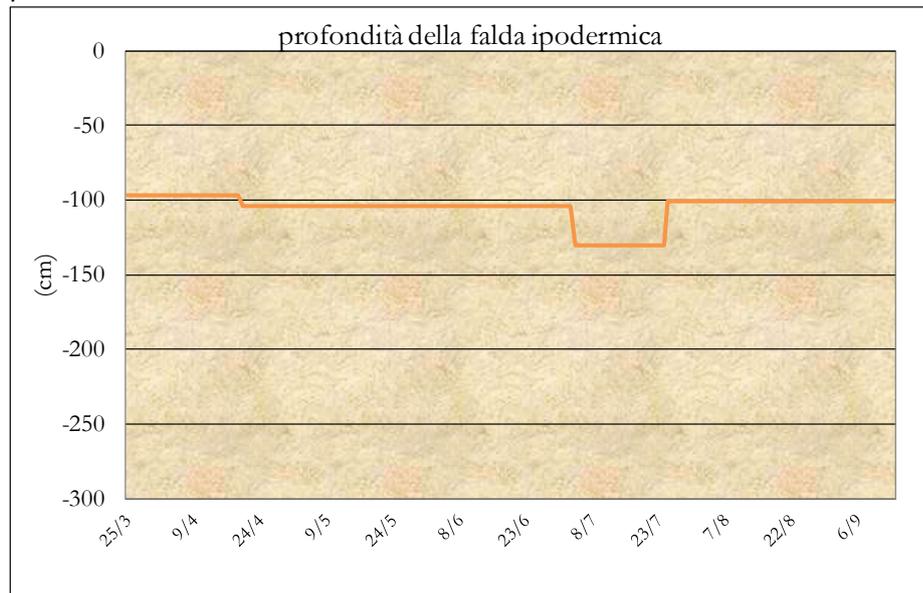


Fig. 12 – andamento della falda ipodermica

Risultati vegeto-produttivi

Di seguito vengono riportati i risultati dei rilievi produttivi e di crescita della vegetazione, rilevati durante la stagione 2017: a lettere diverse corrispondono differenze minime significative a $p < 0.05$ (test S.N.K.).

Nelle tabelle 12 e 13 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio, la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, e l'IWUE (grammi di incremento di resa rispetto al testimone asciutto per litro d'acqua della sola irrigazione) rilevati alla raccolta del 14 settembre 2017.

Dall'elaborazione delle medie (tab. 13) i portinnesti più deboli, nell'ordine MC e MH, si confermano i più produttivi come rese totali, significativamente superiori a Sydo e Farold. Quest'ultimo in particolare comincia a presentare una produzione più consistente rispetto alle annate precedenti.

Se guardiamo la resa commerciale però, solo frutti di diametro superiore a 65 mm, MH si stacca significativamente dagli altri portinnesti, confermando il trend dimostrato già a partire dal 2014, grazie ad un discreto numero di frutti di peso medio elevato. Sydo presenta la pezzatura più elevata, all'opposto di MC che notoriamente penalizza la pezzatura, così come Farold, che produce un gran numero di frutti/pianta, ma di peso medio più contenuto.

L'irrigazione ha determinato un significativo incremento di resa totale (+20%), ancora più marcato se consideriamo la sola produzione commerciale (+56%): tale incremento è dovuto ad un aumento significativo di pezzatura (+24% di peso medio), a parità di carico di frutti/pianta: le differenze tra la piena restituzione dei consumi e la tesi irrigata al 50%

dell'Ete non si rilevano in termini di resa totale, ma di pezzatura dei frutti, che aumenta in misura significativa passando dal regime 50% Ete al 100%.

Il sistema irriguo invece non sembra influenzare i dati produttivi e la risposta della pianta.

portinnesti	Irrigazione	%Ete	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	P+I (mm)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Farold	Spruzzo	0	30,72	6,09	18,4	207916,7	166,33	151,48	236,8	12,9711	-
Farold	Spruzzo	50	34,11	12,66	37,7	189166,7	151,33	183,73	491,8	6,934843	1,33
Farold	Spruzzo	100	38,03	22,04	58,0	177083,3	141,67	216,56	746,8	5,092841	1,43
Farold	Goccia	0	33,52	12,42	32,6	193055,6	154,44	174,53	236,8	14,15541	-
Farold	Goccia	50	32,42	15,63	49,3	163611,1	130,89	201,58	476,8	6,800225	-0,46
Farold	Goccia	100	41,47	18,86	46,1	210972,2	168,78	199,12	716,8	5,785106	1,66
MC	Spruzzo	0	51,86	24,08	45,1	272606,2	40,89	199,83	236,8	21,90018	-
MC	Spruzzo	50	49,00	19,82	37,0	262976,1	39,44	185,82	491,8	9,963145	-1,12
MC	Spruzzo	100	48,89	27,73	57,8	236308,1	35,44	212,85	746,8	6,546678	-0,58
MC	Goccia	0	33,46	1,56	3,8	271865,4	40,78	125,70	236,8	14,1289	-
MC	Goccia	50	51,08	22,52	43,6	271124,7	40,67	192,79	476,8	10,71238	7,34
MC	Goccia	100	58,14	34,09	53,4	277791,7	41,67	214,03	716,8	8,111351	5,14
MH	Spruzzo	0	27,69	9,94	32,7	152759,4	42,78	180,56	236,8	11,69271	-
MH	Spruzzo	50	42,48	30,22	67,2	177359,7	49,67	239,74	491,8	8,637864	5,80
MH	Spruzzo	100	39,57	29,43	72,8	162282,1	45,44	248,85	746,8	5,298482	2,33
MH	Goccia	0	48,16	31,52	64,2	209895,4	58,78	231,11	236,8	20,33855	-
MH	Goccia	50	55,19	37,12	66,0	242431,2	67,89	227,74	476,8	11,57454	2,93
MH	Goccia	100	49,87	41,32	79,8	187675,9	52,56	261,67	716,8	6,957284	0,36
Sydo	Spruzzo	0	37,44	27,73	73,9	153325,7	53,67	247,28	236,8	15,80975	-
Sydo	Spruzzo	50	36,46	24,81	69,9	156817,6	54,89	239,76	491,8	7,412696	-0,39
Sydo	Spruzzo	100	33,39	27,84	81,8	123485,9	43,22	270,26	746,8	4,470619	-0,79
Sydo	Goccia	0	28,78	17,21	56,9	136501,1	47,78	211,03	236,8	12,15405	-
Sydo	Goccia	50	33,72	28,26	81,6	124755,7	43,67	271,20	476,8	7,072593	2,06
Sydo	Goccia	100	26,74	21,55	77,9	101264,8	35,44	262,47	716,8	3,730592	-0,42

Tab, 12 – dati produttivi completi 2017

	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Portinnesti								
Farold	35,04	14,62	40,4%	190300,9	152,24	187,83	8,62	0,99
MC	48,74	21,63	40,1%	265445,4	39,81	188,50	11,89	2,70
MH	43,83	29,92	63,8%	188734	52,85	231,61	10,75	2,85
Sydo	32,75	24,57	73,7%	132691,8	46,44	250,33	8,44	0,11
% Ete								
0	36,45	16,32	41,0%	199740,7	75,68	190,19	15,39	-
50	41,81	23,88	56,5%	198530,3	72,31	217,79	8,64	2,19
100	42,01	27,86	66,0%	184608	70,53	235,73	5,75	1,14
Metodi irrigui								
Spruzzo	39,14	21,87	54,4%	189340,6	72,06	214,73	9,73	2,33
Goccia	41,05	23,50	54,6%	199245,4	73,61	214,41	10,13	1,00

Tab, 13 – dati produttivi 2017: medie dei trattamenti

La ripartizione % per classi di calibro è riportata nelle tabelle 14, per tutti i trattamenti testati, e 15 per le medie degli effetti semplici.

Coerentemente con il maggior peso medio, Sydo e MH mostrano anche uno spostamento del diametro dei frutti verso le classi di calibro maggiore (da 65-70 mm in su), significativo rispetto agli altri portinnesti. Al contrario sono significativamente superiori le % sotto il calibro 65mm in Farold e MC.

Risulta marcata anche l'influenza dell'irrigazione sulla pezzatura dei frutti: il test presenta meno frutti sopra i 65 mm rispetto ai trattamenti irrigui, che si differenziano tra loro solo per la % di frutti superiori a 75 mm. Non si rilevano invece differenze di calibro tra i sistemi irrigui.

portinnesti	Irrigazione	%Ete	% Sottomisura	%55-60	%60-65	%65-70	%70-75	%75-80						
Farold	Spruzzo	0	16,56	b	42,44	n.s.	22,59	n.s.	13,41	n.s.	3,15	n.s.	1,86	n.s.
Farold	Spruzzo	50	5,74	cd	29,05	n.s.	27,51	n.s.	26,26	n.s.	7,29	n.s.	4,16	n.s.
Farold	Spruzzo	100	1,76	cd	17,70	n.s.	22,55	n.s.	32,27	n.s.	15,01	n.s.	10,70	n.s.
Farold	Goccia	0	10,97	cb	36,72	n.s.	19,69	n.s.	19,52	n.s.	8,39	n.s.	4,71	n.s.
Farold	Goccia	50	2,90	cd	24,27	n.s.	23,55	n.s.	28,08	n.s.	12,27	n.s.	8,92	n.s.
Farold	Goccia	100	2,43	cd	24,84	n.s.	26,58	n.s.	29,69	n.s.	9,46	n.s.	6,99	n.s.
MC	Spruzzo	0	6,37	cd	25,77	n.s.	22,73	n.s.	22,81	n.s.	9,91	n.s.	12,41	n.s.
MC	Spruzzo	50	5,41	cd	33,13	n.s.	24,44	n.s.	25,67	n.s.	7,76	n.s.	3,60	n.s.
MC	Spruzzo	100	2,27	cd	19,24	n.s.	20,72	n.s.	35,22	n.s.	13,43	n.s.	9,12	n.s.
MC	Goccia	0	32,85	a	48,27	n.s.	15,13	n.s.	3,76	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.
MC	Goccia	50	4,85	cd	26,34	n.s.	25,26	n.s.	24,07	n.s.	11,58	n.s.	7,90	n.s.
MC	Goccia	100	4,02	cd	23,85	n.s.	18,78	n.s.	25,15	n.s.	13,47	n.s.	14,73	n.s.
MH	Spruzzo	0	4,77	cd	32,13	n.s.	30,43	n.s.	23,55	n.s.	9,12	n.s.	0,00	n.s.
MH	Spruzzo	50	1,70	cd	12,88	n.s.	18,18	n.s.	27,70	n.s.	18,04	n.s.	21,50	n.s.
MH	Spruzzo	100	2,16	cd	10,64	n.s.	14,37	n.s.	25,52	n.s.	22,28	n.s.	25,04	n.s.
MH	Goccia	0	1,15	cd	14,17	n.s.	20,49	n.s.	30,21	n.s.	18,06	n.s.	15,92	n.s.
MH	Goccia	50	1,94	cd	13,78	n.s.	18,32	n.s.	33,24	n.s.	19,09	n.s.	13,64	n.s.
MH	Goccia	100	0,65	d	6,25	n.s.	13,28	n.s.	29,59	n.s.	20,86	n.s.	29,37	n.s.
Sydo	Spruzzo	0	2,19	cd	9,33	n.s.	14,58	n.s.	27,99	n.s.	19,84	n.s.	26,07	n.s.
Sydo	Spruzzo	50	1,69	cd	11,46	n.s.	16,96	n.s.	28,96	n.s.	19,28	n.s.	21,64	n.s.
Sydo	Spruzzo	100	0,72	d	5,01	n.s.	12,44	n.s.	26,95	n.s.	20,49	n.s.	34,39	n.s.
Sydo	Goccia	0	5,27	cd	20,50	n.s.	17,29	n.s.	28,52	n.s.	15,56	n.s.	12,85	n.s.
Sydo	Goccia	50	0,20	d	6,61	n.s.	11,62	n.s.	26,82	n.s.	19,86	n.s.	34,89	n.s.
Sydo	Goccia	100	0,35	d	6,65	n.s.	15,13	n.s.	26,27	n.s.	20,71	n.s.	30,89	n.s.

Tab. 14 – ripartizione percentuale per classi di calibro: dati completi

PI	% Sottomisura	%55-60	%60-65	%65-70	%70-75	%75-80						
Portinnesti												
Farold	6,73	A	29,17	a	23,75	a	24,87	a	9,26	b	6,22	c
MC	9,29	A	29,43	a	21,17	c	22,78	b	9,36	b	7,96	c
MH	2,06	B	14,98	b	19,18	c	28,30	a	17,91	a	17,58	b
Sydo	1,73	B	9,93	b	14,67	c	27,59	a	19,29	a	26,79	a
%Ete												
0	10,02	A	28,67	a	20,37	a	21,22	b	10,50	b	9,23	c
50	3,05	B	19,69	b	20,73	a	27,60	a	14,40	a	14,53	b
100	1,80	B	14,27	c	17,98	a	28,83	a	16,96	a	20,15	a
Metodi irrigui												
Spruzzo	4,28	A	20,73	a	20,62	a	26,36	a	13,80	a	14,21	a
Goccia	5,63	A	21,02	a	18,76	a	25,41	a	14,11	a	15,07	a

Tab. 15 – ripartizione percentuale per classi di calibro: media dei trattamenti

In tabella 16 è riportata la stima del ritorno a fiore, rilevato alla ripresa vegetativa, contando il numero di gemme miste su 5 branchette per pianta, di cui è stata misurata la sezione: i risultati sono conseguenti alla gestione irrigua del periodo 2014-2016, dove si erano registrate differenze di resa in funzione della diversa entrata in produzione dei quattro portinnesti.

L'irrigazione non sembra aver influito sull'induzione a fiore, né per quanto riguarda il volume che per il sistema irriguo. Tra i portinnesti invece si rileva una carica di gemme a fiore proporzionale alla vigoria del portinnesto, analogamente al diametro della branca: di conseguenza il rapporto tra numero di gemme per unità di sezione della branca non mostra differenze significative tra i portinnesti.

	Gemme a fiore		Diametro Branca (mm)		Area Branca (cm ²)		Gemme/cm ²	
Portinnesti								
FAROLD	23,08	a	23,90	a	4,80	a	5,31	a
MC	6,07	c	13,93	c	1,65	c	4,76	a
MH	12,21	b	17,69	b	2,64	b	4,94	a
SYDO	10,77	b	17,22	b	2,57	b	4,66	a
% Ete								
0	11,73	a	17,68	a	2,73	a	4,66	a
50	13,65	a	18,15	a	2,86	a	4,71	a
100	13,72	a	18,72	a	3,15	a	5,39	a
Metodo Irriguo								
Goccia	11,92	b	18,11	a	2,90	a	4,70	a
Spruzzo	14,14	a	18,26	a	2,93	a	5,14	a

Tab. 16 – stima del ritorno a fiore nel 2017

In tabella 17 sono riportati i rilievi della lunghezza dei germogli effettuati durante la stagione e il tasso di accrescimento dei germogli, ottenuto dividendo l'accrescimento tra il primo e l'ultimo rilievo per il numero dei giorni intercorsi.

	02/05/2017		31/05/2017		26/06/2017		03/11/2017		AGR stagionale (mm/giorno)	
Portinnesti										
FAROLD	11,57	a	35,34	a	60,38	a	63,51	a	0,33	a
MC	9,96	b	17,61	b	25,71	b	29,47	b	0,13	b
MH	9,53	b	14,76	b	24,86	b	31,64	b	0,14	b
SYDO	9,23	b	16,72	b	30,84	b	34,99	b	0,17	b
% Ete										
0	10,03	a	21,15	a	34,96	a	38,53	a	0,18	a
50	10,32	a	21,21	a	35,23	a	39,08	a	0,18	a
100	9,82	a	20,88	a	36,22	a	42,24	a	0,21	a
Metodo irriguo										
ASP	9,21	b	19,69	b	33,96	a	37,94	a	0,18	a
GO	10,96	a	22,54	a	37,07	a	42,08	a	0,20	a

Tab. 17 – tasso di accrescimento dei germogli nel 2017

Tra i portinnesti il Farold, che è il più vigoroso, mostra la maggior spinta vegetativa, mentre non si rilevano differenze significative imputabili ai metodi e ai volumi irrigui, anche se la piena restituzione dei consumi mostra una maggior allungamento dei germogli.

Analogamente è stato misurato il tasso di crescita dei frutti durante la stagione, sia in diametro che in peso del frutto (tab. 18): tra i portinnesti Sydo e MH confermano una maggior spinta anche a livello di crescita dei frutti.

L'irrigazione a mini-aspersione sembra aumentare tendenzialmente in misura significativa la velocità di crescita in diametro, così come si rilevano differenze imputabili ai volumi irrigui: il test ovviamente e il 50% rispetto al 100%, hanno presentato frutti di pezzatura crescente, per cui risulta diversa la anche la velocità di crescita.

	Diametro (mm) 5-giu		Diametro (mm) 26-giu		Diametro (mm) 2-ago		Diametro (mm) 22-ago		Peso (gr.) 5 giu		Peso (gr.) 26 giu		Peso (gr.) 2 ago		Peso (gr.) 22 ago		Agr Stagionale (mm/giorno)		AGR peso (grr/giorno)	
Portinnesti																				
FAROLD	31,34	c	42,31	d	56,27	c	60,14	b	26,79	c	61,80	d	136,99	c	164,70	b	0,37	d	1,77	d
MC	32,11	b	43,62	c	.		60,26	b	28,82	b	67,03	c	.		167,79	b	0,39	c	1,85	c
MH	32,00	b	44,11	b	59,24	b	64,10	a	28,85	b	70,21	b	157,33	b	195,88	a	0,41	b	2,14	b
SYDO	33,24	a	46,01	a	60,63	a	.		31,55	a	77,51	a	167,33	a	.		0,53	a	2,23	a
%Ete																				
0	31,76	c	43,02	c	56,25	c	58,61	c	27,96	c	64,98	c	137,33	c	155,34	c	0,39	c	1,78	c
50	32,15	b	44,11	b	58,54	b	62,30	b	28,94	b	69,48	b	152,39	b	180,74	b	0,43	b	2,03	b
100	32,61	a	44,90	a	60,19	a	63,90	a	30,12	a	72,94	a	163,88	a	194,50	a	0,45	a	2,18	a
Metodo irriguo																				
Goccia	32,36	a	44,03	a	59,21	a	62,10	a	29,48	a	69,22	a	156,77	a	180,80	a	0,44	a	1,99	a
Spruzzo	31,99	b	44,00	a	57,74	b	60,95	b	28,54	b	69,06	a	147,48	b	171,75	b	0,41	b	2,00	a

Tab. 18 – tasso di accrescimento dei frutti nel 2017

In tabella 19 sono infine riportati i valori dei parametri biometrici, diametro del tronco, e peso della legna di potatura, rilevati dopo la seconda annualità di progetto, durante il riposo vegetativo delle piante.

Tra i portinnesti l'MC, il meno vigoroso, presenta ovviamente il minor diametro del tronco; al contrario il Farold, franco clonato di maggior vigoria, ha il diametro più elevato e il maggior residuo di potatura.

Non si rilevano invece differenze significative di vigoria imputabili ai metodi irrigui, nè alle diverse restituzioni dei consumi, che non si sono differenziate dal testimone asciutto.

	Diametro Tronco (mm)		Peso Potatura (kg/pianta)	
Portinnesti				
FA	77,8	a	4,4	a
MC	51,2	d	0,7	b
MH	63,5	b	1,7	b
SY	60,2	c	1,5	b
% Ete				
0	61,6	a	2,1	a
50	64,0	a	2,1	a
100	63,9	a	2,0	a
Metodi irrigui				
Spruzzo	63,7	a	1,9	a
Goccia	62,6	a	2,2	a

Tab. 19 – rilievi biometrici durante il riposo vegetativo 2017

Rilievi fisiologici sulle piante

Monitoraggio dello stato di idratazione delle piante (foglie) attraverso **indice IPL**

Nel corso del suo ciclo annuale, l'albero incontra mutevoli condizioni ambientali, oltre che fisiologiche, che ne modulano le esigenze idriche e nutrizionali. Il reale fabbisogno delle colture è dunque la risultante di un'interazione di molteplici fattori che comprendono la genetica, le relazioni della specie con l'ambiente e le tecniche di gestione. Sono quindi necessari strumenti capaci di valutare le reali performance fisiologiche dell'albero in modo da gestire in maniera ottimale l'apporto idrico e nutrizionale in funzione delle esigenze che la coltura richiede nell'arco della stagione produttiva. Nonostante le tecnologie siano a

disposizione da anni ed il livello di sofisticazione scientifica della gestione dell'apporto irriguo sia molto elevato, siamo spesso lontani da una corretta applicazione dello strumento irriguo nelle singole realtà aziendali. Le ragioni possono essere svariate e la ricerca e la sperimentazione hanno iniziato nuovamente a rivolgere l'attenzione alle tecniche e strategie di gestione dei bilanci idrici del frutteto, facendo tesoro delle più recenti acquisizioni della fisiologia della crescita dei frutti e delle interazioni che esistono a livello vascolare, tra lo stato idrico delle foglie e quello dei frutti. Grazie allo studio delle caratteristiche funzionali della foglia (Losciale et al., 2015) e dell'accrescimento del frutto (Morandi et al. 2014) sono stati messi a punto protocolli volti al miglioramento dell'efficienza produttiva del frutteto (Manfrini et al., 2012). Sia dal processo fotosintetico, che dalla crescita dei frutti, infatti, è possibile estrarre parametri oggettivi che, correttamente analizzati ed interpretati, possono restituire informazioni fondamentali per il monitoraggio del frutteto ed una conseguente gestione corretta dell'irrigazione e delle tecniche colturali.

Losciale et al. (2015) hanno messo a punto un indice, denominato IPL, correlato linearmente alla fotosintesi netta. L'indice IPL, il cui modello è stato ad oggi parametrizzato per le specie melo e pero, basa il suo funzionamento sulla misura della fluorescenza della clorofilla, della temperatura dell'aria e della foglia, ed è in grado di stimare le performance fotosintetiche della pianta in maniera rapida e veloce. Tale tecnologia permette di monitorare in tempo reale gli adattamenti fisiologici della pianta dovuti alle modificazioni ambientali ed alle tecniche di gestione del frutteto (es. irrigazione) in un tempo molto rapido se paragonato alle tempistiche che normalmente vengono impiegate da strumentazioni più complesse che analizzano gli scambi gassosi della pianta. Una misura dell'indice, infatti, restituisce indicazioni sulla funzionalità della pianta (misura della fotosintesi fogliare) in meno di 20 secondi se confrontata ai diversi minuti utilizzando le metodologie fino ad ora impiegate.

Nelle differenti fasi fenologiche - divisione cellulare (citochinesi), inizio e fase di piena di distensione cellulare e maturazione dei frutti - per ogni portinnesto, trattamento e quantitativo irriguo, è stato monitorato attraverso l'indice IPL lo stato idrico della pianta. Su tali piante, mediante LI-COR (LI-6400) sono stati misurati parametri relativi alla ripartizione dell'energia assorbita attraverso la determinazione della fluorescenza di clorofilla per l'ottenimento del sopraccitato indice IPL. I parametri registrati da tale strumentazione sono stati: AC: efficienza quantica massima; Fv/Fm: massima resa quantica del fotosistema II; PAR: radiazione fotosinteticamente attiva; NPQ: estinzione non-fotochimica; NPQR: estinzione non-fotochimica a decadimento rapido; NPQS: estinzione non-fotochimica a decadimento lento; qP: estinzione fotochimica; FPSII: resa quantica del fotosistema II. Tali parametri correlati a semplici parametri ambientali come la temperatura ambientale e fogliare, hanno permesso di valutare lo stato idrico in tempo reale dei differenti trattamenti.

Nei seguenti grafici (figure 13 e 14) sono stati rappresentati gli andamenti dell'indice IPL dipendentemente dal tipo di portinnesto e dalle quantità irrigue apportate, nei differenti periodi fenologici. Non sono stati riportati i dati relativi alle tipologie di sistemi d'irrigazione perché l'analisi statistica non ha evidenziato differenze eclatanti. In generale sia nel 2016 che nel 2017 si può notare che al calare della disponibilità idrica nelle date successive a quella di giugno (seppur ancora abbondanti), fa riscontro una tendenza a calare dell'efficienza fotosintetica (indice IPL con valori minori) nel trattamento non irrigato (0% dell'evapotraspirato) e nella media dei differenti trattamenti. Solo il portinnesto MH sembra non subire una riduzione notevole nonostante valori non altissimi nelle prime fasi

fenologiche. Non si rilevano invece particolari differenze tra i trattamenti con restituzioni irrigue pari al 50 e 100 % dell'evapotraspirato. Tale comportamento è stato rilevato in tutte le combinazioni cv/portinnesto.

Nell'anno 2017, visto l'andamento stagionale più asciutto, è stato possibile valutare, nelle date successive a quella di giugno, un'efficienza fotosintetica minore (indice IPL con valori inferiori) fino a fotosintesi negative (respirazione) nel trattamento non irrigato (0% dell'ETe). Non sono invece state valutate particolari differenze tra i trattamenti con restituzioni irrigue pari al 50 e 100 % dell'ETe.

Altro risultato di particolare interesse evidenziabile dalla stagione 2017 è opportuno indicare che spesso il delta di temperatura positivo corrisponde a respirazioni fogliari o funzionalità fogliari basse. Tale risultato indica chiaramente come il livello di stress idrico di una pianta sia correlato alla sua capacità di traspirazione e disponibilità idrica.

Le indicazioni scaturite dai 2 anni di prova potrebbero in futuro consentire la realizzazione/implementazione di strumentazioni ad-hoc per la valutazione in tempo reale dello stato idrico della pianta. Ciò permetterebbe sostanziali riduzioni dei tenori irrigui utilizzati in appezzamenti di pero.



Fig. 13 - Rappresentazione dell'andamento dell'indice IPL, della temperatura dell'aria e della foglia, del delta di temperatura tra aria e foglia lungo la stagione produttiva nei differenti trattamenti per l'anno 2016.

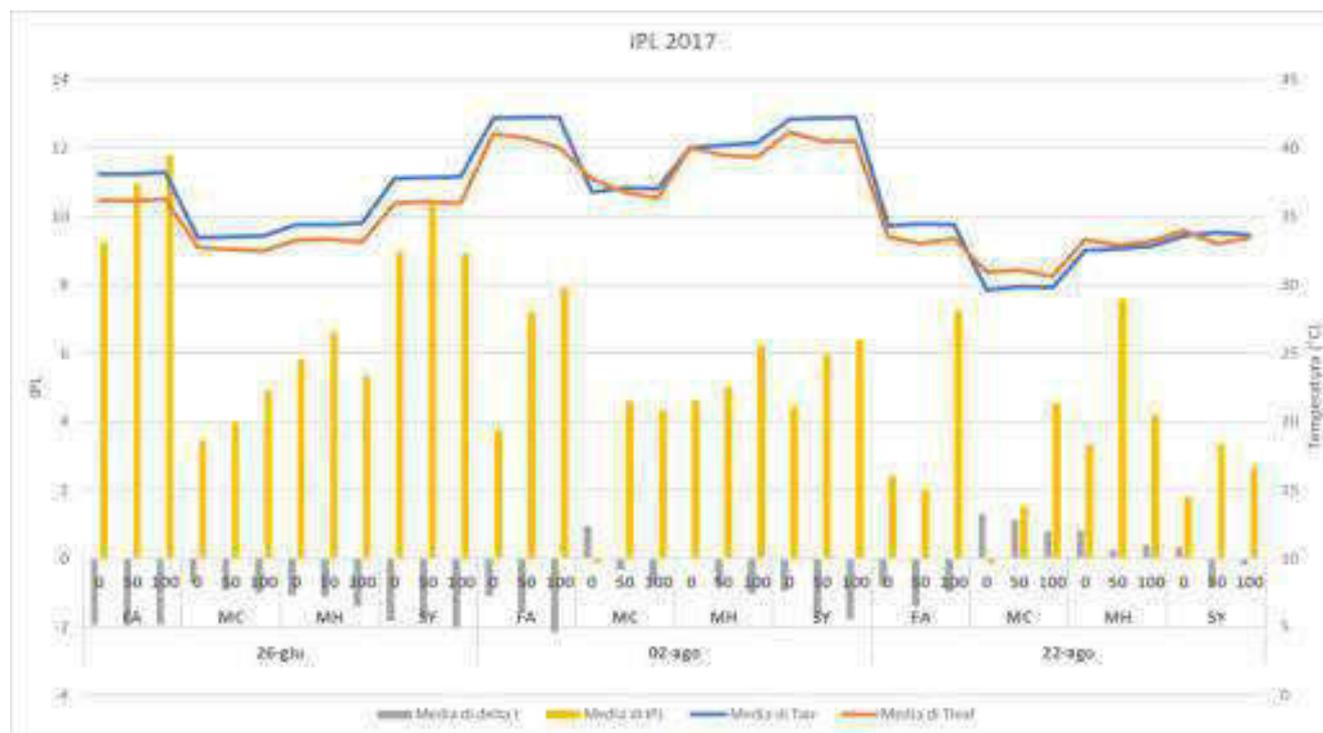


Fig. 14 - Rappresentazione dell'andamento dell'indice IPL, della temperatura dell'aria e della foglia, del delta di temperatura tra aria e foglia lungo la stagione produttiva nei differenti trattamenti per l'anno 2017.

RISULTATI 2018

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 15 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET₀), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei trattamenti a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 5 aprile al 29 agosto).

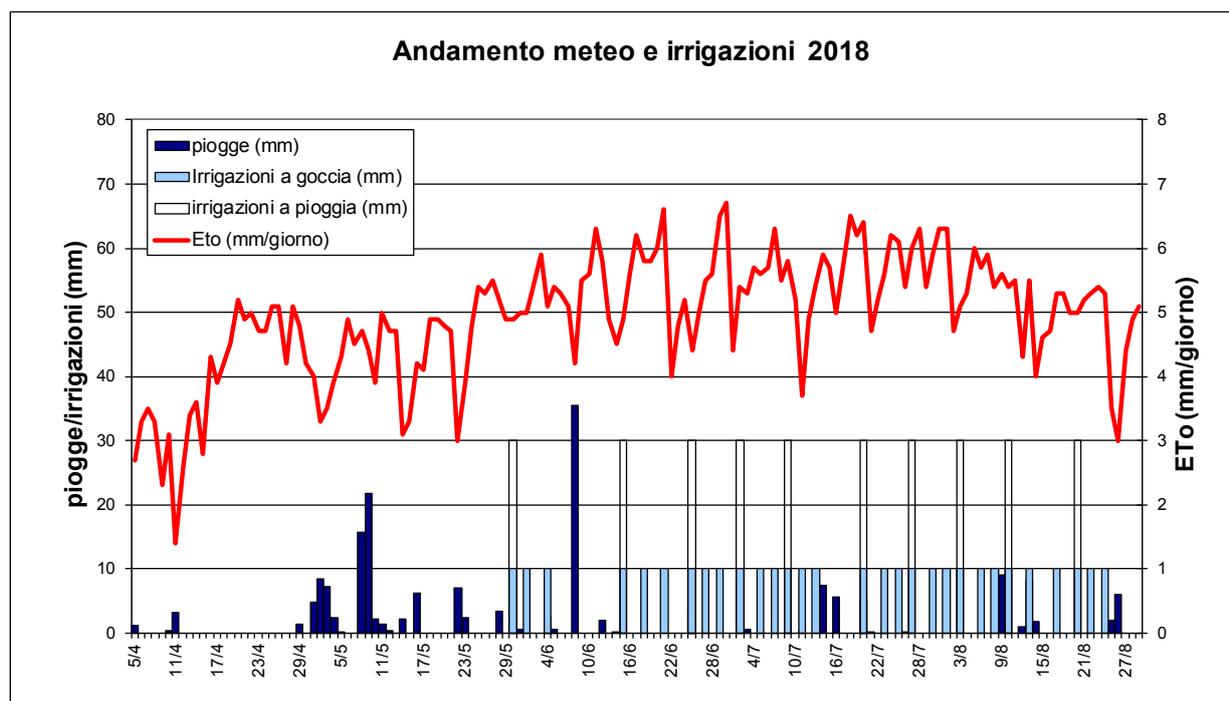


Fig. 15 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del pero presso l’az. Navarra nel 2018

In tabella 20 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo dal 1/3 al 30/9.

L’andamento meteorologico 2018 è stato decisamente più fresco e umido dell’annata precedente, con abbondanti precipitazioni soprattutto in primavera e valori di evapotraspirazione nella norma, compresi tra 4 e 6 mm/giorno: i volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza più contenuti rispetto al 2017, pari a 330 mm a pioggia, in 11 irrigazioni, con volumi di intervento da 30 mm, contro un analogo volume stagionale, 330 mm, per il trattamento a goccia, ma distribuito in ben 33 irrigazioni da 10 mm per intervento. Per entrambi i metodi 30 mm sono stati distribuiti in post-raccolta.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	87,5	12,5	86,6	44,7	19,7	33,3	43,7	328,0
Eto (mm/giorno)	1,6	3,8	4,4	5,4	5,6	5,0	3,5	Media 4,2
Ete (mm/mese) G	0,5	53,4	94,2	123,6	131,9	112,5	30,3	546,4
deficit (mm) G	-87,0	40,9	7,6	78,9	112,2	79,2	-13,4	218,4
Ete (mm/mese) P	0,5	53,4	94,2	123,6	131,9	112,5	30,3	546,4
deficit (mm) P	-87,0	40,9	7,6	78,9	112,2	79,2	-13,4	218,4
Irrigazione Pioggia (mm)	0,0	0,0	30,0	60,0	120,0	120,0	0,0	330,0
Irrigazione Goccia (mm)	0,0	0,0	10,0	80,0	110,0	110,0	20,0	330,0

Tab. 20 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l’az. Navarra nel 2018

Nelle figure 16 e 17 sono invece riportati gli andamenti dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 40% e il 50% dell’acqua disponibile per la goccia (linee arancioni e

azzurre), e tra il 35% e il 75% per la pioggia, in modo da avere un turno irriguo più lungo e maggiori volumi di adacquata.

L'umidità del terreno è stata mantenuta, con le irrigazioni, entro le soglie previste praticamente per l'intera stagione, ad esclusione del periodo aprile-maggio in cui si sono registrati eventi piovosi di rilievo.

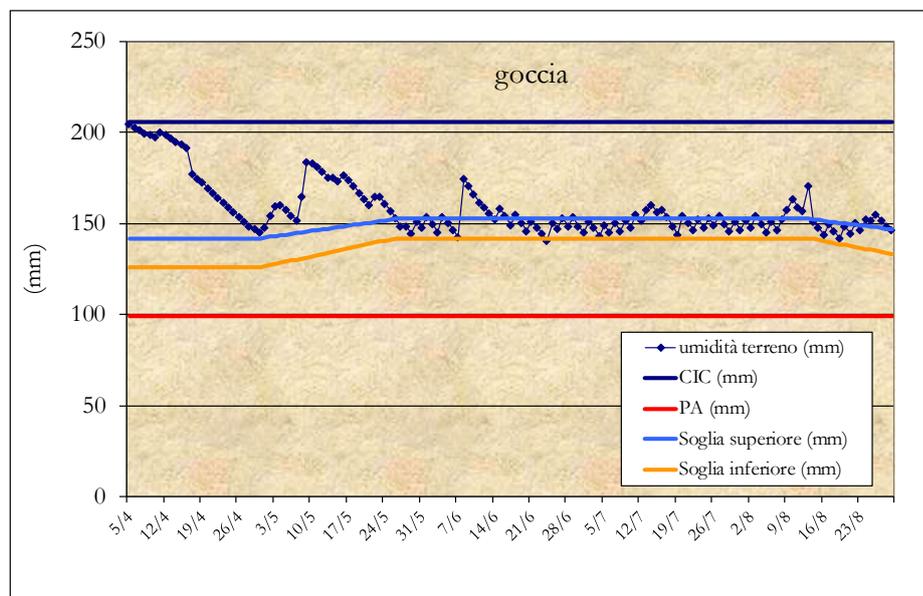


Fig. 16 – andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a goccia nel 2018

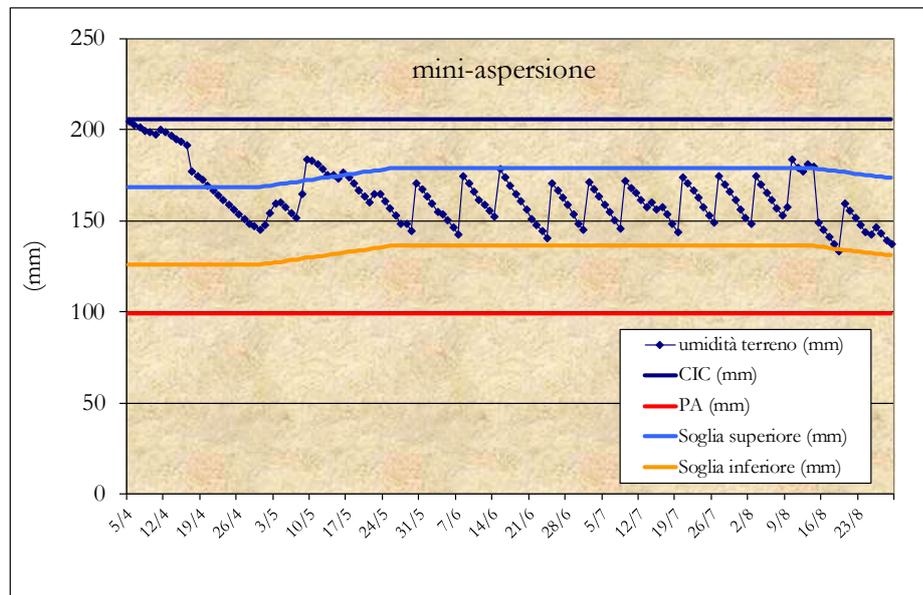


Fig. 17 – andamento dell'umidità del terreno del pero irrigato a pioggia nel 2018

Nei grafici 18 e 19 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità % del terreno rilevati dai sensori FDR e da quelli tensiometrici convertiti con le curve di ritenzione, medi delle tre profondità (20, 40 e 60 cm) nei diversi trattamenti, a confronto con i valori puntuali dei campioni gravimetrici e quelli stimati dal modello IRRINET.

Come già osservato nel biennio 2016-17, i campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti gialli dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico (la linea verde), per entrambi i metodi irrigui.

Nel metodo a goccia (fig. 18), la tesi di riferimento, irrigata secondo IRRINET al 100%, (linea blu), mostra un ottimo allineamento anche tra umidità misurata dai sensori e quella stimata, a conferma della bontà del modello IRRINET, mentre il testimone asciutto (linea rossa) presenta una umidità via via decrescente durante la stagione.

Nel metodo a mini-aspersione (fig. 19), tutti i trattamenti mostrano un andamento piatto e costantemente inferiore rispetto a quella stimata da IRRINET e campioni gravimetrici: come già rilevato negli anni precedenti, ciò in parte è dovuto alla distribuzione non localizzata rispetto alla posizione dei sensori, ma sicuramente ha inciso anche "la vecchiaia" dei sensori, posizionati nel 2013, all'inizio della prova.

umidità del suolo - GOCCIA

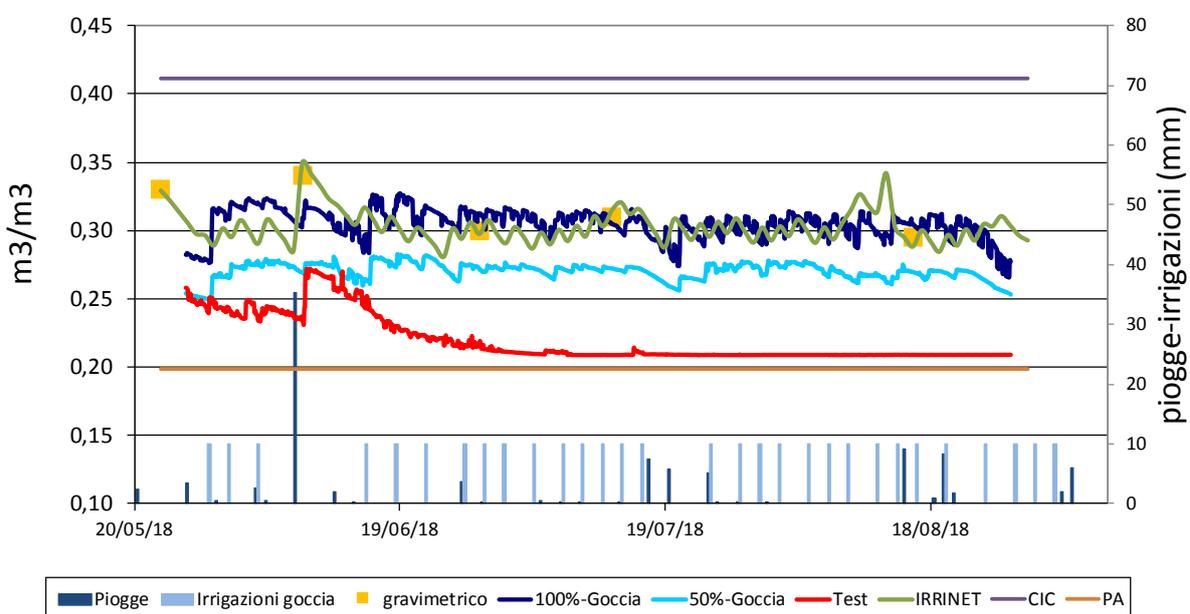


Fig. 18 – pero irrigato a goccia 2018: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

umidità del suolo - MINI-ASPERSIONE

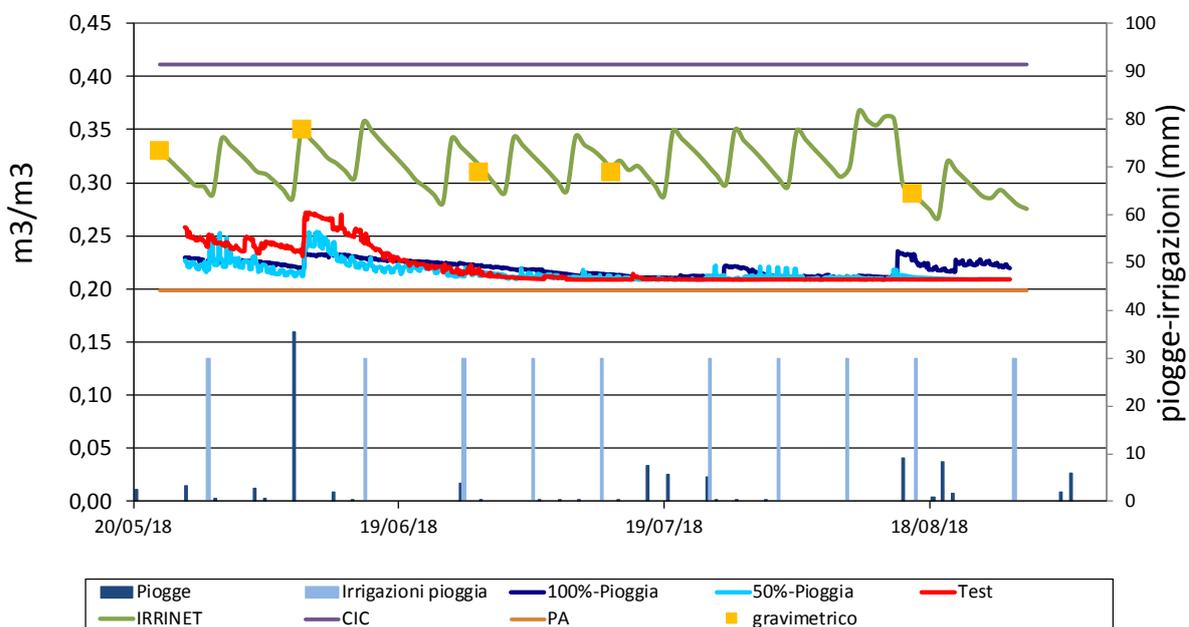


Fig. 19 – pero irrigato a pioggia 2018: umidità del terreno misurata con i sensori e con i campioni gravimetrici a confronto con IRRINET

In figura 20 è infine riportato l’andamento della falda ipodermica rilevata sia nel quadrante meteo, che dalla stazione di piezometri presenti nel campo di prova nel 2018. La falda naturale della zona (linea blu) è stata sempre sotto i 150-200 cm; il campo in prova è invece di fianco ad un canale irriguo che d’estate viene mantenuto pieno. Ciò nonostante è provvisto di impianto di drenaggio “assistito”, che ha garantito un franco di coltivazione costante, contenendo la falda sempre intorno a 120 cm di profondità.

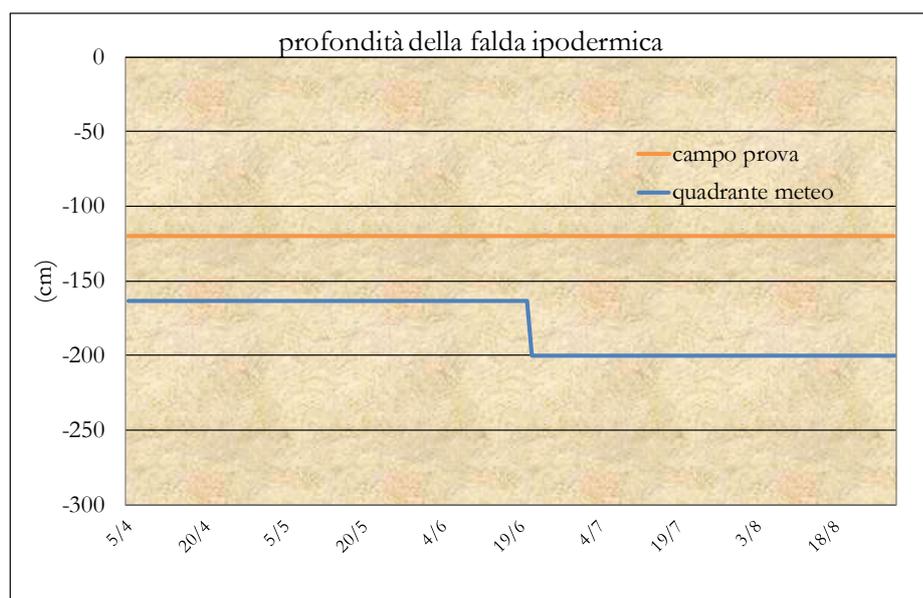


Fig. 20 – andamento della falda ipodermica

Risultati vegeto-produttivi

Di seguito vengono riportati i risultati dei rilievi produttivi e di crescita della vegetazione, rilevati durante la stagione 2018: a lettere diverse corrispondono differenze minime significative a $p < 0.05$ (test S.N.K.).

Nelle tabelle 21 e 22 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio, la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, e l'IWUE (grammi di incremento di resa rispetto al testimone asciutto per litro d'acqua della sola irrigazione) rilevati alla raccolta del 29 agosto 2018.

portinnesti	Irrigazione	%Ete	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	P+I (mm)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Farold	Spruzzo	0	18,36 cde	5,81 cd	25,1% Edf	101805,56 cdef	81,44 d	170,30 de	185,30	9,907357 bcd	-
Farold	Spruzzo	50	25,96 cde	12,37 abcd	45,5% abcde	137222,22 bcde	109,78 c	187,30 cde	350,30	7,410593 bcd	4,61
Farold	Spruzzo	100	39,03 ab	20,36 ab	54,1% abcde	194444,44 ab	155,56 b	205,50 bcde	515,30	7,574579 bcd	6,26
Farold	Goccia	0	31,10 bc	12,77 abcd	38,9% bcde	168194,44 bc	134,56 bc	184,89 cde	185,30	16,78449 a	-
Farold	Goccia	50	45,38 a	22,10 a	49,8% abcde	233333,33 a	186,67 a	196,66 bcde	350,30	12,9533 ab	8,65
Farold	Goccia	100	46,30 a	21,76 a	46,9% abcde	236805,56 a	189,44 a	196,50 bcde	515,30	8,985623 bcd	4,61
MC	Spruzzo	0	29,37 bcd	14,35 abcd	48,5% abcde	149637,11 bcd	22,44 e	200,77 bcde	185,30	15,85176 a	-
MC	Spruzzo	50	20,72 cde	7,97 bcd	28,3% cdef	111857,44 cdef	16,78 e	174,79 de	350,30	5,915437 cd	-5,24
MC	Spruzzo	100	18,60 cde	9,67 abcd	55,3% abcde	105190,44 cdef	15,78 e	194,38 bcde	515,30	3,610447 d	-3,26
MC	Goccia	0	13,69 cde	0,79 d	5,2% F	114079,78 cdef	17,11 e	120,45 f	185,30	7,388589 bcd	-
MC	Goccia	50	15,60 cde	9,91 abcd	51,1% abcde	70003,50 def	9,33 e	214,25 bcde	350,30	4,454024 d	1,16
MC	Goccia	100	24,61 cde	20,42 ab	77,0% Ab	97504,88 cdef	14,63 e	243,64 abc	515,30	4,776744 cd	3,31
MH	Spruzzo	0	13,05 de	2,72 cd	18,8% Ef	83153,29 def	23,29 e	160,26 e	185,30	7,040412 bcd	-
MH	Spruzzo	50	11,81 de	8,91 abcd	63,5% Ab	48010,11 f	13,44 e	233,05 abcd	350,30	3,370969 d	-0,75
MH	Spruzzo	100	15,65 cde	12,62 abcd	71,7% Ab	59119,89 ef	16,56 e	252,74 ab	515,30	3,037009 d	0,79
MH	Goccia	0	21,66 cde	14,51 abcd	62,6% abcd	98004,11 cdef	27,44 e	219,10 bcde	185,30	11,68921 abc	-
MH	Goccia	50	12,24 de	8,72 abcd	58,1% abcde	52672,25 ef	14,75 e	223,39 bcde	350,30	3,49378 d	-5,71
MH	Goccia	100	18,65 cde	16,17 abc	81,9% A	64724,38 ef	18,13 e	286,58 a	515,30	3,620203 d	-0,91
Sydo	Spruzzo	0	16,85 cde	13,33 abcd	74,2% Ab	68250,56 ef	23,89 e	242,20 abc	185,30	9,09265 bcd	-
Sydo	Spruzzo	50	9,51 e	6,37 cd	56,7% abcde	40632,89 f	14,22 e	222,50 bcde	350,30	2,715269 d	-4,45
Sydo	Spruzzo	100	14,30 cde	12,08 abcd	75,8% Ab	54917,89 ef	19,22 e	253,28 ab	515,30	2,776053 d	-0,77
Sydo	Goccia	0	12,09 de	6,24 cd	44,8% abcde	66663,33 ef	23,33 e	190,57 bcde	185,30	6,524828 bcd	-
Sydo	Goccia	50	13,16 de	10,16 abcd	67,7% abc	52695,78 ef	18,44 e	248,17 abc	350,30	3,756501 d	0,65
Sydo	Goccia	100	14,09 cde	12,54 abcd	82,6% A	53013,22 ef	18,56 e	255,09 ab	515,30	2,733546 d	0,60

Tab. 21 - dati produttivi completi 2018

Dall'elaborazione delle medie (tab. 22) per il primo anno il Farold è risultato più produttivo rispetto ai portinnesti più deboli, nell'ordine MC, MH e Sydo: sono risultati necessari sette anni dalla messa a dimora dell'impianto perché il portinnesto vigoroso risultasse competitivo rispetto agli altri. A penalizzare le rese 2019 di MH e Sydo ha contribuito la moria delle piante innestate su questi portinnesti, che hanno sofferto di più nel lungo periodo delle condizioni di asfissia radicale nel periodo autunno vernino, che spesso si verificano nell'areale ferrarese.

Se guardiamo la % di resa commerciale però, solo frutti di diametro superiore a 65 mm, Sydo e MH si staccano significativamente dagli altri portinnesti, in funzione di un maggior peso medio dei frutti, all'opposto di MC che notoriamente penalizza la pezzatura, così come Farold, che produce un gran numero di frutti/pianta, ma di peso medio più contenuto.

Solo l'irrigazione con la piena restituzione dei consumi ha determinato un significativo incremento di resa totale (+22% rispetto al controllo), ancora più marcato se consideriamo la sola produzione commerciale (+74%): tale incremento è dovuto ad un aumento significativo di pezzatura (+26% di peso medio), che di carico di frutti/pianta (+27%); la tesi irrigata al 50% dell'Ete non si è invece differenziata statisticamente dal

test non irrigato in termini di resa totale e commerciale, pur mostrando un significativo incremento di pezzatura dei frutti rispetto al controllo, sebbene inferiore al 100% Ete.

Il sistema irriguo sembra influenzare poco i dati produttivi e la risposta della pianta: le piante irrigate a goccia tuttavia, per il primo anno dalla messa a dimora del frutteto, sono risultate significativamente più produttive (+20%), in virtù di un maggior carico di frutti, peraltro di analoga pezzatura. Non risulta comunque significativa la differenza di efficienza d'uso dell'acqua (WUE) tra i due metodi.

	resa totale (t/ha)	resa comm 65+ (t/ha)	resa comm 65+ (%)	frutti/Ha	frutti/pianta	Peso medio (g)	WUE (g/l)	IWUE (g/l)
Portinnesti								
Farold	34,35	15,86	43,4%	178634,26	142,91	190,19	10,60	6,03
MC	20,45	10,34	43,5%	108979,81	16,04	189,93	7,03	-1,01
MH	15,61	10,85	60,7%	67349,06	18,86	230,91	5,27	-1,65
Sydo	13,33	10,12	67,0%	56028,94	19,61	235,30	4,60	-0,99
% Ete								
0	19,71	8,99	40,4%	106882,67	44,79	186,80	10,53	-
50	19,45	10,86	52,5%	94216,74	48,39	212,33	5,48	-0,14
100	23,97	15,63	67,8%	108989,39	57,11	235,13	4,62	1,33
Metodi irrigui								
Spruzzo	19,56	10,69	52,1%	96432,74	43,07	208,99	6,52	-0,35
Goccia	22,56	12,98	55,1%	110426,40	57,18	213,90	7,23	1,54

Tab. 22 - dati produttivi 2018: medie dei trattamenti

La ripartizione % per classi di calibro è riportata nelle tabelle 23, per tutti i trattamenti testati, e 24 per le medie degli effetti semplici.

portinnesti	Irrigazione	%Ete	% Sottomisura	%55-60	%60-65	%65-70	%70-75	%75-80
Farold	Spruzzo	0	9,92	34,44	30,53	20,82	3,58	0,71
Farold	Spruzzo	50	7,47	24,25	22,79	31,25	9,88	4,36
Farold	Spruzzo	100	3,80	18,48	23,62	34,40	13,61	6,09
Farold	Goccia	0	6,03	27,47	27,63	28,34	8,00	2,53
Farold	Goccia	50	3,42	24,70	22,03	33,18	11,24	5,43
Farold	Goccia	100	3,06	24,72	25,30	30,85	11,34	4,74
MC	Spruzzo	0	5,73	20,72	25,02	28,63	12,85	7,06
MC	Spruzzo	50	7,70	34,97	29,01	25,99	1,09	1,25
MC	Spruzzo	100	11,43	20,27	13,05	37,62	7,35	10,28
MC	Goccia	0	39,45	44,99	10,33	2,45	2,78	0,00
MC	Goccia	50	1,92	18,09	28,84	35,31	13,12	2,72
MC	Goccia	100	0,55	11,45	11,04	40,92	19,86	16,19
MH	Spruzzo	0	13,07	44,95	23,17	15,40	2,38	1,03
MH	Spruzzo	50	1,57	10,76	24,18	36,16	17,22	10,12
MH	Spruzzo	100	0,20	8,79	19,28	27,66	21,15	22,93
MH	Goccia	0	1,74	14,53	21,10	43,26	15,13	4,24
MH	Goccia	50	3,43	14,98	23,48	27,13	21,94	9,03
MH	Goccia	100	0,00	2,96	15,16	22,65	21,82	37,42
Sydo	Spruzzo	0	1,26	9,74	14,84	37,03	19,86	17,28
Sydo	Spruzzo	50	0,24	21,18	21,89	30,84	14,25	11,59
Sydo	Spruzzo	100	0,00	15,30	8,92	29,75	19,54	26,49
Sydo	Goccia	0	13,68	25,16	16,38	28,67	9,82	6,29
Sydo	Goccia	50	0,34	5,59	26,35	25,19	30,91	11,61
Sydo	Goccia	100	1,46	5,09	10,82	39,65	19,23	23,75

Tab. 23 - ripartizione percentuale per classi di calibro: dati completi

PI	% Sottomisura		%55-60		%60-65		%65-70		%70-75		%75-80	
portinnesti												
Farold	5,62	b	25,68	a	25,32	a	29,81	a	9,61	b	3,98	b
MC	11,51	a	25,48	a	19,53	ab	28,11	a	9,24	b	6,13	b
MH	3,01	b	15,30	b	21,04	ab	29,40	a	16,96	a	14,29	a
Sydo	2,83	b	13,68	b	16,53	b	31,85	a	18,94	a	16,17	a
%ETe												
0	11,31	a	27,26	a	21,07	a	25,87	b	9,50	b	5,00	b
50	3,28	b	19,40	b	24,78	a	30,61	ab	14,88	a	7,05	b
100	2,63	b	13,56	b	15,98	b	32,97	a	16,62	a	18,25	a
Metodi irrigui												
Spruzzo	5,05	b	21,55	a	21,32	a	29,90	a	12,08	b	10,10	a
Goccia	6,44	a	18,56	b	19,88	b	29,73	a	15,29	a	10,10	a

Tab. 24 – ripartizione percentuale per classi di calibro: media dei trattamenti

Coerentemente con il maggior peso medio, Sydo e MH mostrano anche uno spostamento del diametro dei frutti verso le classi di calibro maggiore (da 70-75 mm in su), significativo rispetto agli altri portinnesti. Al contrario sono significativamente superiori le % sotto il calibro 60 mm in Farold e MC.

Risulta marcata anche l'influenza dell'irrigazione sulla pezzatura dei frutti: il test presenta meno frutti di calibro sopra i 65 mm rispetto ai trattamenti irrigui, che si differenziano tra loro in particolare per la % di frutti superiori a 75 mm. Tendenzialmente i frutti irrigati a goccia presentano una distribuzione delle classi di calibro più spostata verso i diametri maggiori rispetto alla micro-aspersione.

In tabella 25 è riportata la stima del ritorno a fiore, rilevato alla ripresa vegetativa, contando il numero di gemme miste su 5 branchette per pianta, di cui è stata misurata la sezione: i risultati sono conseguenti alla gestione irrigua dell'intero periodo 2014-2018, dove si erano registrate differenze di resa in funzione della diversa entrata in produzione dei quattro portinnesti.

L'irrigazione non sembra aver influito sull'induzione a fiore, né per quanto riguarda il volume che per il sistema irriguo. Tra i portinnesti invece si rileva una carica di gemme a fiore proporzionale alla vigoria del portinnesto, analogamente al diametro della branca: il rapporto tra numero di gemme per unità di sezione della branca mostra differenze significative tra i portinnesti, con valori più elevati in ordine di vigoria, Farold, Sydo, MH e per ultimo MC.

	Gemme a fiore		Diametro Branca (mm)		Area Branca (cm ²)		Gemme/cm ²	
Portinnesti								
FAROLD	23,9	a	23,5	a	4,6	a	5,6	a
MC	8,4	c	16,6	c	2,2	c	4,1	b
MH	14,8	b	20,7	b	3,5	b	4,6	b
SYDO	17,2	b	19,9	b	3,2	b	5,6	a
% Ete								
0	15,7	a	19,9	a	3,3	a	5,1	a
50	16,0	a	20,1	a	3,3	a	4,8	a
100	16,4	a	20,5	a	3,5	a	5,1	a
Metodo Irriguo								
Goccia	15,3	a	20,2	a	3,4	a	4,8	a
Spruzzo	16,8	a	20,2	a	3,4	a	5,2	a

Tab. 25 – stima del ritorno a fiore nel 2018

In tabella 26 sono riportati i rilievi della lunghezza dei germogli effettuati durante la stagione e il tasso di accrescimento dei germogli, ottenuto dividendo l'accrescimento tra il primo e l'ultimo rilievo per il numero dei giorni intercorsi.

	21/05/2018		02/07/2018		20/09/2018		AGR stagionale (mm/giorno)	
Portinnesti								
FAROLD	19,69	a	47,06	a	48,32	a	0,23	b
MC	19,37	a	35,71	b	37,70	c	0,15	c
MH	15,91	b	40,45	b	43,19	bc	0,22	b
SYDO	17,00	b	49,48	a	51,61	a	0,28	a
% Ete								
0	17,37	a	46,47	a	47,87	a	0,25	a
50	18,02	a	39,60	b	41,42	a	0,19	b
100	18,59	a	43,46	ab	46,32	a	0,23	ab
Metodo Irriguo								
ASP	16,72	b	39,33	b	40,96	b	0,20	b
GO	19,26	a	47,02	a	49,45	a	0,25	a

Tab. 26 – tasso di accrescimento dei germogli nel 2018

Tra i portinnesti il Farold, pur essendo il più vigoroso, mostra una spinta vegetativa inferiore a Sydo, ma comunque superiore a MC e MH: ciò si potrebbe spiegare col fatto che nel 2018 il Farold ha fatto registrare una carica di frutti superiore agli altri portinnesti, che ha determinato una maggior competizione all'accrescimento dei germogli. Per quanto riguarda i volumi irrigui, la stagione relativamente piovosa ha determinato un maggior allungamento dei germogli nel controllo non irrigato, che era più scarico di frutti, mentre tra i metodi irrigui le piante irrigate a goccia hanno mostrato una maggior velocità di allungamento dei germogli.

Analogamente è stato misurato il tasso di crescita dei frutti durante la stagione, sia in diametro che in peso del frutto (tab. 27): tra i portinnesti Sydo e MH confermano una maggior spinta a livello di velocità di crescita dei frutti.

L'irrigazione a goccia sembra aumentare tendenzialmente in misura significativa la velocità di crescita in diametro, così come si rilevano differenze imputabili ai volumi irrigui: il test ovviamente ha presentato frutti di pezzatura inferiore ai trattamenti irrigui, per cui di conseguenza è risultata inferiore anche la velocità di crescita nel corso della stagione, mentre non si sono evidenziati differenze tra il 50% rispetto al 100% di restituzione dei consumi.

	06/07/2018		20/07/2018		14/08/2018		AGR stagionale (mm/giorno)	
Portinnesti								
FAROLD	49,00	b	54,50	b	64,22	bc	0,39	b
MC	47,70	b	54,53	b	63,51	c	0,41	b
MH	48,81	b	56,00	b	66,11	b	0,44	a
SYDO	50,96	a	58,45	a	68,75	a	0,46	a
% Ete								
0	47,81	b	53,98	b	62,56	b	0,38	b
50	49,58	a	56,49	a	66,56	a	0,44	a
100	49,96	a	57,13	a	67,83	a	0,46	a
Metodo Irriguo								
ASP	49,25	a	55,91	a	65,15	a	0,41	b
GO	48,98	a	55,83	a	66,14	a	0,44	a

Tab. 27 – tasso di accrescimento dei frutti nel 2018

In tabella 28 sono infine riportati i valori dei parametri biometrici, diametro del tronco, e peso della legna di potatura, rilevati dopo l'ultima annualità di progetto, durante il riposo vegetativo delle piante.

Tra i portinnesti l'MC, il meno vigoroso, presenta ovviamente il minor diametro del tronco; al contrario il Farold, franco clonato di maggior vigoria, ha il diametro più elevato e il maggior residuo di potatura.

Non si rilevano invece differenze significative di vigoria imputabili ai metodi irrigui, né alle diverse restituzioni dei consumi, che non si sono differenziate dal testimone asciutto.

	Diametro Tronco (mm)		Peso Potatura (kg/pianta)	
Portinnesti				
FA	81,50	a	3,78	a
MC	53,64	c	0,50	c
MH	66,57	b	1,00	bc
SY	63,59	b	1,19	b
% Ete				
0	64,62	a	1,47	a
50	66,56	a	1,79	a
100	67,80	a	1,60	a
Metodi irrigui				
Spruzzo	66,89	a	1,47	a
Goccia	65,76	a	1,76	a

Tab. 28 – rilievi biometrici durante il riposo vegetativo 2018

RILIEVO DEGLI APPARATI RADICALI

Al termine del triennio 2016-18 è stata infine effettuata una stima del volume di terreno esplorato dagli apparati radicali (a cura del CER), in data 8/10/2018, prelevando dei cilindri di terreno di volume noto in una griglia bi-dimensionale posizionata in corrispondenza di una pianta rappresentativa delle 12 combinazioni portinnesto/trattamento, a partire dall'asse del filare con step di 20 cm fino a 1 metro di distanza e a 1 metro di profondità. Si è poi proceduto a separare le radici dalla terra, essicarle in stufa a 70°C per 72 ore, e determinarne il peso in sostanza secca per unità di volume.



Scavo dei campioni di terra e radici



Campioni di terreno prelevati nel Farold irrigato a goccia

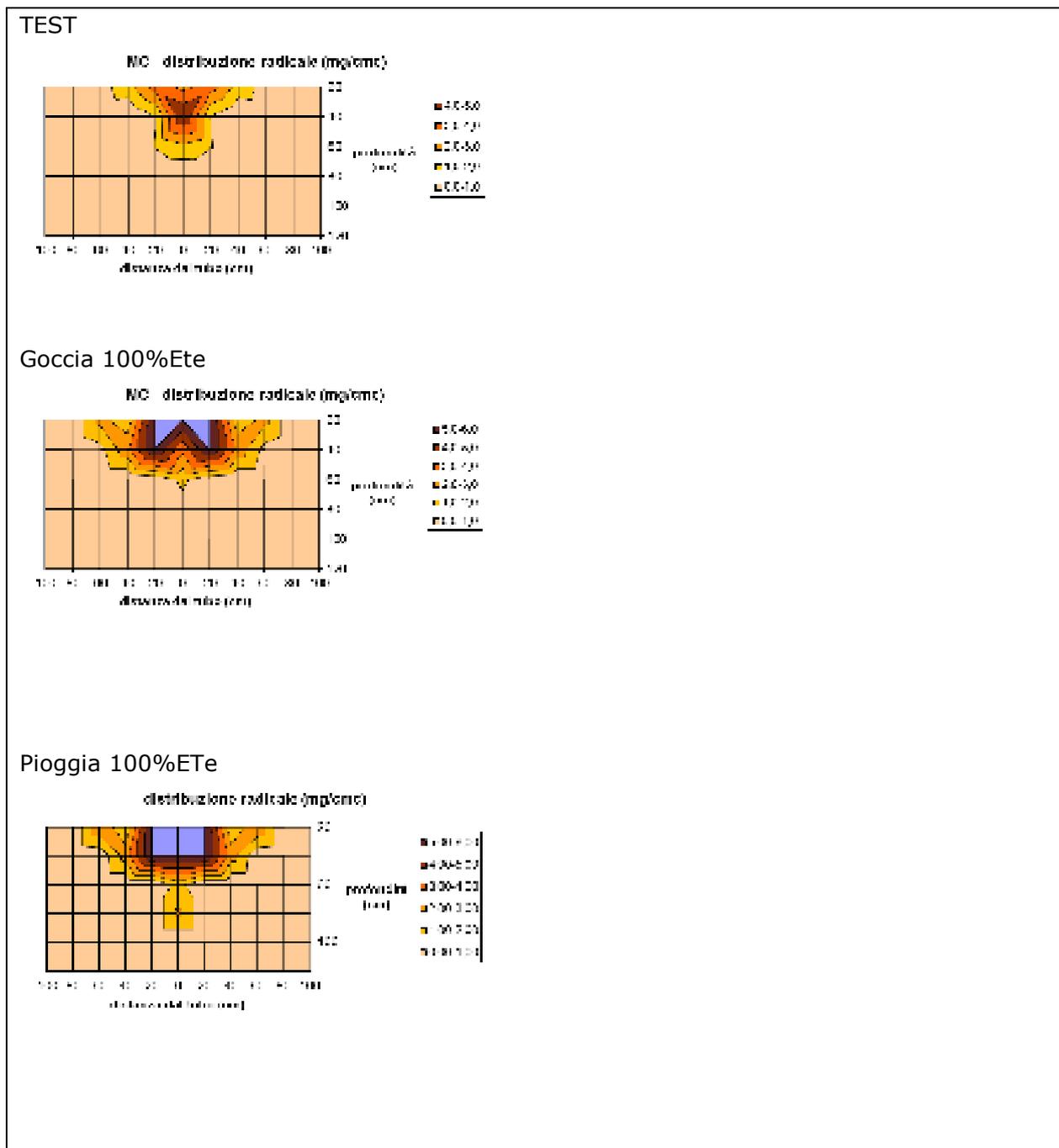


Campioni di terreno prelevati nell'MC irrigato a goccia

Le caratteristiche comportamentali e di adattabilità dei quattro portinnesti MC, MH, Sydo e Farold, sono note e, rispettivamente, hanno sistemi radicali e vigorie via via crescenti secondo l'ordine indicato. In particolare, MC è un portinnesto caratterizzato da un sistema radicale superficiale e debole che induce sulle piante una ridotta vigoria ma una rapida entrata in produzione. L'MH e il Sydo hanno un apparato radicale medio superficiale e fascicolato, una vigoria medio-scarso e una precoce messa a frutto. Infine, il Farold è dotato di un apparato radicale profondo e fittonante che induce un'elevata vigoria nelle piante ma l'entrata in produzione è ritardata. I risultati ottenuti, oltre a confermare il

comportamento dei quattro portinnesti messi a confronto, hanno permesso di mettere in evidenza anche l'interazione tra portinnesto e i differenti sistemi e regimi idrici: restituzione del 100% dell'Ete sia mediante impianto di irrigazione a micro-portata che a mini-aspersione e un testimone asciutto.

Nei grafici relativi a MC (fig. 21), si osserva un minor sviluppo delle radici del testimone asciutto in particolare in larghezza, sia rispetto a quelle irrigate a goccia, che a quelle irrigate a pioggia. Queste ultime sono meno concentrate rispetto alla goccia, arrivando ad esplorare fino a 90 cm di profondità.



Nei grafici relativi a MH (fig. 22), si osserva un maggior volume di terreno esplorato rispetto a MC; anche qui è minor lo sviluppo delle radici del testimone asciutto rispetto ai trattamenti irrigui. Le piante irrigate a goccia presentano un apparato radicale più espanso in larghezza, fino a 60 cm di profondità, mentre quelle irrigate a pioggia mostrano una maggior tendenza ad approfondirsi fino a un metro.

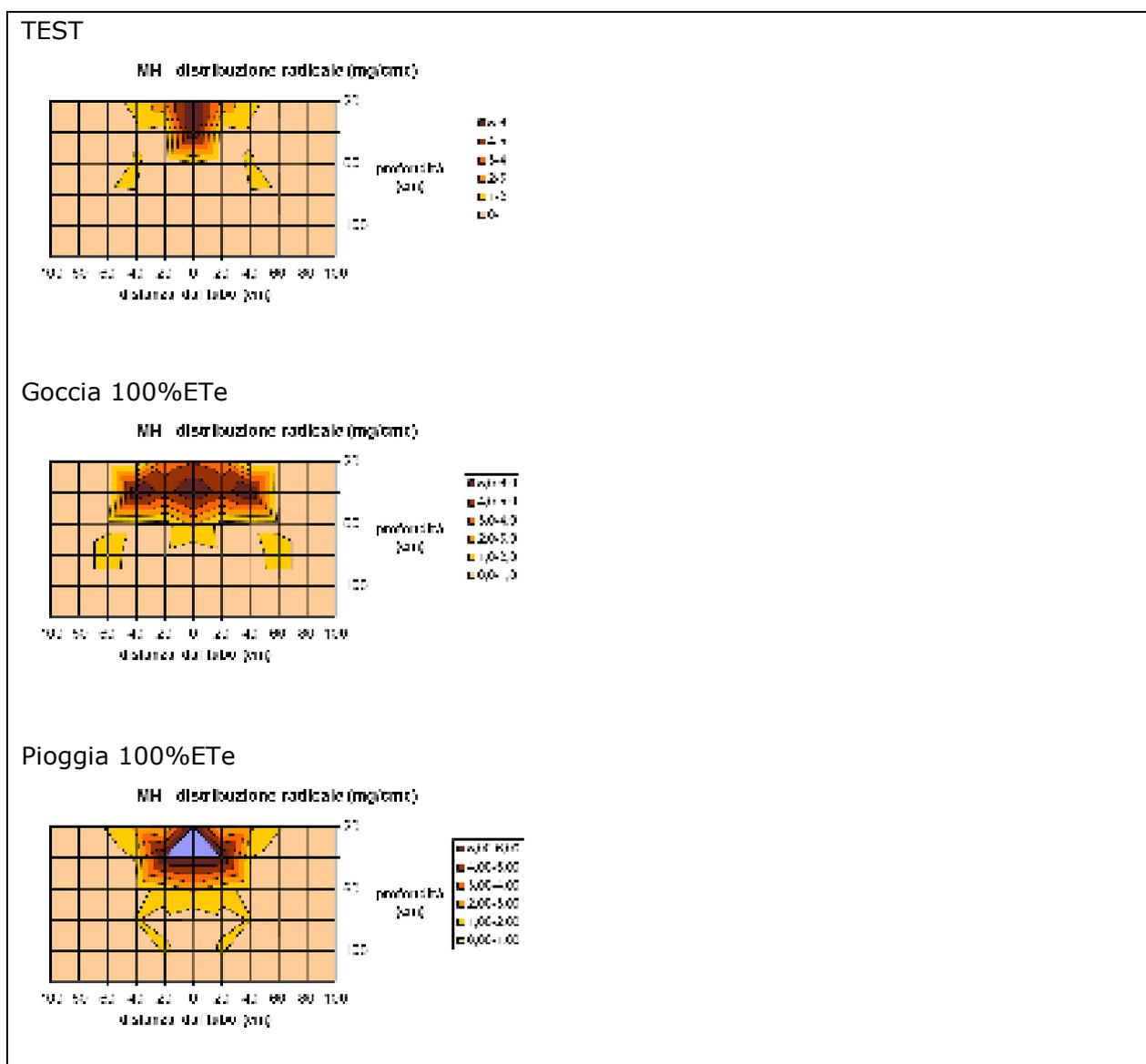


Fig. 22 - Rappresentazione dell'apparato radicale del cotogno MH nei differenti trattamenti

Nei grafici relativi a Sydo (fig. 23), portinnesto più vigoroso dei precedenti, si osserva invece un buon sviluppo delle radici anche nel testimone asciutto, alla ricerca di strati di terreno più umidi.

Le piante irrigate a goccia presentano un apparato radicale più stretto ed espanso in profondità, fino a un metro, mentre quelle irrigate a pioggia mostrano una maggior tendenza ad allargarsi, senza approfondirsi oltre i 60 cm.

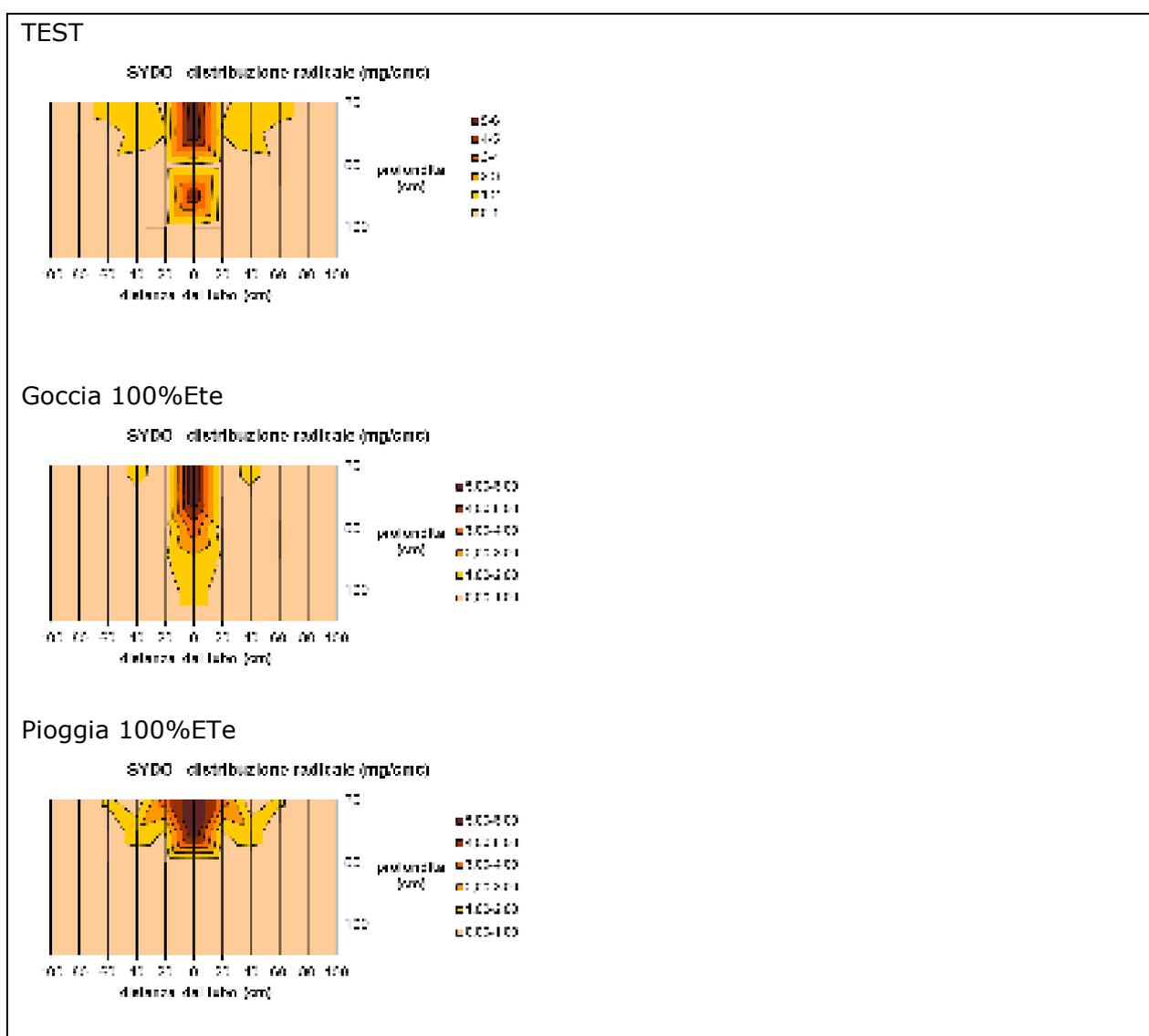
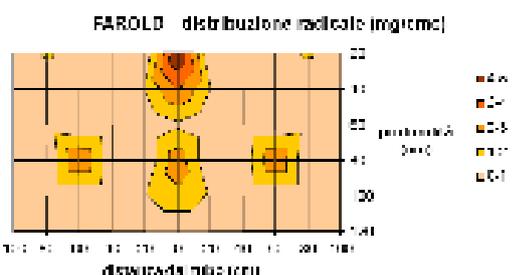


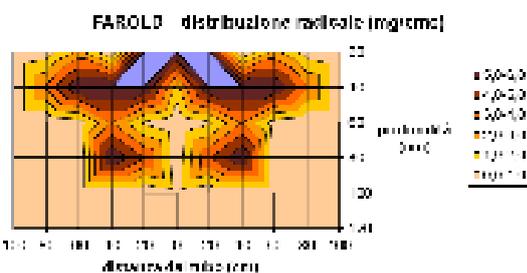
Fig. 23 - Rappresentazione dell'apparato radicale del Sydo nei differenti trattamenti

Nei grafici relativi a Farold infine (fig. 24), viene evidenziata la maggior vigoria del portinnesto, indipendentemente dai trattamenti irrigui. Il test esplora un volume di terreno analogo alle tesi irrigate, ma decisamente più rado; le piante irrigate a goccia presentano un apparato radicale di notevole densità, sviluppato sia in profondità che in larghezza, fino a 80-100 cm, mentre quelle irrigate a pioggia evidenziano un aspetto più fittonante, espandendosi fino oltre i 100 cm di profondità.

TEST



Goccia 100%Ete



Pioggia 100%Ete

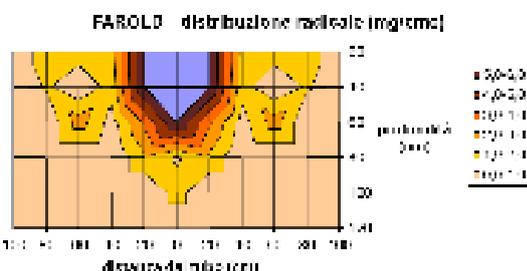


Fig. 24 – Rappresentazione dell'apparato radicale del Farold nei differenti trattamenti

CONCLUSIONI

L'azione si prefiggeva di mettere a punto i parametri di IRRINET relativamente ai volumi di adacquata in funzione dei sistemi irrigui (goccia e aspersione) e della vigoria dei portinnesti nel pero.

Tutte le attività previste dal protocollo sperimentale del progetto sono state portate regolarmente a termine dalle diverse unità operative coinvolte (CER, Unibo - Dipsa e Fondazione F.lli Navarra).

Al termine del triennio 2016-18, i risultati ottenuti hanno consentito di trarre le seguenti conclusioni:

- tendenzialmente sono emerse differenze nella risposta all'irrigazione dei diversi portinnesti: MC, poco vigoroso, esplorando un volume ridotto di terreno, non può prescindere dall'irrigazione per ottenere rese economicamente sostenibili, e di pezzatura commerciale. Stesso discorso per Farold, per opposte ragioni: essendo molto vigoroso, necessita di irrigazione in modo da contrastare il rigoglio vegetativo e ottenere produzioni di rilievo. Sydo e MH riescono ad ottenere discrete produzioni anche in condizioni di limitato soddisfacimento idrico e si avvantaggiano meno dell'irrigazione, in termini di incremento percentuale rispetto al controllo non irrigato. Sono quindi consigliabili in ambienti di limitate risorse idriche, o in risposta al cambiamento climatico e ad una tendenziale riduzione dell'acqua a disposizione per le colture.
- Da una valutazione complessiva dei dati (dal 2011, anno di impianto, ad oggi), MH è risultato il portinnesto con le migliori performance produttive commerciali, confermando quanto visto fin dall'entrata in produzione del frutteto. Si è dimostrato in grado di garantire una buona carica di frutti, di elevata pezzatura. Insieme a Sydo presenta frutti di calibro più elevato all'opposto di MC, che notoriamente penalizza la pezzatura, e di Farold, che produce un gran numero di frutti/pianta, ma di peso medio più contenuto.
- MH, e in parte anche Sydo, presentano peraltro maggiori problemi di asfissia radicale da eccessi idrici e cattivo drenaggio (problema spesso presente nei periodi autunno vernini nell'areale ferrarese) con una diffusa moria delle piante.
- L'irrigazione ha determinato un significativo incremento di resa totale, più evidente nel biennio 2017-18, ancora più marcato se consideriamo la sola produzione commerciale: tale incremento è dovuto ad un aumento significativo di pezzatura, a parità di carico di frutti/pianta.
- Le differenze tra la piena restituzione dei consumi e la tesi irrigata al 50% dell'Ete invece non sono sempre evidenti: nessuna differenza nel 2016, nel 2017 solo in termini di incremento di pezzatura, solo nel 2018 come resa e pezzatura. Non si sono mai registrate differenze in termini di vigoria delle piante e di differenziazione delle gemme a frutto.
- Anche il sistema irriguo non sembra influenzare i dati produttivi e la risposta della pianta, a dimostrazione che una corretta gestione degli interventi irrigui, fatta con il modello IRRINET, è in grado di ottenere i medesimi risultati produttivi, a parità di volumi irrigui: solo l'ultimo anno le piante irrigate a micro-aspersione hanno mostrato una maggior stanchezza, con performance produttive leggermente inferiori a quelle irrigate a goccia.
- I risultati del triennio hanno mostrato una buona precisione del modello IRRINET nella stima dei consumi della coltura, con una buona corrispondenza tra valori

stimati e i rilievi di umidità del terreno. Sono invece state confermate le modifiche al modello relativamente all'età del frutteto e all'entrata in produzione, in funzione della vigoria del portinnesto, alla luce dei risultati descritti. Già dopo tre anni dall'impianto, i portinnesti deboli avevano presentato produzioni di un certo rilievo, mentre per quelli vigorosi come il Farold è stato necessario attendere almeno il dopo quinto-sesto anno per avere una produzione importante. Solo nel 2018 è risultato superiore agli altri.

- L'indice IPL messo a punto da Unibo nel biennio 2016-17 si è dimostrato un buon indicatore delle funzionalità fisiologiche delle piante per la valutazione degli stress idrici. Le indicazioni scaturite dai 2 anni di prova potrebbero in futuro consentire la realizzazione/implementazione di strumentazioni ad-hoc a basso costo per una valutazione in tempo reale dello stato idrico della pianta. Ciò permetterebbe sostanziali riduzioni dei tenori irrigui utilizzati in appezzamenti di pero.

AZIONE 3.2

MESSA A PUNTO DELLA TECNICA ULTRA LOW DRIP IRRIGATION SULLE POMACEE

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO:

Per la prova agronomica finalizzata alla messa a punto della tecnica dell'Ultra Low Drip Irrigation (ULDI) mediante ali gocciolanti interrate su PERO e MELO, è stato impiegato un apposito frutteto messo a dimora nel 2014 all'azienda Sperimentale Marsili del Consorzio di Bonifica del CER, sita a Mezzolara di Budrio (Bo), specializzata in attività di ricerca e sperimentazione in tecniche e tecnologie irrigue: la sperimentazione si è svolta nel triennio 2016-2018, interamente gestita da personale CER.

Il frutteto è stato appositamente impiantato con finanziamento regionale del Bando Sisma (LR. 28/98), partendo pertanto da un frutteto ex-novo, per una serie di esigenze sperimentali.

- ❖ I vantaggi della tecnica dell'ULDI vengono enfatizzati dalla possibilità di interrimento delle ali gocciolanti: la posa delle ali su un frutteto adulto porterebbe alla inevitabile rottura degli apparati radicali esistenti, compromettendo la funzionalità delle piante e inficiando i risultati sperimentali successivi.
- ❖ Gli apparati radicali di piante adulte hanno già risentito dell'influenza del sistema irriguo e della gestione delle irrigazioni pregresse, che sono in grado di modificare l'architettura delle radici, come provato da innumerevoli riscontri sperimentali, molti condotti anche dal CER (Mannini et al., 1996).

Per ciascuna coltura, sono stati messi a confronto, in un blocco a randomizzazione completa, con 4 ripetizioni:

2 sistemi di irrigazione:

- Irrigazione a goccia tradizionale (TR).
- Ultra Low Drip Irrigation (ULDI) (irrigazione a goccia innovativa, a bassissima portata), con ali interrate.

2 restituzioni irrigue:

- 100% Ete, seguendo il bilancio idrico del sistema esperto IRRINET
- 70% Ete, seguendo il bilancio idrico del sistema esperto IRRINET

Il frutteto è stato messo a dimora nell'inverno 2014, tra i mesi di gennaio e febbraio: è costituito da 7 filari lunghi circa 130 metri, di pero cv. Abete Fetel, su un portinnesto di media vigoria, cotogno MH, e altrettanti filari di melo, cv. Fuji su portinnesto debole, M9. La scelta delle varietà e dei portinnesti è legata alla loro diffusione ed importanza nel panorama frutticolo regionale, nella mesa dimora di nuovi impianti.

Il sesto di impianto è di 3.8 x 0.83 m per il pero (3170 piante/ha) e 3.8 x 1.0 m per il melo (2632 piante/ha).

L'interfilare è stato seminato e mantenuto inerbito, mentre la pulizia dalle infestanti sottili viene garantita mediante diserbo localizzato.

Per il 2014, al primo anno dopo la messa a dimora delle piante, per favorire uno sviluppo uniforme dell'architettura delle piante, è stato predisposto un impianto irriguo a goccia interrato, indifferenziato per tutto l'appezzamento, utilizzando ali gocciolanti

autocompensanti con punti goccia da 1.6 l/ora, passo 40 cm, in grado di fornire una pluviometria di 1.05 mm/ora.

L'impianto descritto è stato pensato anche per la distribuzione dei concimi in fertirrigazione in maniera indifferenziata per gli anni successivi.

Nel 2015 è stato poi messo a dimora l'impianto irriguo sperimentale, per differenziare i trattamenti irrigui a partire dal secondo anno di progetto.

Sulla tesi a goccia tradizionale sono stati adottati gocciolatori on-line, di tipo autocompensante, da 4 litri/ora, inseriti su un tubo di polietilene BD PN4 diametro 16 mm, impalcato a 70-80 cm da terra; sono stati inseriti due gocciolatori per ciascuna pianta, con una pluviometria risultante rispettivamente di 2.54 e 2.1 mm/ora per il pero e per il melo, avendo differenti distanze tra le piante lungo la fila.

Il turno irriguo è stato indicativamente al massimo di 2-3 giorni, con volumi di 8-12 mm, seguendo le indicazioni del bilancio idrico di IRRINET per l'irrigazione a goccia.

La tecnica innovativa dell'ULDI prevede invece un elevato numero di punti di erogazione a bassissima portata, in modo da consentire una miglior efficienza nell'uso dell'acqua (more crop per drop). Sono state impiegate ali gocciolanti autocompensanti con punti di erogazione da 1.6 litri/ora, con passo di 20 cm, con una pluviometria corrispondente a 2.105 mm/ora. Le ali sono state interrate a circa 10-20 cm di profondità, in modo da ridurre l'evaporazione dalla superficie del suolo ed avvicinare l'acqua direttamente alle radici. L'elevato numero di punti goccia evita "l'effetto chiodo", cioè la percolazione di acqua in profondità con perdite idriche e di elementi fertilizzanti. La bassissima portata dovrebbe portare ad un'erogazione cronologicamente coincidente con il consumo della coltura, con massima efficienza dell'uso dell'acqua e riduzione delle perdite sotto lo strato di terreno colonizzato dalle radici.

La bassissima portata è stata ottenuta con un elevato frazionamento del turno irriguo, variabile in funzione dei volumi giornalieri che si vogliono distribuire, fino ad un massimo di 14' alternati a 46' di pausa, in modo da prolungare al massimo i tempi di irrigazione, mediante l'impiego di elettrovalvole, poste in testata delle linee adduttrici. Sono stati previsti 12 intervalli di funzionamento dell'impianto al giorno, dalle 9:00 del mattino, fino alle 20:00 di sera. 14' per 12 partenze, corrispondono a 2.58 ore di funzionamento al giorno, che con la portata di 2.105 mm/ora garantiscono un volume di adacquata di 6 mm/giorno: per ridurre il volume in funzione della richiesta evaporimetrica, è sufficiente agire sulla centralina che regola gli orari di funzionamento.

Le ali gocciolanti adottate sono del tipo CNL, compensative not leakage, "antigocciolamento", ovvero con i punti goccia che cessano l'erogazione quando l'impianto si spegne e la pressione cala sotto una certa soglia: questo consente di evitare lo svuotamento delle linee quando viene interrotta l'irrigazione, garantendo una immediata ripresa dell'erogazione d'acqua al riavvio dell'impianto.

In questo modo è stato possibile garantire una prolungata distribuzione dell'acqua al frutteto, senza dover impiegare gocciolatori a bassissima portata, che necessiterebbero di un filtraggio molto più spinto di quello normalmente adottato per gli impianti a goccia, e che comunque comporterebbero rischi di occlusione dei punti goccia, in particolare per impianti a servizio di colture arboree che debbono garantire un buon funzionamento per diversi anni.

Per entrambe le tesi il criterio di decisione sul volume utilizzato per l'irrigazione si è basato sul bilancio idrico, seguendo le indicazioni di IRRINET, servizio il cui funzionamento è già stato descritto in precedenza nell'azione 2.

Per la stima dell'evapotraspirazione effettiva (Ete) ci si avvale della relazione $Ete = ETo \times Kc$.

I coefficienti colturali (Kc) per il pero e per il melo con interfilare inerbito sono di seguito riportati.

PERO

Fenofase	Kc
gemme in riposo invernale	0.45
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	0.5
caduta petali: fase piena (> 50%)	0.6
ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%)	0.8
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	0.8
frutti maturi: inizio fase (0-5%)	0.8
frutti maturi: fase piena (>50%)	0.8
caduta foglie: inizio fase (0-5%)	0.6
caduta foglie: fase piena (> 50%)	0.4

MELO

Fenofase	Kc
gemme in riposo invernale	0.45
comparsa dei mazzetti fiorali: inizio fase (0-5%)	0.5
mazzetti divaricati: fase piena (> 50%)	0.75
allegagione: fase piena (> 50%)	0.8
ingrossamento dei frutti: fase piena (> 50%)	0.9
frutti completamente sviluppati: inizio fase (0-5%)	0.9
frutti completamente sviluppati: fase piena (> 50%)	0.9
frutti maturi: fase piena (> 50%)	0.9
caduta foglie: inizio fase (0-5%)	0.6
caduta foglie: fase piena (> 50%)	0.4

Questi coefficienti, riferiti a piante adulte, vengono ridotti nei primi anni di impianto in funzione dell'età del frutteto (riduzioni pari al 40% all'anno di impianto, e 20% il secondo anno, per entrambe le specie su portinnesti deboli).

Per ogni coltura la lunghezza del ciclo colturale, l'approfondimento dell'apparato radicale e il cambio delle fenofasi è funzione della sommatoria gradi giorno (sia per il pero che per il melo lo zero termico è pari a 5°C e lo strato di terreno considerato raggiunge un massimo di 50 cm).

Gli apporti della falda ipodermica sono quelli rilevati dalle stazioni della rete di rilevamento regionale, le costanti idrologiche sono ricavate con apposite pedofunzioni derivate dai parametri di tessitura del terreno rilevati nella azienda in prova.

In particolare l'Az. Marsili, ubicata nel comune di Budrio (Bo), ricade nel quadrante meteo 1539 – S. Giovanni in Triaro, e la stazione della falda di riferimento è quella denominata 19BO Marsili, ubicata proprio nell'azienda, in grado quindi di garantire un controllo della falda con la miglior puntualità di lettura. Il terreno della prova, di medio impasto, presenta percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente di 44.23, 37.04 e 18.73%, a cui corrisponde una percentuale d'acqua disponibile alla Capacità Idrica di Campo pari al 30.4% del volume di terreno, calcolato a 0.33 bar, ed un Punto di Appassimento pari al 14.3% a 15 bar.

Su uno strato di terreno di 50 cm, in considerazione della profondità dell'apparato radicale delle due colture, equivale ad un contenuto idrico di 152 mm e 71.4 mm rispettivamente alla CIC e al PA.

Per ottenere risultati capaci di permettere una migliore analisi critica delle vere possibilità di risparmio idrico dell'itinerario colturale ULDI, entrambi i confronti sono stati effettuati anche con dosi irrigue teoricamente sub ottimali (70% del massimo individuato), ovvero potenzialmente più idonee alla riduzione delle necessità idriche indotte dall'insieme delle tecniche di risparmio inserite nell'itinerario.

Lo schema sperimentale previsto è a blocchi randomizzati, con quattro repliche per ciascuna delle quattro tesi, per un totale di 16 parcelle di 11 e 10 piante per pero e melo rispettivamente, di cui sei per il pero e quattro per il melo sono state oggetto di indagine biometrica e produttiva: ogni tesi è stata guidata da una apposita elettrovalvola, in modo da regolare in maniera autonoma tempi e volumi di irrigazione.

Nello schema seguente sono evidenziati in sintesi i due itinerari tecnici a confronto:

PERO	Irrigazione a goccia tradizionale (TR)	Ultra Low Drip Irrigation (ULDI) interrata
Cultivar	Abete FETel / MH	Abete Fetel / MH
Forma allevamento	Fusetto	Fusetto
Sesto impianto	3.8 x 0.83 m	3.8 x 0.83 m
Sistema irriguo	Goccia on line: 2 erogatori autocompensanti per pianta da 4 l/h di alta qualità	Ala gocciolante CNL integrale interrata (SDI) di alta qualità - erogatori da 1.6 l/h, passo 20 cm
Criterio int. irriguo	IRRINET	IRRINET
Frequenza irrigua	Ogni 2-3 giorni o soglie di 8-12 mm	Fino a 12 interventi giornalieri per simulare Ultra low drip irrigation interrata (ULDI-SDI)
Dosi irrigue	70% e 100% ETC	70% e 100% ETC

MELO	Irrigazione a goccia tradizionale (TR)	Ultra Low Drip Irrigation (ULDI) interrata
Cultivar	Fuji/M9	Fuji/M9
Forma allevamento	Fusetto	Fusetto
Sesto impianto	3.8 x 1 m	3.8 x 1 m
Sistema irriguo	Goccia on line: 2 erogatori autocompensanti per pianta da 4 l/h di alta qualità	Ala gocciolante CNL integrale interrata (SDI) di alta qualità - erogatori da 1.6 l/h, passo 20 cm
Criterio int. irriguo	IRRINET PLUS	IRRINET PLUS
Frequenza irrigua	Ogni 2-3 giorni o soglie di 8-12 mm	Fino a 12 interventi giornalieri per simulare Ultra low drip irrigation interrata (ULDI-SDI)
Dosi irrigue	70% e 100% ETC	70% e 100% ETC

Rilievi effettuati

Nel 2014 è stata effettuata la messa a dimora del frutteto, con irrigazioni indifferenziate per garantire l'attecchimento delle giovani piantine. All'inizio e al termine della prima stagione sono state effettuate solo le misure biometriche per verificare l'omogeneità delle piante e definire le parcelle sperimentali.

A partire dal 2015 è stato progettato e posato l'impianto irriguo sperimentale, con i relativi automatismi, come descritto in precedenza.

Per ciascun trattamento sono stati posizionati i sensori per il rilievo dell'umidità del terreno, per la verifica dell'efficienza di applicazione dei due sistemi microirrigui a confronto.

Dal 2015 sono stati differenziati i sistemi irrigui e i trattamenti come da protocollo. Considerati i numerosi presupposti teorici, d'ordine fisiologico vegetale, agronomico, idraulico e pedologico che stanno alla base delle possibilità di risparmiare acqua con l'applicazione dell'ULDI, sono stati effettuati i seguenti rilievi:

Sul terreno.

Su ognuna delle 4 tesi a confronto (tradizionale: 70 e 100% ETC, ULDI, 70 e 100% ETC) sono state misurate le umidità del suolo durante l'intero ciclo colturale, sia mediante campioni gravimetrici, (13/4, 22/6, 4/7, 30/7, 17/8, 7/9, 30/9 nel 2016 - 3/4, 16/5, 5/6, 18/6, 25/6, 29/6, 9/7, 16/7, 30/7, 15/8 nel 2017, 28/3, 17/4, 15/5, 4/6, 20/6 nel 2018) che impiegando sensori.

Sono stati posizionate 8 stazioni, rispettivamente quattro per ciascuna coltura, per ciascuna delle quattro tesi. Pur con le difficoltà di misurazione corretta di un profilo di umidità in suoli soggetti a irrigazione a goccia, sono state effettuate misurazioni tese a verificare il minore o maggiore consumo indotto delle tesi a confronto e l'effettivo contenimento della percolazione nelle tesi soggette ad irrigazione tipo ultra low. Si è voluto inoltre valutare la bontà del modello di bilancio idrico IRRINET, usato per la stima dei consumi della coltura e per la gestione delle irrigazioni, e tarare di conseguenza i coefficienti colturali attualmente in uso per i frutteti in fase di allevamento.

Ogni stazione era costituita da un acquisitore di dati a cadenza oraria (Watch-dog della ditta Spectrum, alimentati a batteria), a cui sono stati connessi due sensori capacitivi di umidità di tipo FDR (modello Spectrum SC100) e un tensiometro (modello watermark).

I sensori di umidità del tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry), sono in grado di convertire un segnale elettrico in funzione del contenuto idrico del terreno, basandosi sul valore della costante dielettrica dell'acqua, che è molto superiore a quello della frazione solida e di quella gassosa degli interstizi tra le particelle del terreno: restituiscono un valore in millivolt, a cui corrisponde un differente contenuto volumetrico % di acqua, in funzione delle costanti idrologiche dei diversi tipi di terreno.

Prima della posa è stata fatta una taratura sito specifica dei sensori, prelevando un volume noto di terreno degli appezzamenti in prova, sottoposto ad un ciclo di bagnatura e asciugatura con volumi noti di acqua, rilevando l'umidità misurata e i corrispondenti valori in mvolt dei sensori.

Il sensore Watermark misura invece la tensione con cui l'acqua viene trattenuta dal terreno, funzione del suo contenuto idrico. Il valore, espresso in KPa o cbar, rappresenta la pressione negativa che le radici devono vincere per assorbire acqua: sono sensori di tipo resistivo, ovvero misurano la resistenza elettrica tra due elettrodi incorporati in una matrice di materiale poroso avvolta da una membrana sintetica, e non risentono della tipologia di suolo, a condizione però che lo strumento aderisca perfettamente al terreno e che trascorra un tempo sufficiente affinché entri in equilibrio. Il range del segnale di questa tipologia di sensori va da tensione 0 cbar, quando il terreno è alla capacità idrica massima, ovvero alla saturazione e l'acqua non è trattenuta dal terreno, a 20-30 cbar alla capacità idrica di campo, per salire progressivamente man mano che il terreno si asciuga, fino ad un fondo scala di 200 cbar.

Come noto, per ogni tipo di terreno esiste una precisa curva di ritenzione, definita come relazione tra contenuto idrico volumetrico e tensione corrispondente.

I sensori FDR sono stati posizionati a due profondità, rispettivamente a 20 cm, nello strato maggiormente colonizzato dalle radici, e a 50 cm in corrispondenza della profondità massima dello strato utile considerato da IRRINET rispettivamente per pero e melo; i tensiometri sono invece stati posizionati a 30 cm.

Sulla pianta.

All'inizio e alla fine di ogni anno sono stati effettuati i rilievi biometrici (sezione del tronco, volume della chioma e peso dei residui di potatura), in data 12/1/16, 11/3/16, 26/1/17, 15/3/17, 9/2/18, 16/11/18 e XX/YY/2019 per il melo, 15/1/16 - 3/2/16 e 25/1/17 e 30/1/17, 24/1/18, 13/11/18 e 18/1/2019 per il pero.

In tre momenti siccitosi del ciclo colturale, caratterizzati dalla massima domanda evapotraspirativa e dalla minore piovosità, sono state effettuate misure di tipo fisiologico sulla pianta per rilevare lo stato idrico della coltura, il 17 agosto 2016, il 3 agosto 2017 e il 3 agosto 2018. Le colture sono state sottoposte a misurazioni della temperatura superficiale fogliare all'infrarosso con calcolo del differenziale foglia/aria come Crop water stress index (CWSI).

Ogni anno, il 31/08/16-31/08/17-30/08/2018 per il pero e il 4/10/16-25/09/17-24/09/18 per il melo, è stata rilevata la produzione parcellare, e la ripartizione percentuale per classi di calibro commerciale, e calcolata la Water Use Efficiency (sostanza secca prodotta per litro d'acqua impiegata, sia di frutti che di legna di potatura).

RISULTATI PERO 2016

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 1 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 25 marzo fino al 31 agosto).

In tabella 1 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2016 è stato caratterizzato da precipitazioni abbondanti, ma perlopiù concentrate nei mesi primaverili, con 216 mm caduti nel trimestre aprile-giugno, e 85 mm nei mesi estivi (tre episodi temporaleschi tra luglio e agosto). I valori di evapotraspirazione, pur nella media climatologica, hanno tuttavia spesso superato i 6 mm/giorno, in particolare tra giugno e luglio: i volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza pari a 187.7 mm in 17 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 2 e 15 mm (mediamente 11 mm), contro un volume stagionale analogo, 173.1 mm per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 52 irrigazioni, con volumi variabili da 1.5 a 5 mm per intervento, spalmati in dodici ore al giorno, come descritto in precedenza.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	0,9	46,8	91,5	77,7	33,9	51,4	302,2
Eto (mm/giorno)	2,9	3,3	4,4	5,3	6,1	5,1	4,5
Ete (mm/mese) ULDI	6,1	33,6	59,7	76,6	116,9	118,4	411,3
deficit (mm) ULDI	5,2	-13,2	-31,8	-1,1	83,0	67,0	109,1
Ete (mm/mese) TR	6,1	33,6	59,7	76,6	116,9	118,4	411,3
deficit (mm) TR	5,2	-13,2	-31,8	-1,1	83,0	67,0	109,1
Irrigazione TR (mm)	0,0	0,0	0,0	47,3	76,1	64,2	187,7
Irrigazione ULDI (mm)	0,0	0,0	0,0	41,9	71,9	59,3	173,1

Tab. 1 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Marsili nel 2016

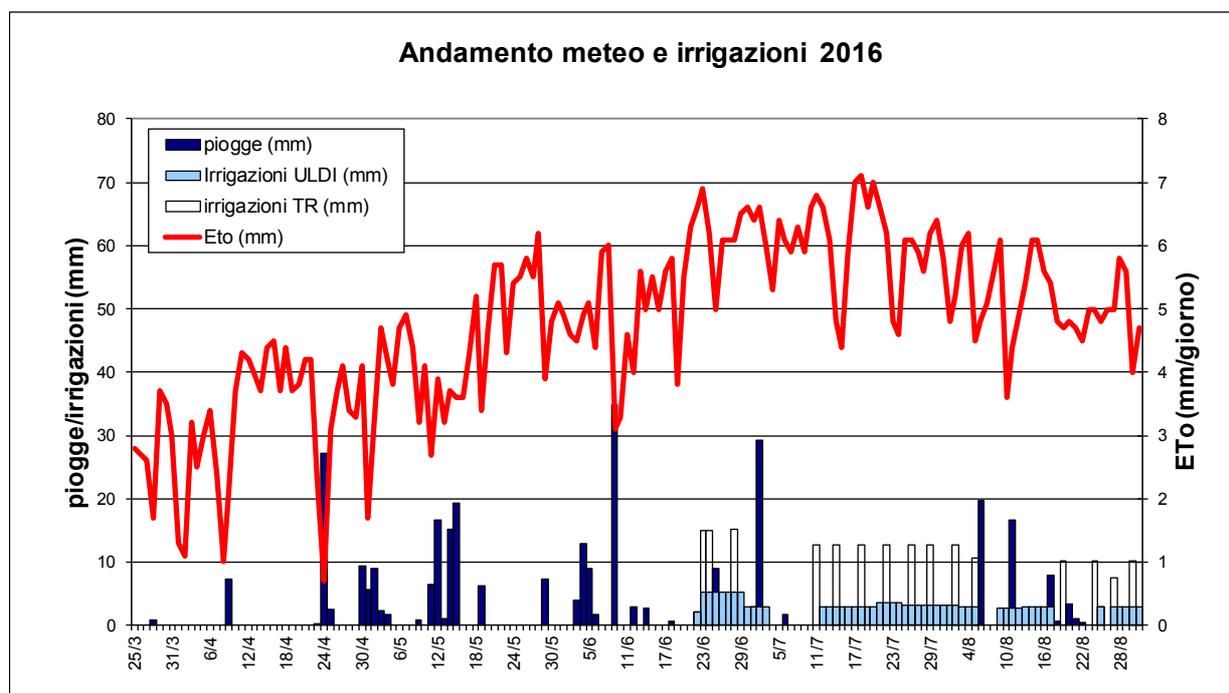


Fig. 1 – andamento meteo e irrigazioni del pero presso l'az. Marsili nel 2016

Nelle figure 2 e 3 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell'Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione.

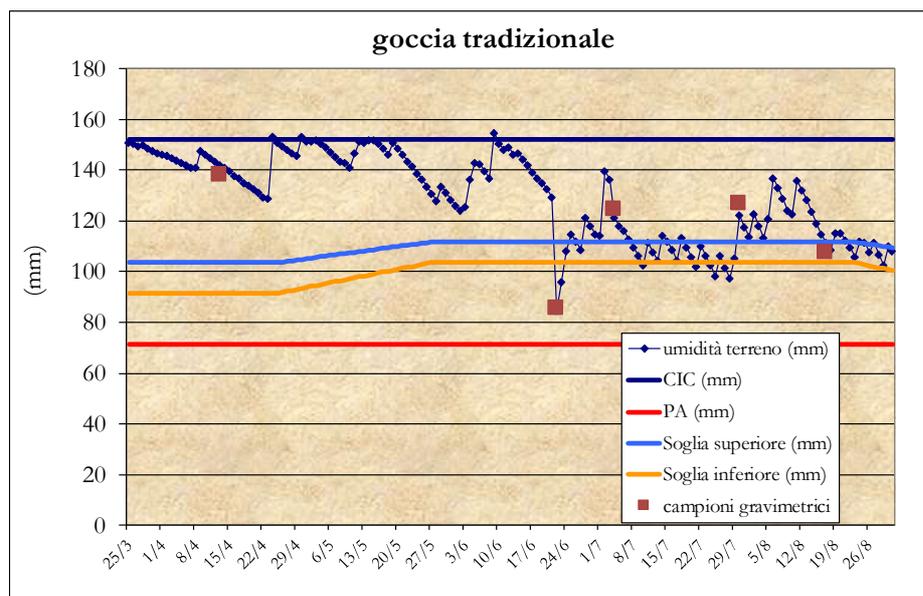


Fig. 2 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi TR nel 2016

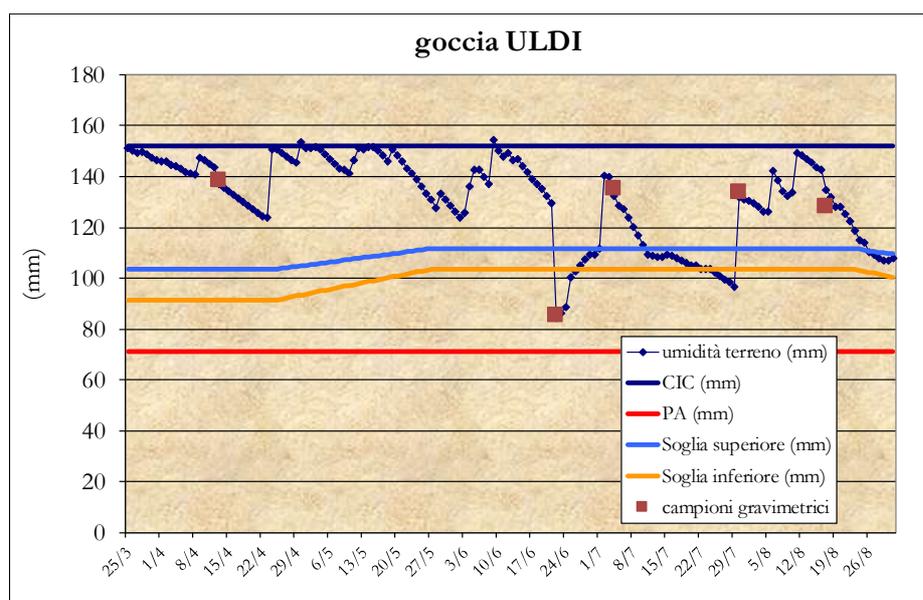


Fig. 3 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi ULDI nel 2016

Le frequenti precipitazioni primaverili hanno determinato condizioni di umidità del terreno spesso superiori alle soglie di inizio e fine irrigazione, e prossime alla capacità di campo, fino quasi alla fine di giugno, in entrambi i metodi irrigui. Le irrigazioni sono poi proseguite con restituzione del 100% dei consumi fino alla raccolta, avvenuta il 31 agosto.

I frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Si osserva dal confronto dei trattamenti, nel periodo di luglio in particolare, in assenza di precipitazioni, la maggior variabilità dell'umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

Nei grafici 4 e 5 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

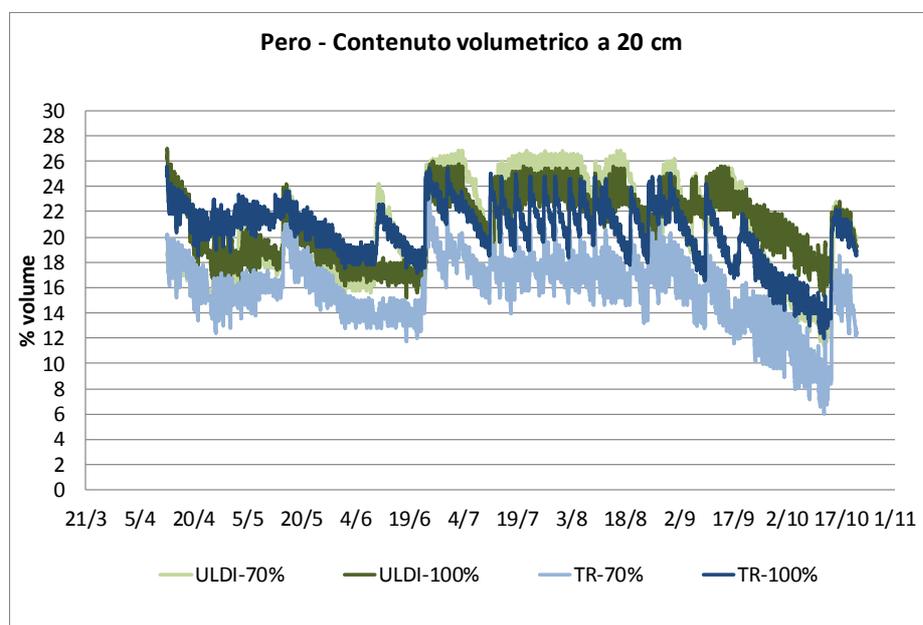


Fig. 4 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

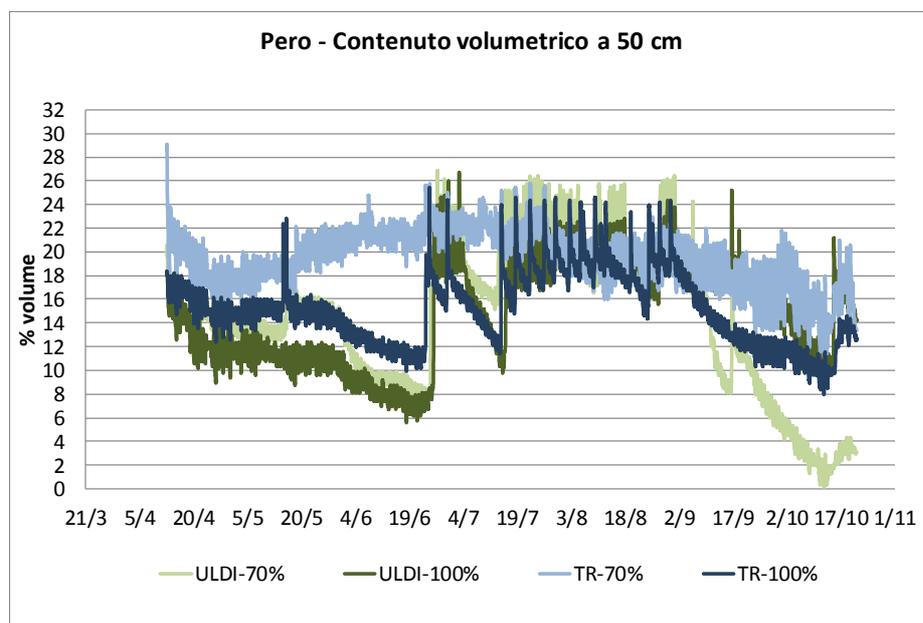


Fig. 5 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

La tesi a goccia tradizionale mostra una minor efficacia di bagnatura più superficiale: il trattamento a parziale restituzione dei consumi TR 70% sembra andare progressivamente in crisi, mostrando una umidità sempre inferiori agli altri confronti, cosa che non accade per l'ULDI 70%.

Anche i tensiometri a 30 cm mostrano tensioni più negative (terreno più asciutto) nelle tesi tradizionali rispetto alle ULDI, in particolare con la restituzione del 70% (fig. 6).

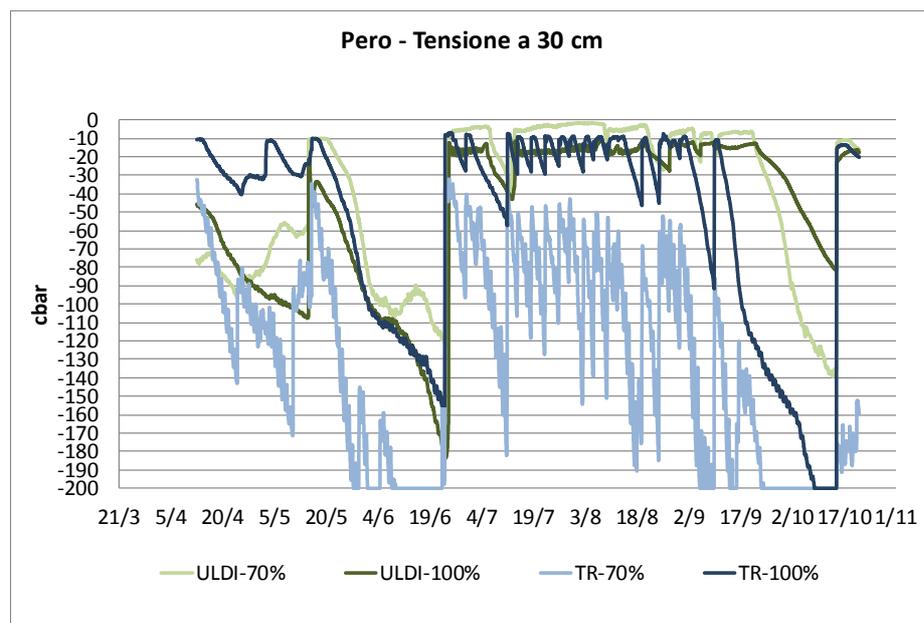


Fig. 6 – Pero: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

A spiegazione di queste misurazioni, si osserva chiaramente dal confronto fotografico sotto riportato, quant'acqua viene dispersa per ruscellamento superficiale dovuto alla rincalzatura delle piante con il metodo a goccia tradizionale (fig. 7a), cosa che non avviene con l'ala interrata e le basse portate di erogazione della tesi ULDI (fig. 7b).

C'è inoltre un notevole controllo delle infestanti, in quanto si riduce l'acqua a disposizione delle malerbe in superficie, grazie all'interramento dell'ala gocciolante (fig. 7c e 7d)



fig. 7a (goccia tradizionale)



fig. 7b (ULDI)



fig. 7c (goccia tradizionale)



fig. 7d (ULDI)

In figura 8 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: in seguito alle precipitazioni primaverili la falda ha raggiunto un picco di 75 cm dal piano di campagna, per scendere poi progressivamente fino alla profondità di 174 cm a fine stagione. Il bilancio idrico ha di conseguenza tenuto conto di tale apporto per risalita capillare.

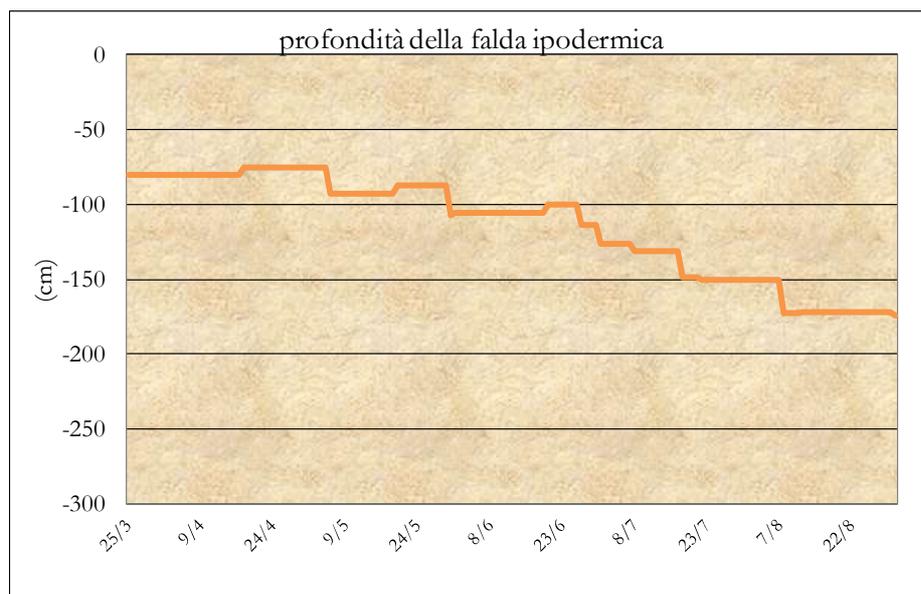


Fig. 8 – andamento della falda ipodermica 2016

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 2 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 31 agosto 2016: la coltura ha mostrato in generale un certo ritardo nell'entrata in produzione, specie se consideriamo le caratteristiche dell'MH, portinnesto che generalmente è tra i più precoci tra quelli adottati per il pero, con le prime produzioni di un certo rilievo già a partire dalla seconda foglia. Erano presenti solo pochissimi frutti per pianta, peraltro quasi tutti ovviamente di pezzatura commerciale, ma per una verifica produttiva dell'efficacia dell'ULDI sul pero occorrerà attendere i prossimi anni. Non si apprezzano pertanto differenze significative tra i trattamenti a confronto.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 65+ (%)	resa comm. 65+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)
ULDI 100	39,09	95,37	37,54	475,3	0,822	3,67	346,57
ULDI 70	43,09	93,95	38,86	423,4	1,018	4,78	325,82
TR 100	42,07	89,08	37,18	489,9	0,859	4,33	316,05
TR 70	40,67	94,58	38,55	433,6	0,938	3,81	338,71

Tab. 2 – pero: risultati produttivi nel 2016

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, anche questa senza differenze significative tra i trattamenti, come riportato in tabella 3.

Sistemi irrigui	<55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	0,39	2,09	2,15	3,17	16,24	18,55	20,26	37,15	81,18
ULDI 70	0,69	2,38	2,98	9,98	12,20	17,32	33,30	21,15	79,09
TR 100	1,53	4,25	5,14	7,10	15,28	22,28	29,19	15,24	77,35
TR 70	0,34	0,55	4,52	5,83	21,26	29,55	25,10	12,84	77,83

Tab. 3 – pero: ripartizione percentuale per classi di calibro

In tabella 4 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 17 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi che potessero inficiare i confronti.

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
17 agosto							
ULDI 100	31,7	30,0	1,7	47	33	2,36	2,9
ULDI 70	33,2	32,2	1,0	42	48	2,76	3,5
TR 100	33,3	31,9	1,4	45	62	2,57	3,6
TR70	32,4	30,6	1,8	45	38	2,41	4,0
medie	32,7	31,2	1,5	44,8	45,3	2,53	3,5

Tab. 4 – pero: rilievi di temperatura fogliare

Come noto le piante in condizioni non limitanti di rifornimento idrico regolano la temperatura fogliare con la traspirazione: l'evaporazione dell'acqua che avviene a livello della lamina fogliare necessita di energia, che viene presa dalle foglie con un conseguente loro raffreddamento. Più la temperatura fogliare è bassa, a parità delle condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica. Tutti i trattamenti hanno presentato temperature fogliari (Tc) di poco superiori all'aria (Ta), a dimostrazione di assenza di stress idrico (in particolare nella tesi ULDI 100%): si osserva tuttavia una maggiore efficienza dell'ULDI, che presenta un minore differenziale (Tc-Ta) con conseguenti valori di indice di stress (CWSI) più contenuti rispetto alle tesi tradizionali.

In tabella 5 sono infine riportati i valori dei parametri biometrici, diametro del tronco, volume della chioma e peso della legna di potatura, rilevati all'inizio e alla fine di ogni anno, durante il riposo vegetativo delle piante.

Non si sono registrate differenze significative di vigoria delle piante nei primi anni legate ai trattamenti irrigui a confronto.

	circ. fusto (cm)	Incremento % fusto	Volume chioma	Peso potatura kg/pianta
	28/02/2014		28/02/2014	28/02/2014
ULDI 100	5,56	-	0,100	0,142
ULDI 70	5,65	-	0,098	0,141
TR 100	5,83	-	0,101	0,151
TR 70	5,46	-	0,072	0,128
	26/01/2015	Nel 2014	26/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,58	72,57	0,160	0,388
ULDI 70	9,48	68,44	0,161	0,360
TR 100	10,15	75,03	0,160	0,429
TR 70	9,77	79,30	0,146	0,397
	15/01/2016	Nel 2015	15/01/2016	03/02/2016
ULDI 100	12,35	28,96	0,160	0,825
ULDI 70	12,46	31,41	0,161	0,978
TR 100	12,69	25,07	0,160	0,878
TR 70	11,96	22,71	0,146	0,665
	25/01/2017	Nel 2016	25/01/2017	31/01/2017
ULDI 100	17,23	39,35	0,853	1,465
ULDI 70	16,50	32,79	0,696	1,248
TR 100	16,77	32,18	0,728	1,343
TR 70	16,85	41,19	0,682	1,468

Tab. 5 – pero: rilievi biometrici

RISULTATI MELO 2016

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 9 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 30 marzo fino al 4 ottobre).

In tabella 6 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2016 è stato già descritto in precedenza: i volumi irrigui stagionali per il melo sono stati pari a 207.5 mm in 19 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 2 e 15 mm (mediamente 10.9 mm), contro un volume stagionale analogo, 202.1 mm, per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 57 irrigazioni, con volumi variabili da 2.1 a 5.3 mm per intervento, ciascuno spalmato in dodici ore nell'arco della giornata, come descritto in precedenza.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	totale
piogge (mm)	0,0	46,8	91,5	77,7	33,9	51,4	48,9	13,2	363,4
Eto (mm/giorno)	3,3	3,3	4,4	5,3	6,1	5,1	3,6	2,8	Media 4,2
Ete (mm/mese) ULDI	1,8	34,4	57,9	76,8	131,5	135,2	83,8	7,4	528,9
deficit (mm) ULDI	1,8	-12,4	-33,6	-0,9	97,6	83,8	34,9	-5,8	165,5
Ete (mm/mese) TR	1,8	34,4	57,9	76,8	131,5	135,2	83,8	7,4	528,9
deficit (mm) TR	1,8	-12,4	-33,6	-0,9	97,6	83,8	34,9	-5,8	165,5
Irrigazione TR (mm)	0,0	0,0	0,0	32,3	71,2	51,4	52,6	0,0	207,5
Irrigazione ULDI (mm)	0,0	0,0	0,0	33,7	67,9	68,9	31,6	0,0	202,1

Tab. 6 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il melo presso l'az. Marsili nel 2016

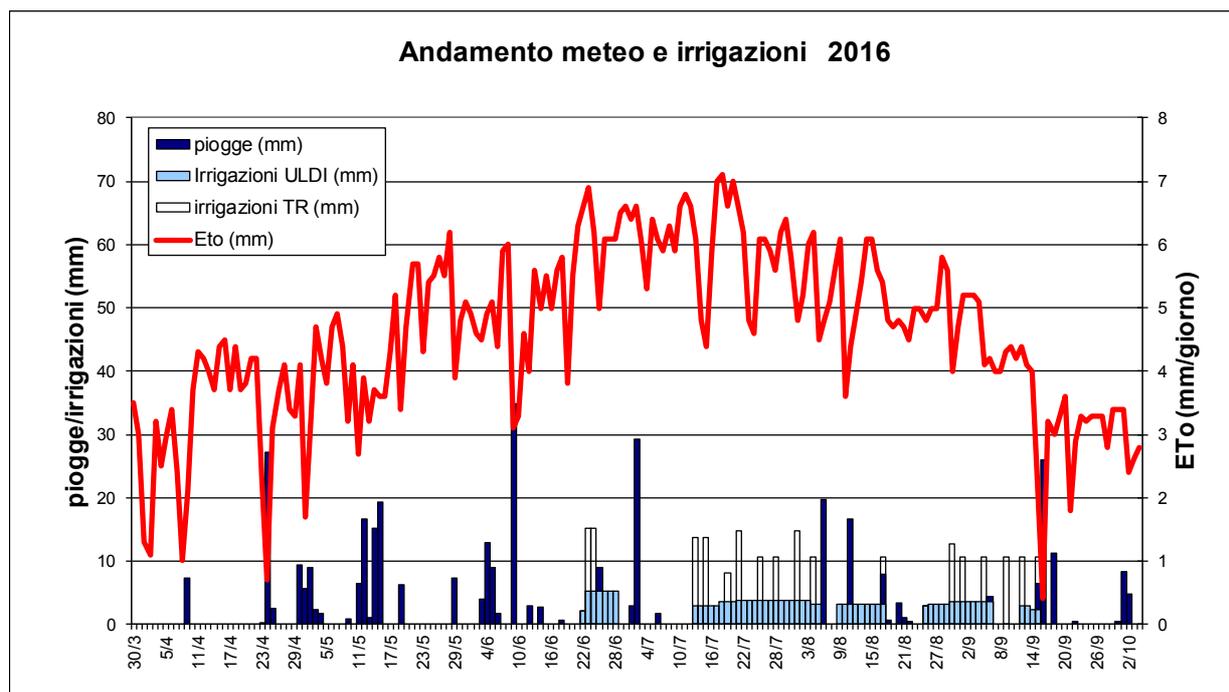


Fig. 9 – andamento meteo e irrigazioni del melo presso l’az. Marsili nel 2016

Nelle figure 10 e 11 sono invece riportati gli andamenti dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell’Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione, come per il pero.

Le frequenti precipitazioni primaverili hanno determinato condizioni di umidità del terreno spesso superiori alle soglie di inizio e fine irrigazione, e prossime alla capacità di campo, fino quasi alla fine di giugno, in entrambi i metodi irrigui. Le irrigazioni sono poi proseguite con restituzione del 100% dei consumi fino alla raccolta, avvenuta il 4 ottobre.

Anche per il melo i frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Dal confronto dei trattamenti, solo nel periodo tra il 6 e il 27 luglio, in assenza di precipitazioni, la maggior variabilità dell’umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

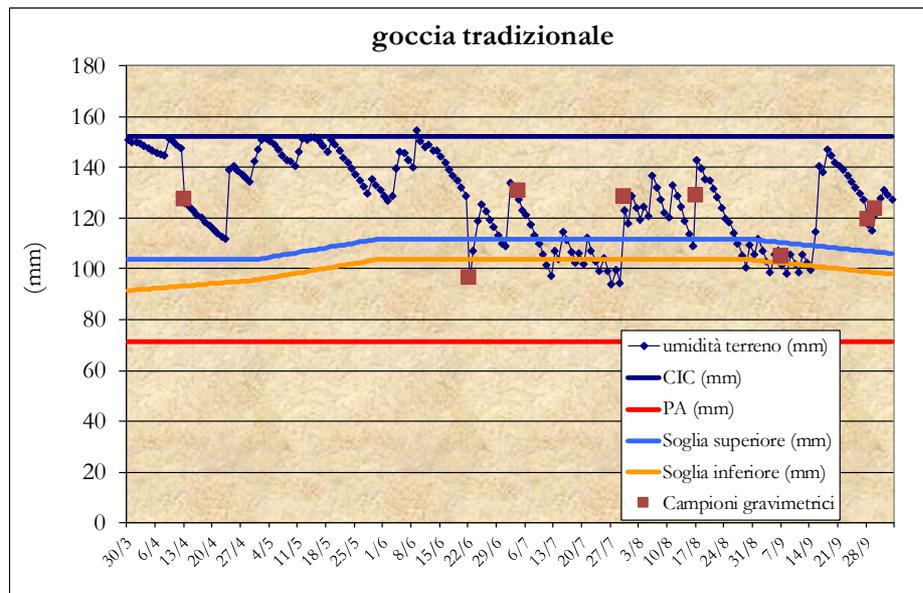


Fig. 10 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi TR nel 2016

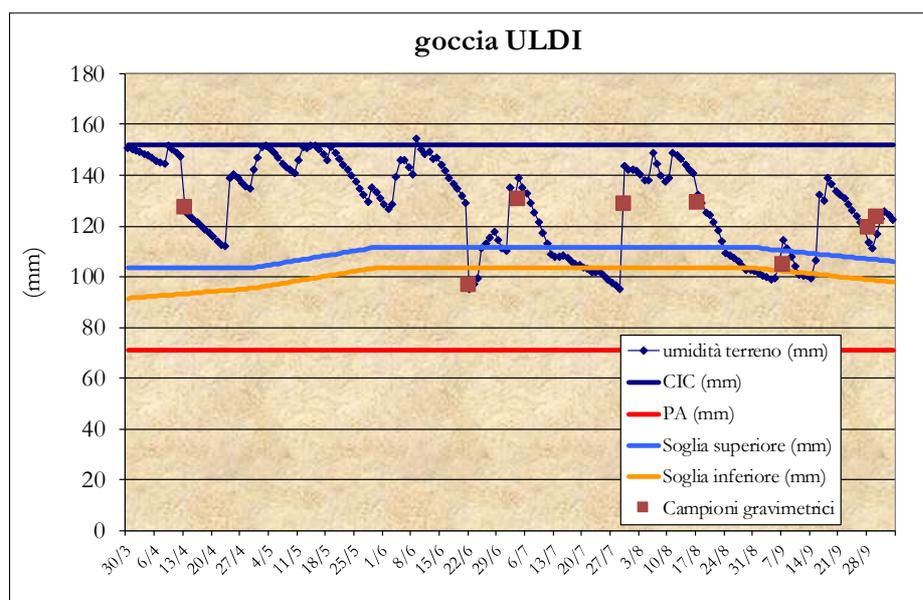


Fig. 11 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi ULDI nel 2016

Nei grafici 12 e 13 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

La tesi a goccia tradizionale mostra una minor efficacia di bagnatura, in particolare nell'orizzonte più profondo, dove nel trattamento a parziale restituzione dei consumi TR 70% l'acqua non sembra arrivare in quantità sufficiente, problema che non si registra nella corrispondente tesi ULDI 70%.

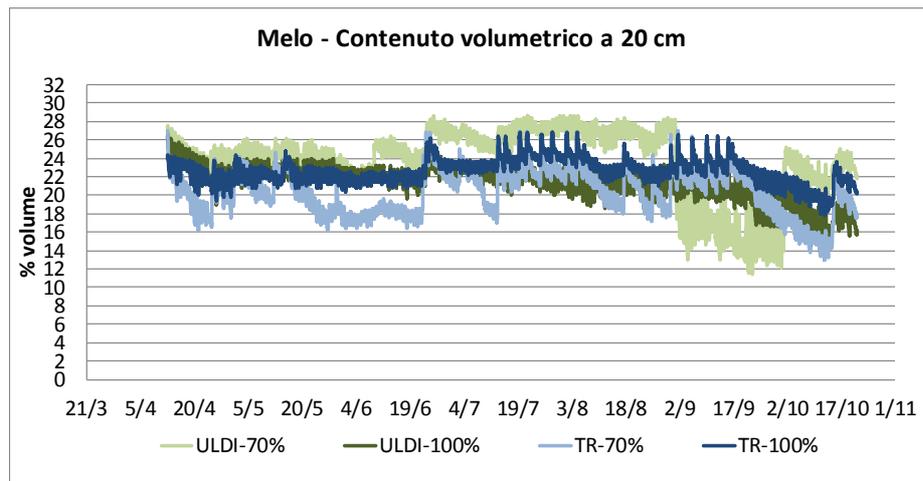


Fig. 12 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

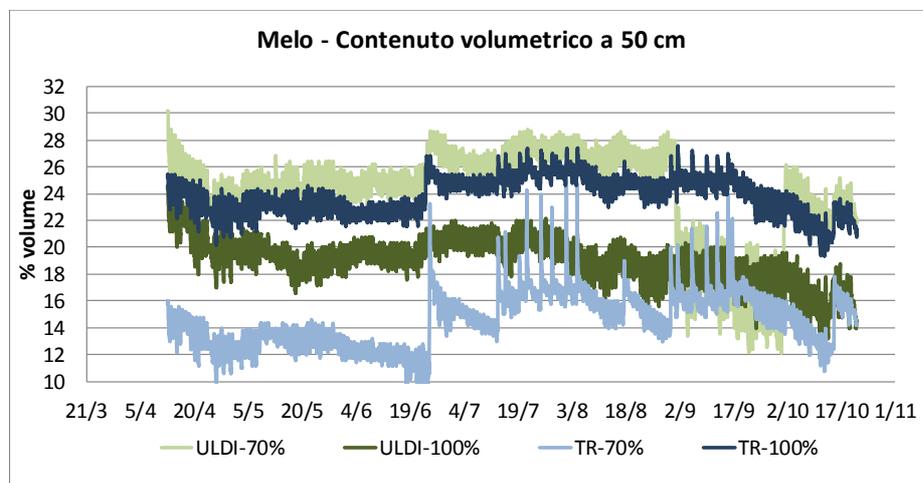


Fig. 13 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

Anche i tensiometri a 30 cm mostrano tensioni più negative (terreno più asciutto) nelle tesi tradizionali, in particolare con la parziale restituzione dei consumi (TR 70%), rispetto alle corrispondenti tesi ULDI (fig. 14).

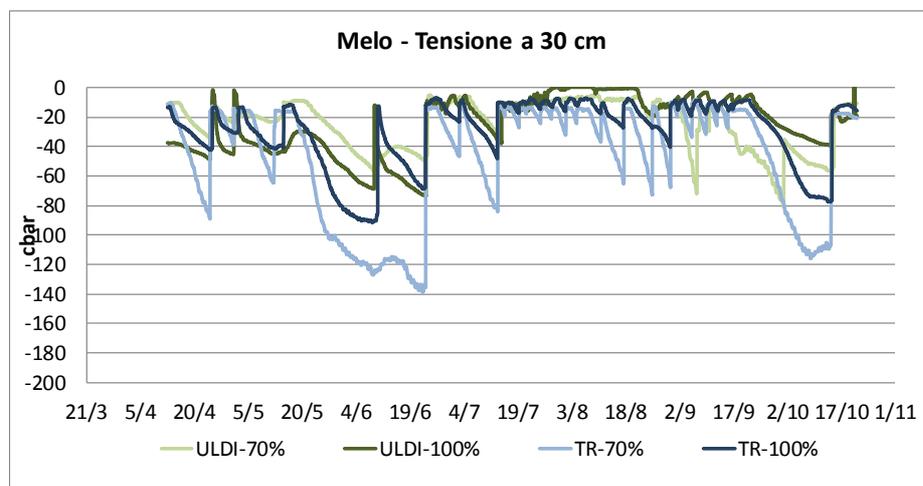


Fig. 14 – Melo: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

Come già visto per il pero, parte della maggior efficienza delle tesi ULDI è spiegato dal contenimento del ruscellamento superficiale che si registra invece con il metodo a goccia tradizionale in corrispondenza della rincalzatura delle piante (fig. 15a), e che non avviene con l'ala interrata e le basse portate di erogazione della tesi ULDI (fig. 15b).

A questo si aggiunga la riduzione del cosiddetto "effetto chiodo", ovvero della perdita d'acqua utile per percolazione sotto lo strato colonizzato dalle radici, che si registra in microirrigazione in caso di elevate portate localizzate sotto il gocciolatore.



fig. 15a



fig. 15b

L'andamento della falda ipodermica è già stato descritto in precedenza nella sezione del pero: la falda è passata dai 75 cm in concomitanza delle precipitazioni primaverili, fino alla profondità di 181 cm dal piano di campagna a fine stagione e IRRINET ne ha tenuto conto nel bilancio idrico.

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 7 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 4 ottobre 2016: la coltura ha subito un effetto di alternanza, dopo una produzione molto elevata nel 2015 alla seconda foglia (oltre 170 q/ha).

Erano presenti solamente da 5 a 8 frutti per pianta, quasi tutti di pezzatura commerciale, con una resa media di appena 40 q/ha di prodotto di calibro 70+, senza differenze

significative tra i trattamenti, anche se le tesi ULDI sono risultate meno penalizzate. Per una verifica produttiva dell'efficacia dell'ULDI sul melo occorrerà attendere la piena entrata in produzione dei prossimi anni.

Su un campione di 10 frutti per parcella è stata rilevata la % di sovra colorazione (rosso su verde): più del 65% dei frutti hanno mostrato una % di sovracolorazione maggiore del 40% (limite di qualità imposto dagli standard Melapiù), ma non si registrano differenze tra i trattamenti.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 70+ (%)	resa comm. 70+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)	% di sovra colore	% di frutti con sovra colore >40%
ULDI 100	51,16	93,05	47,76	565,5	0,905	8,44	229,26	50,50	67,5
ULDI 70	50,25	94,42	47,69	504,9	0,995	8,14	231,95	47,00	67,5
TR 100	26,43	92,55	24,21	570,9	0,463	4,58	221,49	52,25	65,0
TR 70	31,57	94,49	29,75	508,7	0,621	5,14	232,53	44,25	67,5

Tab. 7 – melo: risultati produttivi nel 2016

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, come riportato in tabella 8, che non ha fatto registrare differenze significative tra i trattamenti.

Sistemi irrigui	<65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	1,68	5,27	13,60	12,88	20,14	46,43	82,73
ULDI 70	1,72	3,85	10,68	13,91	20,79	49,04	83,36
TR 100	2,28	5,17	17,33	18,97	15,54	40,70	81,47
TR 70	1,00	4,51	12,75	17,19	22,09	42,47	82,60

Tab. 8 – melo: ripartizione percentuale per classi di calibro

In tabella 9 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 17 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi, in modo da non influenzare i confronti.

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
17 agosto							
ULDI 100	29,7	31,2	-1,5	49	28	2,31	0,8
ULDI 70	30,4	32,9	-2,5	41	32	2,94	0,3
TR 100	32,4	33,3	-0,9	45	68	2,77	1,0
TR70	29,5	31,1	-1,6	51	40	2,19	0,5
medie	30,5	32,1	-1,6	46,5	42,0	2,55	0,7

Tab. 9 – melo: rilievi di temperatura fogliare

Più la temperatura fogliare è bassa, a parità di condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica: tutti i trattamenti presentano temperature fogliari inferiori all'aria, a conferma di una traspirazione fogliare non limitante.

In tabella 10 sono infine riportati i valori dei parametri biometrici, diametro del tronco, volume della chioma e peso della legna di potatura, rilevati all’inizio e alla fine di ogni anno, durante il riposo vegetativo delle piante.

Si registrano differenze significative ($p < 0.05$ test SNK) solo per quanto riguarda la legna di potatura, che risulta stranamente superiore nelle tesi a parziale riduzione delle restituzioni idriche, sia nella goccia tradizionale che con l’ULDI.

	circ. fusto (cm)	Incremento % fusto	Volume chioma	Peso potatura kg/pianta
	28/02/2014		28/02/2014	28/02/2014
ULDI 100	6,54	-	0,174	0,128
ULDI 70	6,52	-	0,167	0,096
TR 100	6,35	-	0,166	0,117
TR 70	6,77	-	0,176	0,098
	27/01/2015	Nel 2014	27/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,63	47,22	0,363	0,172
ULDI 70	9,50	45,84	0,350	0,158
TR 100	9,35	47,28	0,327	0,109
TR 70	9,56	41,27	0,313	0,149
	12/01/2016	Nel 2015	12/01/2016	11/03/2016
ULDI 100	11,15	15,81	1,269	0,596
ULDI 70	10,92	14,95	1,256	0,586
TR 100	10,50	12,23	1,159	0,458
TR 70	11,15	16,67	1,087	0,564
	26/01/2017	Nel 2016	26/01/2017	15/03/2017
ULDI 100	15,16	36,33	2,062	1,188 b
ULDI 70	15,22	39,45	2,002	1,480 a
TR 100	14,72	40,43	2,117	1,124 b
TR 70	15,44	38,48	2,147	1,450 a

Tab. 10 – melo: rilievi biometrici

RISULTATI PERO 2017

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 16 sono riportati gli andamenti giornalieri dell’evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 21 marzo fino al 31 agosto 2017).

In tabella 11 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L’andamento meteorologico 2017 è stato caratterizzato da precipitazioni nella norma nei mesi primaverili, con 160.4 mm caduti nel trimestre aprile-giugno, seguita da un’estate molto siccitosa, con solo 41 mm nei mesi estivi (tre episodi temporaleschi tra luglio e agosto). I valori di evapotraspirazione, superiori alla media climatologica, hanno spesso superato i 6-7 mm/giorno, con diverse ondate di calore tra giugno e agosto: i volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza di gran lunga superiori all’annata precedente, pari a 402.4 mm in 37 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 3 e 15.2 mm (mediamente 10.9 mm), contro un volume stagionale analogo, 378.9 mm per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 89 irrigazioni, con volumi variabili da 2.6 a 5.8 mm per intervento, spalmati in dodici ore al giorno, come descritto in precedenza.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	5,5	27,6	93,8	33,5	17,5	23,5	201,4
Eto (mm/giorno)	3,2	3,6	4,7	6,2	6,1	5,7	Media 4,9
Ete (mm/mese) ULDI	15,5	52,6	90,8	154,5	165,5	152,6	631,6
deficit (mm) ULDI	10,0	25,0	-3,0	121,0	148,0	129,1	430,2
Ete (mm/mese) TR	15,5	52,9	90,5	154,5	165,5	152,6	631,5
deficit (mm) TR	10,0	25,3	-3,3	121,0	148,0	129,1	430,1
Irrigazione TR (mm)	5,1	9,9	38,7	97,6	139,5	111,6	402,4
Irrigazione ULDI (mm)	5,1	9,1	29,5	86,0	127,5	121,7	378,9

Tab. 11 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Marsili nel 2017

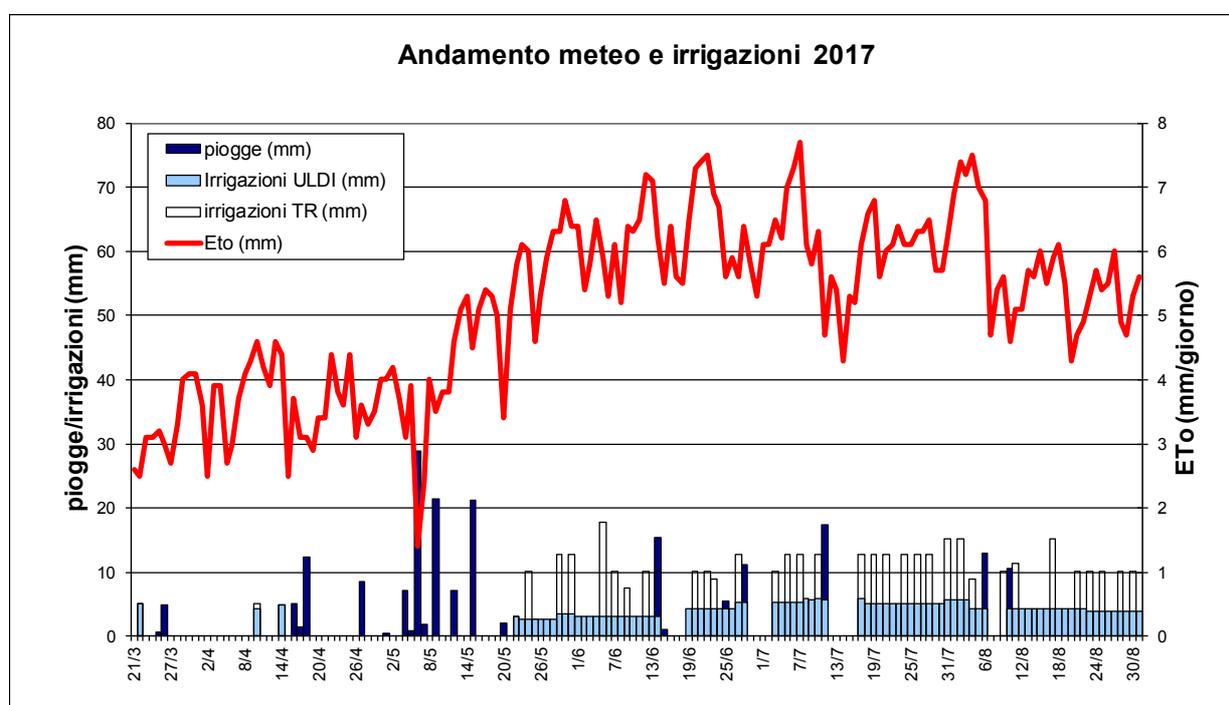


Fig. 16 – andamento meteo e irrigazioni del pero presso l'az. Marsili nel 2017

Nelle figure 17 e 18 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell'Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione.

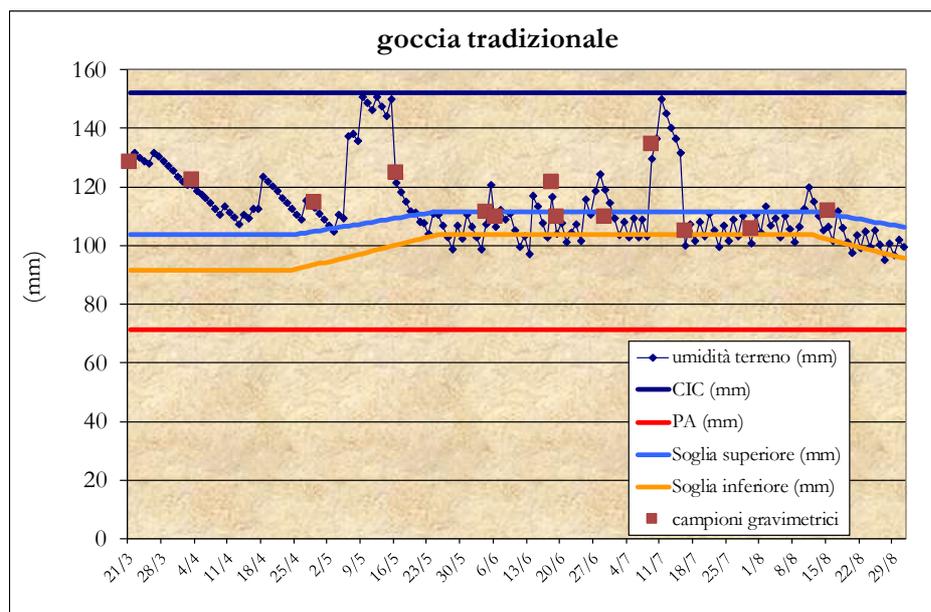


Fig. 17 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi TR nel 2017

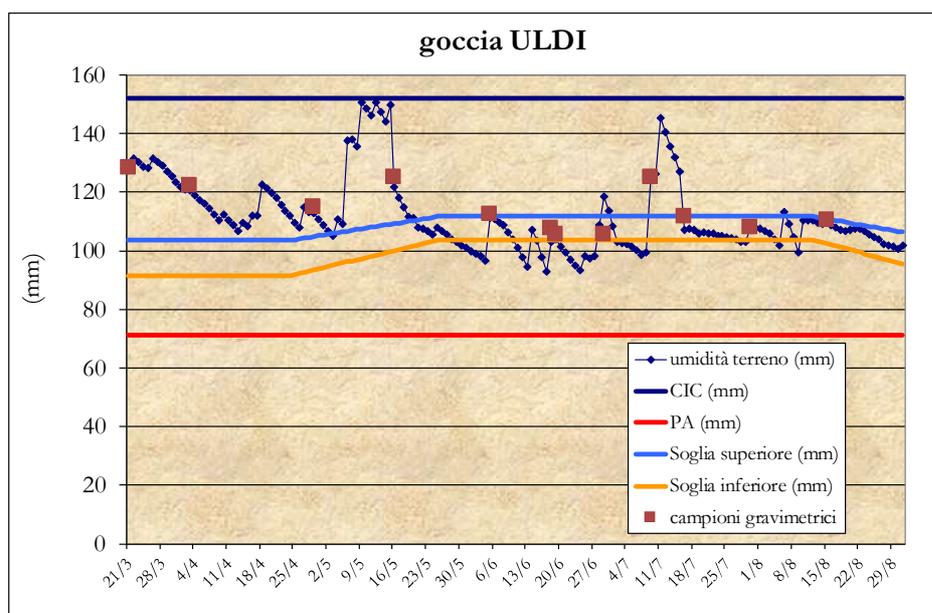


Fig. 18 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi ULDI nel 2017

A parte due episodi in maggio e in luglio in seguito a eventi piovosi che hanno determinato condizioni di umidità del terreno prossime alla capacità di campo, l'umidità è stata mantenuta in genere entro le soglie irrigue fino alla raccolta, avvenuta il 31 agosto.

I frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno confermato l'ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Si osserva dal confronto dei trattamenti, la maggior variabilità dell'umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

Nei grafici 19 e 20 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

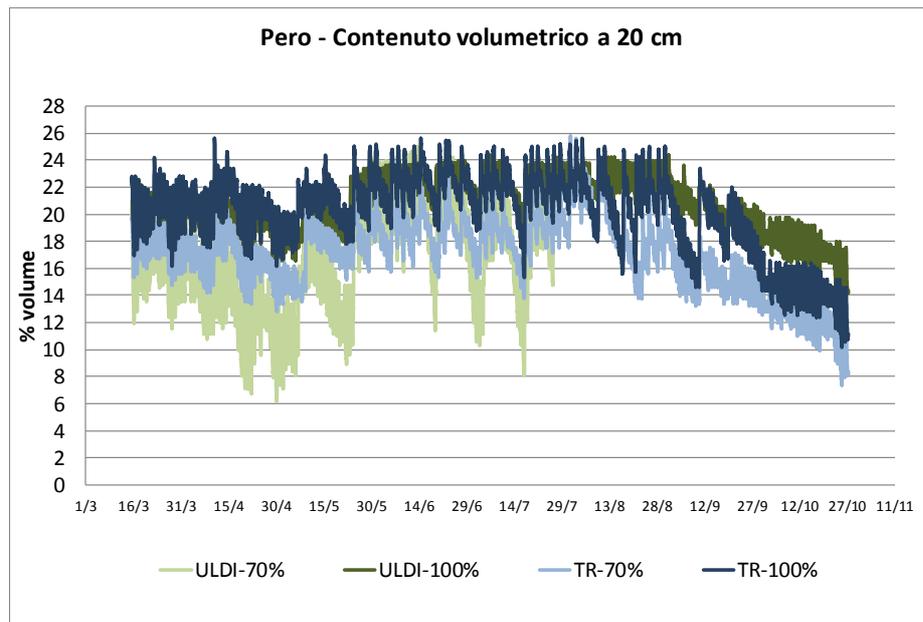


Fig. 19 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

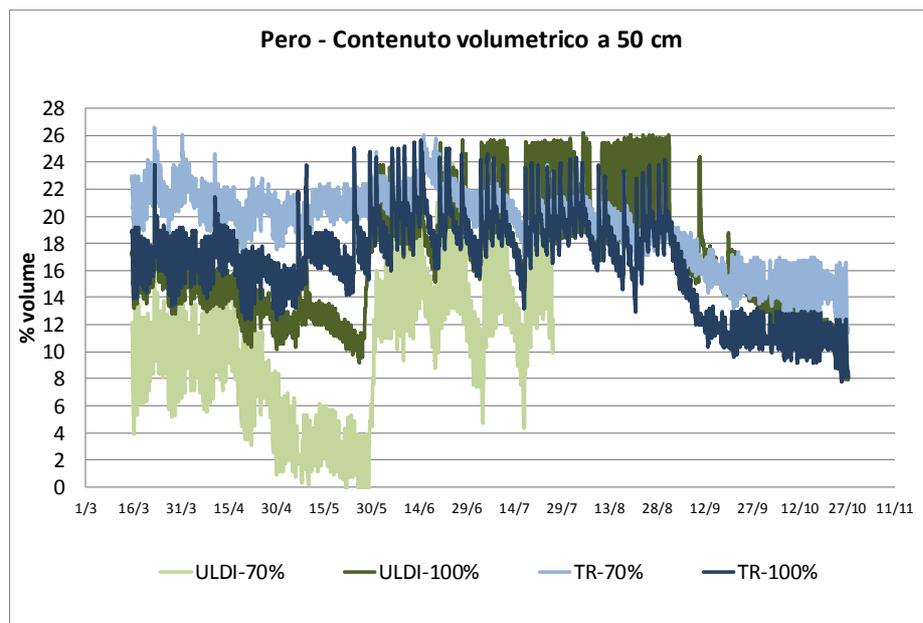


Fig. 20 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

Purtroppo i sensori posizionati nella tesi ULDI 70% hanno avuto dei problemi di acquisizione dei dati da parte del datalogger che ha smesso poi di registrare dalla fine di luglio. Dall'osservazione degli altri sensori nelle tesi 100%, si osserva comunque una maggiore oscillazione dell'umidità nella goccia tradizionale (blu scuro) rispetto all'ULDI (verde scuro).

I tensiometri a 30 cm mostrano tensioni più negative (terreno più asciutto) nelle tesi tradizionali rispetto alle ULDI, in particolare con la restituzione del 70%, spesso con tensioni prossime a -200 cbar, come già evidenziato nel 2016: ciò è dovuto alla riduzione di ruscellamento e percolazione in profondità, e un maggior contenimento delle infestanti (fig. 21).

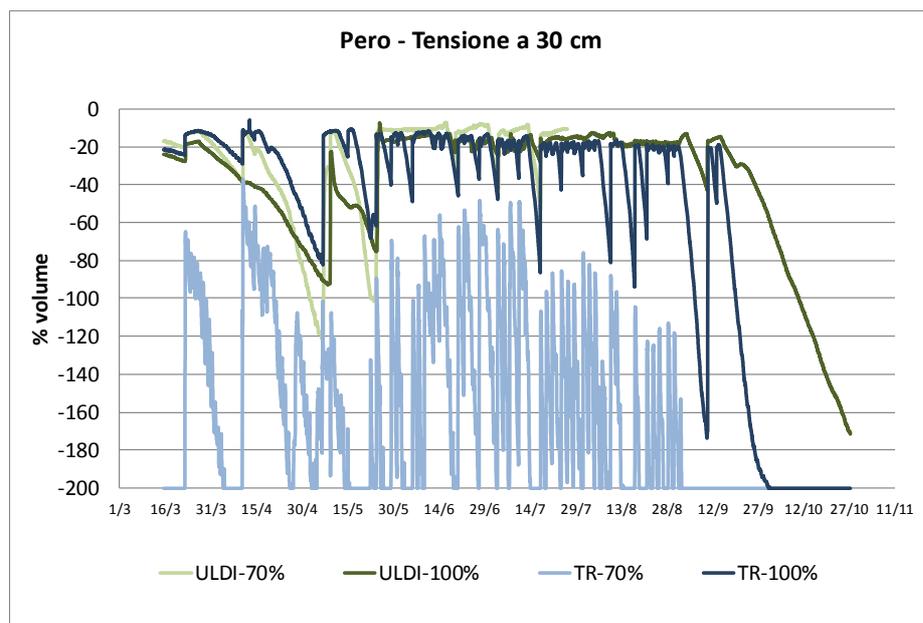


Fig. 21 – Pero: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

In figura 22 è infine riportato l’andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: in seguito all’inverno asciutto la falda si è presentata più bassa della media alla ripresa vegetativa, a 120 cm dal piano di campagna, mantenendosi sempre sotto i 150 cm ad esclusione di un breve periodo a cavallo tra maggio e giugno, e scendere poi progressivamente fino alla profondità di 174 cm a fine stagione. Il bilancio idrico ha di conseguenza tenuto conto del limitato apporto per risalita capillare.

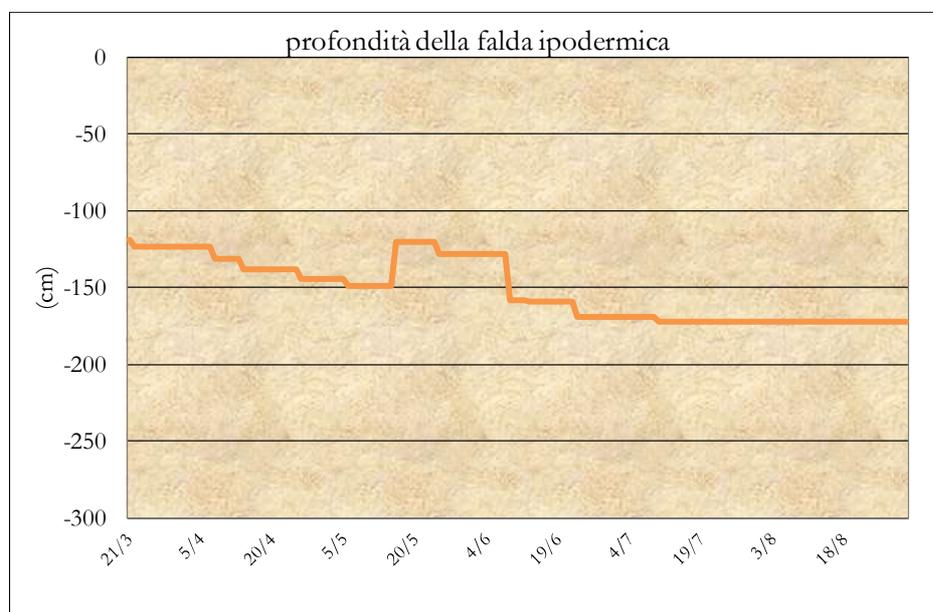


Fig. 22 – andamento della falda ipodermica 2017

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 12 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 31 agosto 2017: dopo la grandinata del

2016, la coltura si è ripresa discretamente, con una produzione media vicino ai 200 q/ha, in linea con le caratteristiche dell'MH, portinnesto che generalmente è tra i più precoci tra quelli adottati per il pero, con le prime produzioni di un certo rilievo già a partire dalla seconda/terza foglia.

Erano presenti mediamente 20 frutti per pianta, di elevata pezzatura commerciale, ma non si apprezzano differenze significative tra i trattamenti a confronto.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 65+ (%)	resa comm. 65+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)
ULDI 100	182,29	98,31	179,94	580,3	3,141	18,97	302,03
ULDI 70	193,09	94,44	181,88	466,6	4,138	21,30	289,85
TR 100	190,15	96,51	183,13	603,8	3,149	20,76	292,05
TR 70	196,52	97,24	191,88	483,1	4,068	20,36	303,63

Tab. 12 – pero: risultati produttivi nel 2017

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, anche questa senza differenze significative tra i trattamenti, come riportato in tabella 13.

Sistemi irrigui	<55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	0,14	0,71	0,84	5,15	24,85	31,39	26,97	9,94	78,03
ULDI 70	0,19	1,09	4,27	9,64	24,28	27,69	24,86	7,98	76,65
TR 100	0,28	0,92	2,29	5,89	20,71	26,06	30,94	12,90	78,43
TR 70	0,70	0,63	1,43	6,31	24,24	24,67	31,75	10,27	78,00

Tab. 13 – pero: ripartizione percentuale per classi di calibro

In tabella 14 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 3 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi che potessero inficiare i confronti.

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
3 agosto							
ULDI 100	37,7	38,3	-0,6	36	85	4,29	2,9
ULDI 70	38,7	38,3	0,4	35	87	4,35	3,8
TR 100	39,2	38,4	0,8	36	87	4,27	4,1
TR70	37,0	38,1	-1,1	33	85	4,42	2,6
medie	38,2	38,3	-0,1	35	86	4,33	3,4

Tab. 14 – pero: rilievi di temperatura fogliare

Come noto le piante in condizioni non limitanti di rifornimento idrico regolano la temperatura fogliare con la traspirazione: l'evaporazione dell'acqua che avviene a livello della lamina fogliare necessita di energia, che viene prese dalle foglie con un conseguente loro raffreddamento. Più la temperatura fogliare è bassa, a parità delle condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica. Tutti i trattamenti hanno presentato temperature fogliari (Tc) inferiori o di poco superiori all'aria (Ta), a dimostrazione di assenza di stress, in accordo con i dati produttivi.

I rilievi biometrici, effettuati durante il riposo vegetativo, sono riportati in tabella 15: non si rilevano differenze di sviluppo vegetativo tra i trattamenti.

	circ. fusto (cm) 28/02/2014	Incremento % fusto	Volume chioma 28/02/2014	Peso potatura kg/pianta 28/02/2014
ULDI 100	5,56	-	0,100	0,142
ULDI 70	5,65	-	0,098	0,141
TR 100	5,83	-	0,101	0,151
TR 70	5,46	-	0,072	0,128
	26/01/2015	Nel 2014	26/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,58 ab	72,57	0,160	0,388
ULDI 70	9,48 b	68,44	0,161	0,360
TR 100	10,15 a	75,03	0,160	0,429
TR 70	9,77 ab	79,30	0,146	0,397
	15/01/2016	Nel 2015	15/01/2016	03/02/2016
ULDI 100	12,35	28,96	0,160	0,825
ULDI 70	12,46	31,41	0,161	0,978
TR 100	12,69	25,07	0,160	0,878
TR 70	11,96	22,71	0,146	0,665
	25/01/2017	Nel 2016	25/01/2017	31/01/2017
ULDI 100	17,23	39,35	0,853	1,465
ULDI 70	16,50	32,79	0,696	1,248
TR 100	16,77	32,18	0,728	1,343
TR 70	16,85	41,19	0,682	1,468
	24/01/2018	Nel 2017	24/01/2018	24/01/2018
ULDI 100	19,42	12,41	0,649	1,367
ULDI 70	19,54	18,44	0,723	1,315
TR 100	19,42	15,93	0,738	1,536
TR 70	19,08	13,23	0,679	1,328

Tab. 15 – pero: rilievi biometrici

RISULTATI MELO 2017

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 23 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 27 marzo fino al 26 settembre).

In tabella 16 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico siccitoso del 2017 è stato già descritto in precedenza: i volumi irrigui stagionali per il melo sono stati pari a 335 mm in 32 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 4 e 16 mm (mediamente 10.5 mm), contro un volume stagionale analogo, 309.8 mm, per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 77 irrigazioni, con volumi variabili da 2.6 a 5.3 mm per intervento, ciascuno spalmato in dodici ore nell'arco della giornata, come descritto in precedenza.

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	0,0	27,6	93,8	33,5	17,5	23,5	94,0	289,9
Eto (mm/giorno)	3,6	3,6	4,7	6,2	6,1	5,7	3,2	Media 4,7
Ete (mm/mese) ULDI	6,3	42,7	77,6	146,6	160,8	147,8	57,2	639,0
deficit (mm) ULDI	6,3	15,1	-16,2	113,1	143,3	124,3	-36,8	349,1
Ete (mm/mese) TR	6,3	42,7	77,6	146,6	160,8	147,8	57,2	639,0
deficit (mm) TR	6,3	15,1	-16,2	113,1	143,3	124,3	-36,8	349,1
Irrigazione TR (mm)	0,0	0,0	14,7	77,9	111,9	124,2	6,3	335,0
Irrigazione ULDI (mm)	0,0	0,0	16,8	75,1	93,3	118,6	6,0	309,8

Tab. 16 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il melo presso l'az. Marsili nel 2017

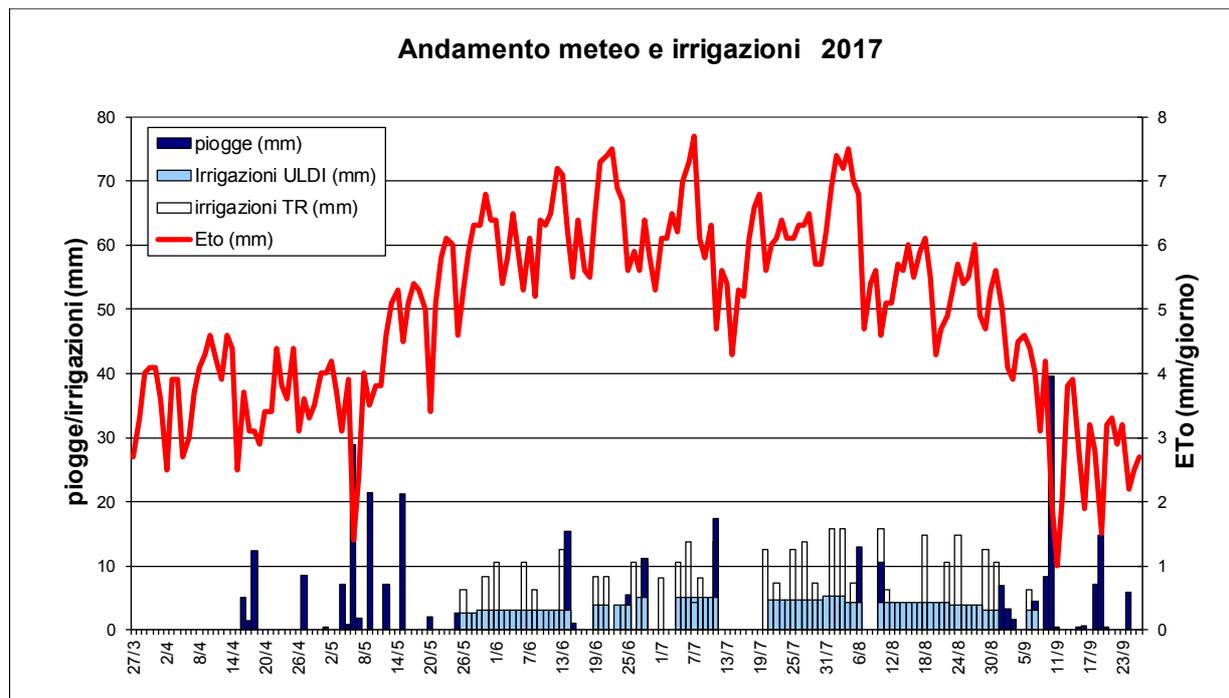


Fig. 23 – andamento meteo e irrigazioni del melo presso l'az. Marsili nel 2017

Nelle figure 24 e 25 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell'Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione, come per il pero.

Le precipitazioni primaverili hanno determinato condizioni di umidità del terreno spesso superiori alle soglie di inizio e fine irrigazione, e prossime alla capacità di campo, in particolare nel mese di maggio, in entrambi i metodi irrigui. A partire da giugno le irrigazioni si sono susseguite regolarmente con restituzione del 100% dei consumi fino alla prima decade di settembre, dove si sono registrati diversi eventi piovosi fino alla raccolta avvenuta il 26 settembre.

Anche per il melo i frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Dal confronto dei trattamenti, nel periodo tra fine luglio e inizio settembre, in assenza di precipitazioni, si osserva una maggior variabilità dell'umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

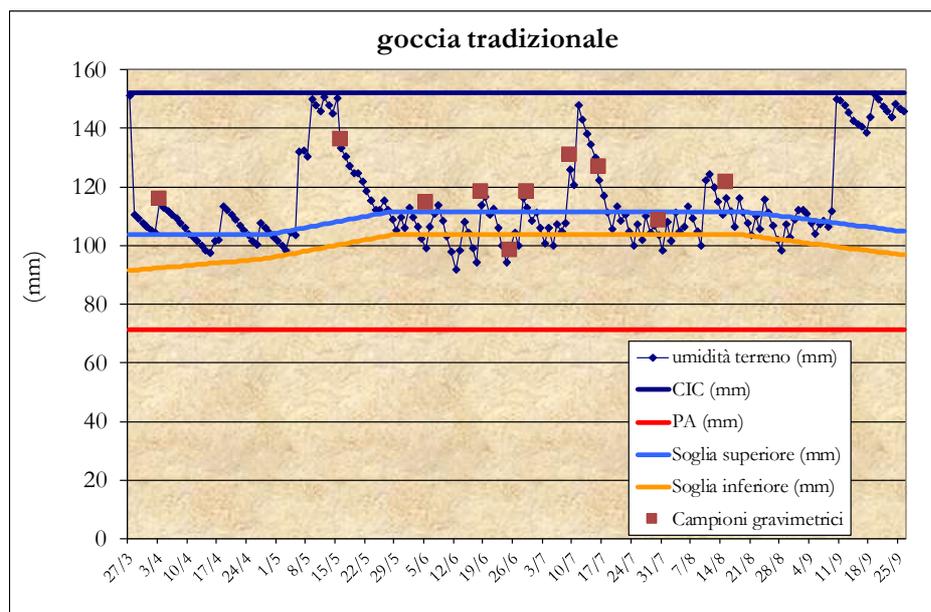


Fig. 24 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi TR nel 2017

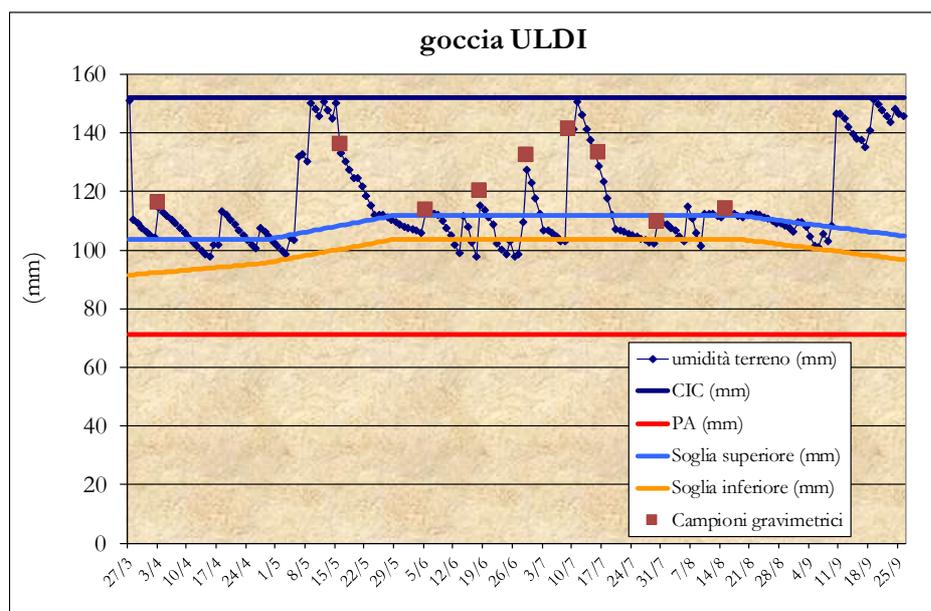


Fig. 25 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi ULDI nel 2017

Nei grafici 26 e 27 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

La tesi a goccia tradizionale mostra una minor efficacia di bagnatura solo nell'orizzonte più profondo, dove nel trattamento a parziale restituzione dei consumi TR 70% l'acqua non sembra arrivare in quantità sufficiente, problema che non si registra nella corrispondente tesi ULDI 70%.

Come già illustrato in precedenza a concorrere alla maggior efficienza delle tesi ULDI sono il contenimento del ruscellamento superficiale che si registra invece con il metodo a goccia tradizionale in corrispondenza della rincalzatura delle piante, la riduzione del cosiddetto "effetto chiodo", ovvero della perdita d'acqua utile per percolazione sotto lo strato colonizzato dalle radici, che si registra in microirrigazione in caso di elevate portate

localizzate sotto il gocciolatore, e il contenimento dello sviluppo di infestanti, che sarebbero causa di ulteriore consumo d'acqua.

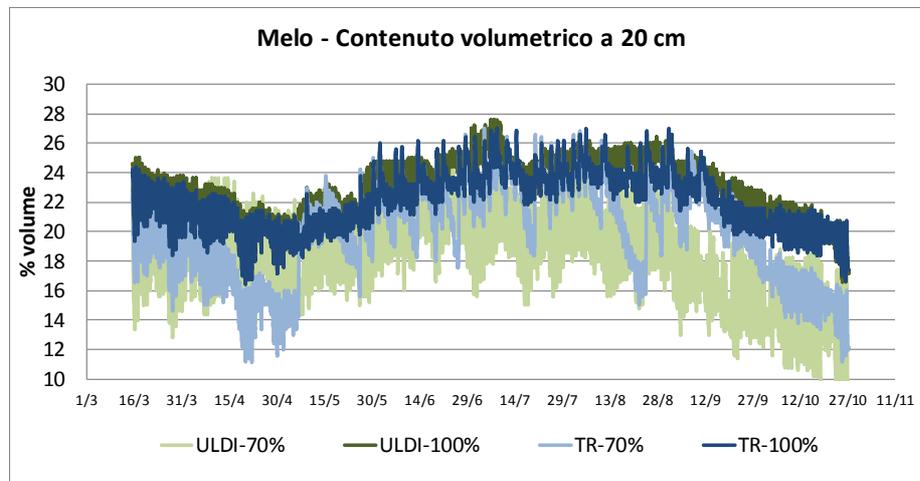


Fig. 26 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

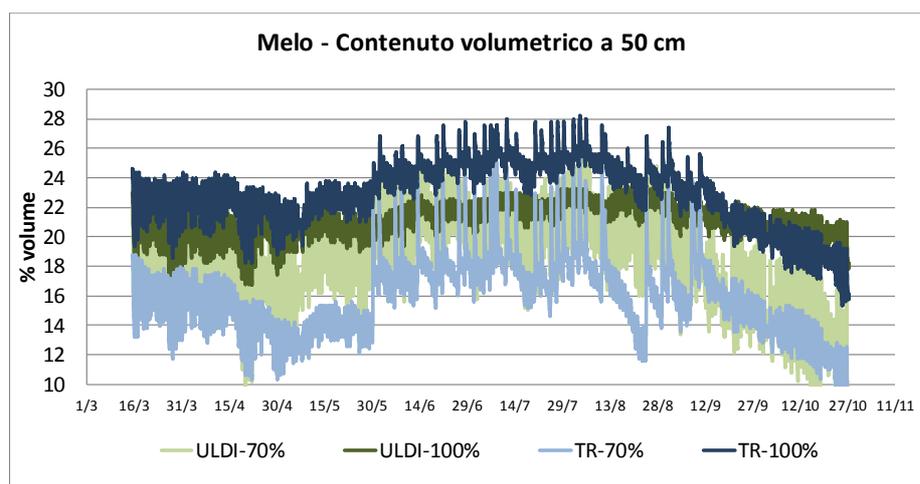


Fig. 27 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

Anche i tensiometri a 30 cm mostrano tensioni più negative (terreno più asciutto) nelle tesi tradizionali, in particolare con la parziale restituzione dei consumi (TR 70%), rispetto alle corrispondenti tesi ULDI (fig. 28).

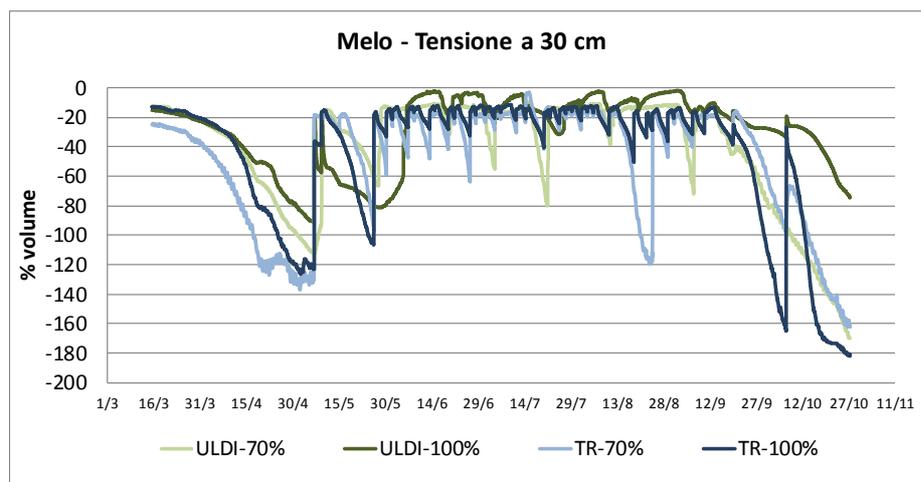


Fig. 28 – Melo: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

L'apporto della falda ipodermica è stato inferiore rispetto alla media, in seguito all'inverno siccitoso, come descritto in precedenza, che ha determinato una profondità di falda inizialmente inferiore ai 120cm, per scendere fino a oltre -170 cm.

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 17 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 25-26 settembre 2017: la coltura, anche per effetto dell'alternanza dopo la scarsa produzione del 2016, ha ottenuto una resa media di campo molto elevata (oltre 870 q/ha), grazie ad una notevole carica di frutti, mediamente 132 per pianta, il 96% dei quali di pezzatura commerciale di calibro 70+, con un peso medio superiore ai 250 grammi. Non si sono tuttavia registrate differenze significative tra i trattamenti: le tesi a parziale restituzione dei consumi hanno ottenuto rese analoghe a quelle irrigate al 100%, mostrando di conseguenza un significativo incremento di efficienza d'uso dell'acqua - WUE ($p < 0.05$, test S.N.K.). Questi risultati sembrerebbero suggerire la possibilità di una riduzione del volume irriguo consigliato da Irrinet per il melo, che merita una verifica nel prossimo anno.

Non sono emerse differenze tra le tesi ULDI e quelle irrigate a goccia tradizionale: per una verifica produttiva dell'efficacia dell'ULDI sul melo occorrerà un'ulteriore verifica.

Su un campione di 10 frutti per parcella è stata rilevata la % di sovra colorazione (rosso su verde): più del 40% dei frutti hanno mostrato una % di sovra colorazione maggiore del 40% (limite di qualità imposto dagli standard Melapiù) nelle tesi 100%, contro il 30% delle tesi 70%, ma con differenze statisticamente non significative.

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, come riportato in tabella 18, che non ha fatto registrare differenze significative tra i trattamenti (tranne per la % di 70-75 mm di calibro).

In tabella 19 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 3 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi, in modo da non influenzare i confronti.

Più la temperatura fogliare è bassa, a parità di condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica: tutti i trattamenti presentano temperature fogliari inferiori all'aria, a conferma di una traspirazione fogliare non limitante.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 70+ (%)	resa comm. 70+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)	% di sovra colore	% di frutti con sovra colore >40%
ULDI 100	869,52	96,32	837,70	599,7	14,500 b	124,39	265,65	37,00	40,0
ULDI 70	879,63	96,22	847,27	506,8	17,358 a	135,20	248,15	33,75	32,5
TR 100	882,25	96,61	852,37	624,9	14,117 b	138,83	241,82	35,25	40,0
TR 70	905,34	96,87	877,20	524,4	17,263 a	142,20	245,71	33,63	27,5

Tab. 17 – melo: risultati produttivi nel 2017

Sistemi irrigui	<65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	1,23	2,45	4,23 b	10,17	13,28	68,64	86,01
ULDI 70	0,82	2,96	8,53 a	8,90	20,97	57,81	84,87
TR 100	1,04	2,35	9,61 a	11,95	20,97	54,09	84,36
TR 70	0,65	2,48	10,83 a	10,92	23,54	51,57	84,19

Tab. 18 – melo: ripartizione percentuale per classi di calibro

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
3 agosto							
ULDI 100	35,3	37,5	-2,2	40	87	3,82	1,3
ULDI 70	36,3	37,1	-0,8	48	86	3,24	2,1
TR 100	36,1	37,5	-1,4	50	80	3,22	1,6
TR70	35,0	37,5	-2,5	37	89	4,07	1,2
medie	35,3	37,5	-2,2	40	87	3,82	1,3

Tab. 19 – melo: rilievi di temperatura fogliare

I rilievi biometrici, effettuati durante il riposo vegetativo, sono riportati in tabella 20: non si rilevano differenze nello sviluppo vegetativo tra i trattamenti.

	circ. fusto (cm)	Incremento % fusto	Volume chioma	Peso potatura kg/pianta
	28/02/2014		28/02/2014	28/02/2014
ULDI 100	6,54	-	0,174	0,128
ULDI 70	6,52	-	0,167	0,096
TR 100	6,35	-	0,166	0,117
TR 70	6,77	-	0,176	0,098
	27/01/2015	Nel 2014	27/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,63	47,22	0,363	0,172
ULDI 70	9,50	45,84	0,350	0,158
TR 100	9,35	47,28	0,327	0,109
TR 70	9,56	41,27	0,313	0,149
	12/01/2016	Nel 2015	12/01/2016	11/03/2016
ULDI 100	11,15	15,81	1,269	0,596
ULDI 70	10,92	14,95	1,256	0,586
TR 100	10,50	12,23	1,159	0,458
TR 70	11,15	16,67	1,087	0,564
	26/01/2017	Nel 2016	26/01/2017	15/03/2017
ULDI 100	15,16	36,33	2,062	1,188 b
ULDI 70	15,22	39,45	2,002	1,480 a
TR 100	14,72	40,43	2,117	1,124 b
TR 70	15,44	38,48	2,147	1,450 a
	09/02/2018	Nel 2017	09/02/2018	09/02/2018
ULDI 100	16,13	6,37	2,174	-
ULDI 70	16,41	7,84	2,168	-
TR 100	15,72	6,83	2,145	-
TR 70	16,56	7,21	2,176	-

Tab. 20 – melo: rilievi biometrici

RISULTATI PERO 2018

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 29 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 3 aprile fino al 30 agosto 2018).

In tabella 21 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2018 è stato sostanzialmente nella norma, decisamente meno caldo e asciutto rispetto all'anno precedente: i valori di evapotraspirazione, nella media climatologica, sono stati compresi tra 4 e 6 mm/giorno, e solo saltuariamente sono stati toccati i 7 mm/giorno. I volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza di gran lunga inferiori all'annata precedente, pari a 260.6 mm in 39 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 2.1 e 12.7 mm (mediamente 6.7 mm), contro un volume stagionale analogo, 255.6 mm per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 68 irrigazioni, con volumi variabili da 2.1 a 5.1 mm per intervento, spalmati in dodici ore al giorno, come descritto in precedenza.

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	10,8	82,6	75,5	74,8	29,2	272,9
Eto (mm/giorno)	3,9	4,5	5,6	5,7	5,2	Media 5,0
Ete (mm/mese) ULDI	27,8	72,5	122,3	140,7	134,1	497,4
deficit (mm) ULDI	17,0	-10,1	46,8	65,9	104,9	224,5
Ete (mm/mese) TR	27,9	75,4	122,3	140,7	134,1	500,4
deficit (mm) TR	17,1	-7,2	46,8	65,9	104,9	227,5
Irrigazione TR (mm)	14,2	47,3	33,0	63,4	102,7	260,6
Irrigazione ULDI (mm)	14,0	44,6	26,8	70,3	99,8	255,6

Tab. 21 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l’az. Marsili nel 2017

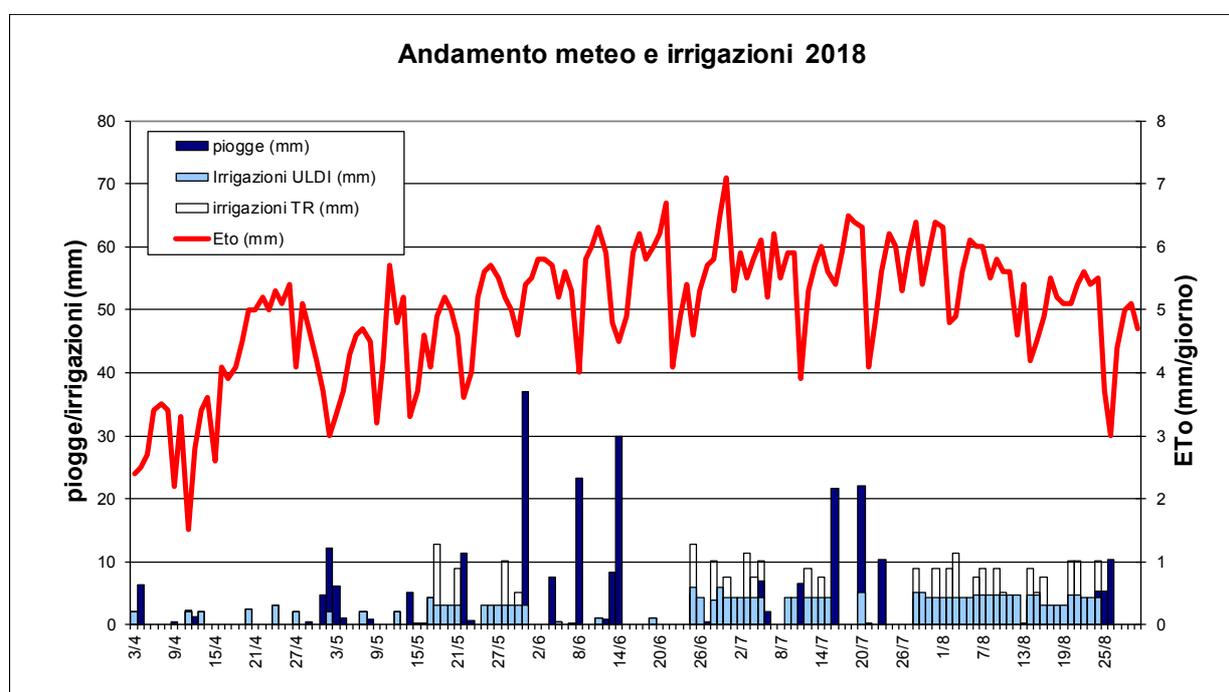


Fig. 29 – andamento meteo e irrigazioni del pero presso l’az. Marsili nel 2018

Nelle figure 30 e 31 sono invece riportati gli andamenti dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell’Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione.

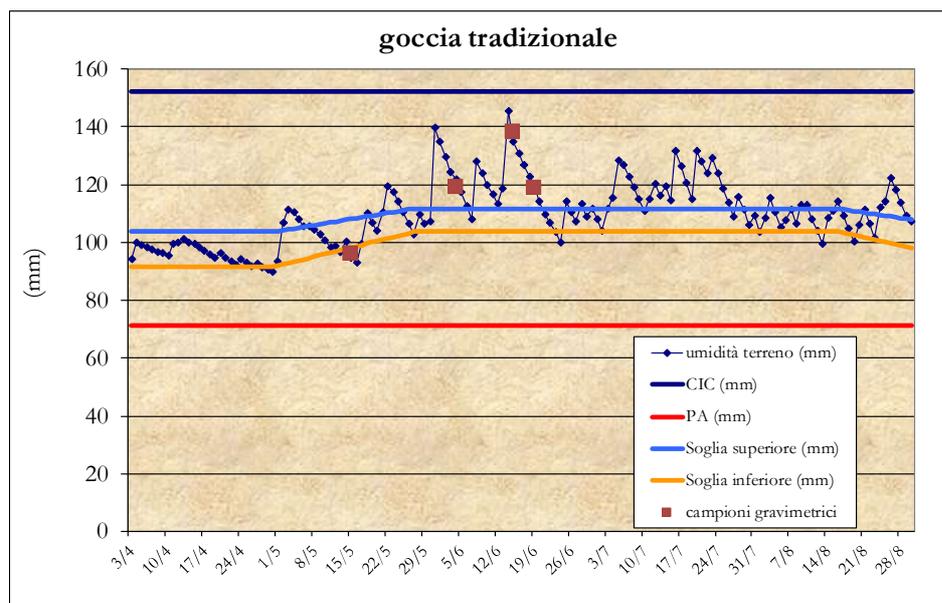


Fig. 30 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi TR nel 2018

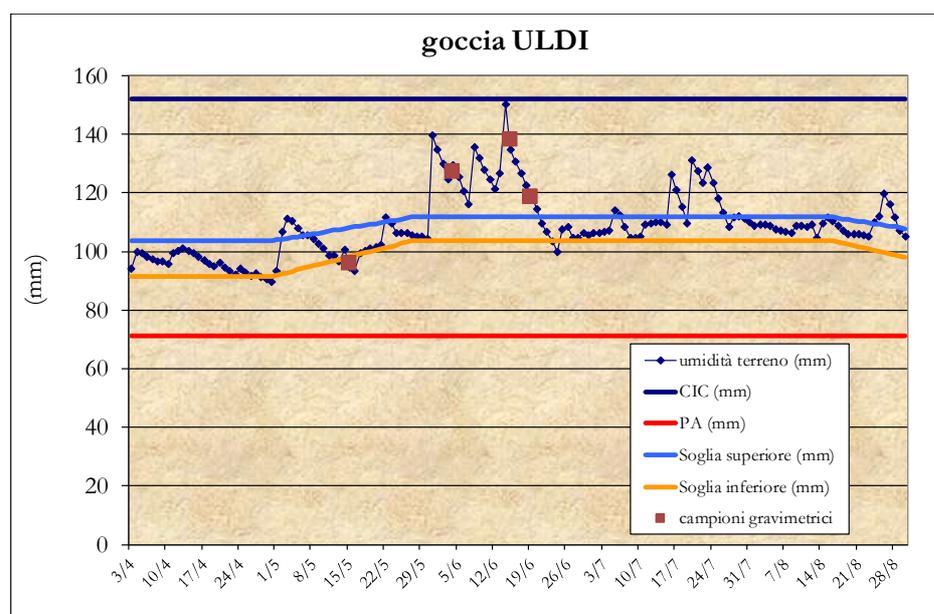


Fig. 31 – andamento dell'umidità del terreno del pero nella tesi ULDI nel 2018

A parte due episodi in maggio e in luglio in seguito a eventi piovosi che hanno determinato condizioni di umidità del terreno prossime alla capacità di campo, l'umidità è stata mantenuta in genere entro le soglie irrigue fino alla raccolta, avvenuta il 30 agosto.

I campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno confermato l'ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Si osserva dal confronto dei trattamenti, la maggior variabilità dell'umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

Nei grafici 32 e 33 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

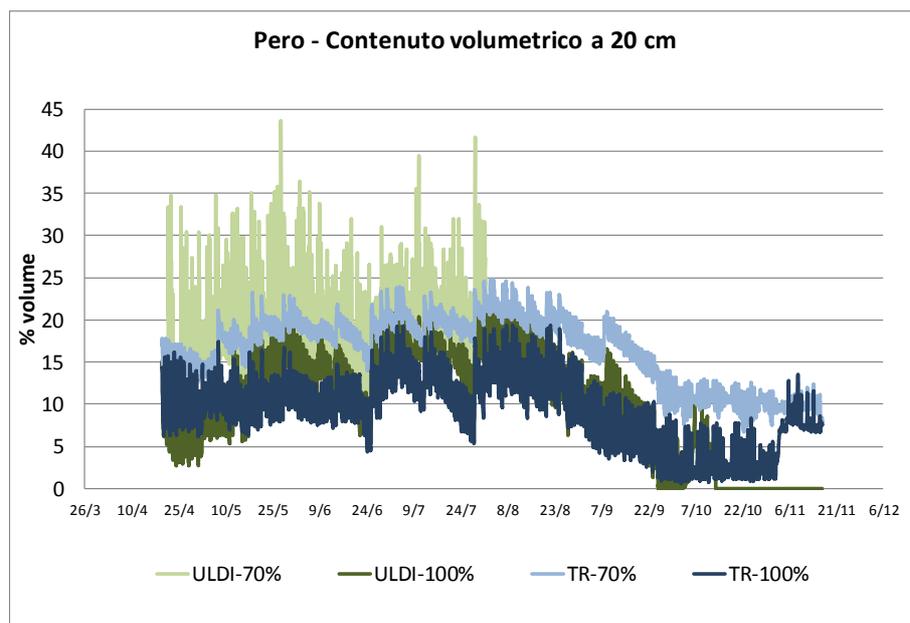


Fig. 32 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

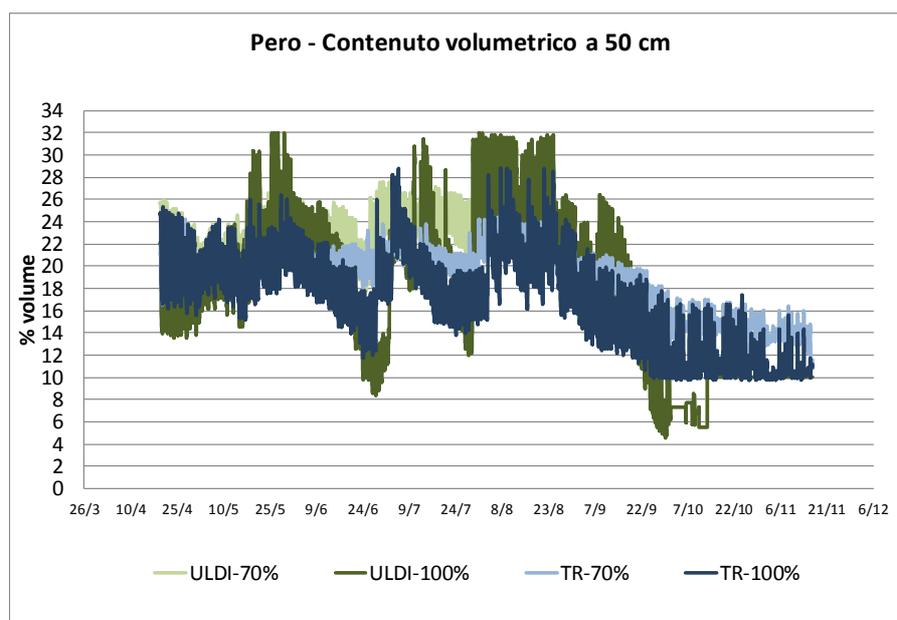


Fig. 33 – Pero: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

Dall'osservazione dei sensori a 20 cm si osserva un maggior contenuto idrico nel trattamento ULDI 70% per buona parte della stagione, a conferma della maggior efficienza del metodo a bassa portata; più in profondità il contenuto idrico si uniforma ed è analogo nei quattro trattamenti nelle tesi 100%.

I tensiometri a 30 cm hanno mostrato per tutta la stagione, fino alla fine di agosto in corrispondenza della raccolta, tensioni più negative (cioè terreno più asciutto) nelle tesi tradizionali rispetto alle ULDI, in particolare con la restituzione del 70%, spesso con tensioni prossime a -200 cbar, come già evidenziato nel 2016-17: ciò è dovuto alla riduzione di ruscellamento e percolazione in profondità, e un maggior contenimento delle infestanti (fig. 34).

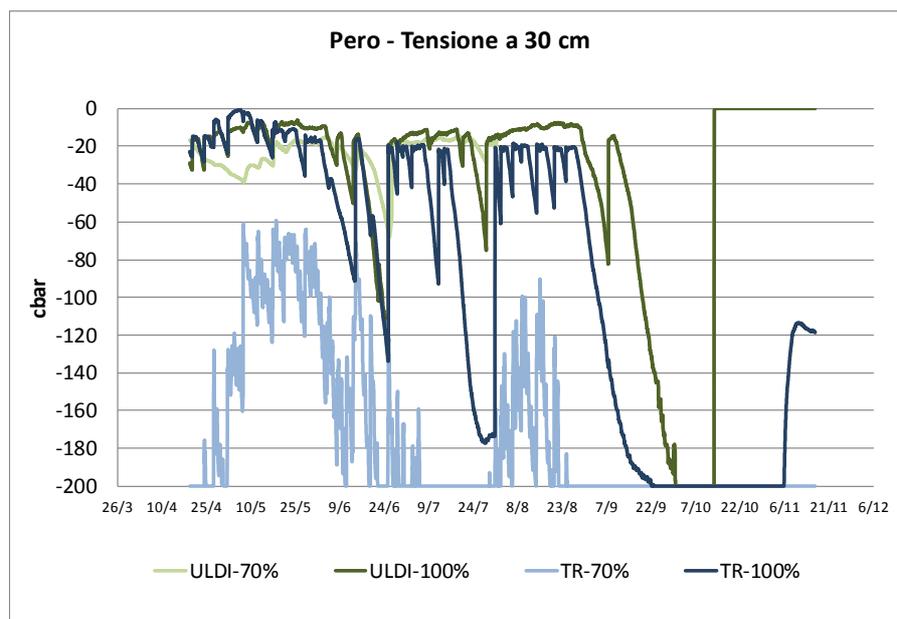


Fig. 34 – Pero: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

In figura 35 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: in seguito alle precipitazioni invernali la falda si è presentata abbastanza superficiale alla ripresa vegetativa, a meno di un metro dal piano di campagna, si è progressivamente abbassata mantenendosi intorno ai 150 cm per gran parte della stagione, per poi scendere ulteriormente a fine agosto fino alla profondità di 195 cm in corrispondenza della raccolta. Il bilancio idrico ha di conseguenza tenuto conto del limitato apporto per risalita capillare.

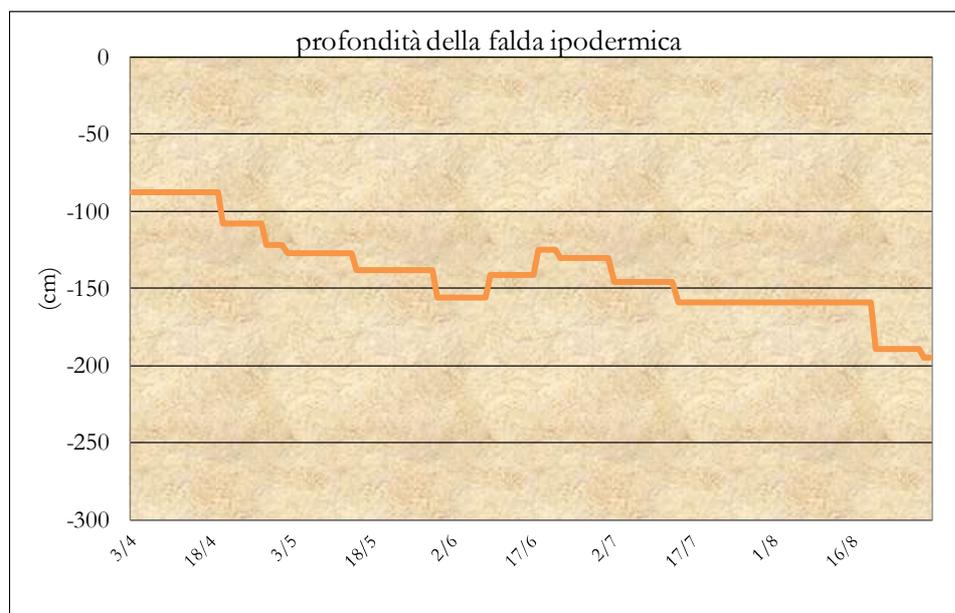


Fig. 35 – andamento della falda ipodermica 2018

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 22 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di

acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 30 agosto 2018: purtroppo la grandinata del 2016 ha in parte ancora penalizzato il pereto, tuttavia la coltura si è ripresa discretamente e, ancora più che nel 2017, la produzione media è risultata superiore ai 200 q/ha, in linea con le caratteristiche dell'MH, portinnesto che generalmente è tra i più precoci tra quelli adottati per il pero, con le prime produzioni di un certo rilievo già a partire dalla seconda/terza foglia.

Erano presenti mediamente più di 20 frutti per pianta, di elevata pezzatura commerciale, ma non si apprezzano differenze significative tra i trattamenti a confronto.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 65+ (%)	resa comm. 65+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)
ULDI 100	225,86	93,45	208,84	528,5	4,274	24,09	303,67
ULDI 70	204,67	93,51	188,23	451,8	4,530	21,46	301,50
TR 100	201,30	97,70	196,61	533,5	3,773	19,54	325,15
TR 70	202,50	96,93	196,40	455,3	4,448	20,91	309,77

Tab. 22 – pero: risultati produttivi nel 2018

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, anche questa senza differenze significative tra i trattamenti, come riportato in tabella 23.

Sistemi irrigui	<55 (%)	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	1,10	1,48	3,98	8,18	22,68	19,16	21,71	21,71	78,15
ULDI 70	1,25	0,59	4,66	10,30	22,36	22,95	18,95	18,95	77,51
TR 100	0,37	0,88	1,05	3,84	18,12	22,57	27,99	25,18	80,32
TR 70	0,50	0,29	2,28	7,18	21,10	24,69	21,98	21,98	79,04

Tab. 23 – pero: ripartizione percentuale per classi di calibro

In tabella 24 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 3 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi che potessero inficiare i confronti.

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
3 agosto							
ULDI 100	33,2	31,9	1,3	55	80	2,08	3,3
ULDI 70	32,1	32,3	-0,2	53	77	2,22	2,0
TR 100	31,0	32,0	-1,0	54	54	2,14	1,1
TR70	33,9	31,6	2,3	59	90	1,86	4,1
medie	32,6	32,0	0,6	55,3	75,3	2,08	2,6

Tab. 24 – pero: rilievi di temperatura fogliare

Come noto le piante in condizioni non limitanti di rifornimento idrico regolano la temperatura fogliare con la traspirazione: l'evaporazione dell'acqua che avviene a livello della lamina fogliare necessita di energia, che viene prese dalle foglie con un conseguente loro raffreddamento. Più la temperatura fogliare è bassa, a parità delle condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica. Il trattamento TR70% è quello che presenta la temperatura fogliare (Tc) più elevata, superiore all'aria (Ta) di 2.3 °C, a dimostrazione di una situazione di maggior stress idrico, rispetto agli altri confronti, mostrando una minor efficienza di utilizzazione dell'acqua irrigua.

I rilievi biometrici, effettuati durante il riposo vegetativo, sono riportati in tabella 25: non si rilevano differenze significative di sviluppo vegetativo tra i trattamenti anche nell'ultimo anno di prova.

	circ. fusto (cm)	Incremento % fusto	Volume chioma	Peso potatura kg/pianta
	28/02/2014		28/02/2014	28/02/2014
ULDI 100	5,56	-	0,100	0,142
ULDI 70	5,65	-	0,098	0,141
TR 100	5,83	-	0,101	0,151
TR 70	5,46	-	0,072	0,128
	26/01/2015	Nel 2014	26/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,58 ab	72,57	0,160	0,388
ULDI 70	9,48 b	68,44	0,161	0,360
TR 100	10,15 a	75,03	0,160	0,429
TR 70	9,77 ab	79,30	0,146	0,397
	15/01/2016	Nel 2015	15/01/2016	03/02/2016
ULDI 100	12,35	28,96	0,160	0,825
ULDI 70	12,46	31,41	0,161	0,978
TR 100	12,69	25,07	0,160	0,878
TR 70	11,96	22,71	0,146	0,665
	25/01/2017	Nel 2016	25/01/2017	31/01/2017
ULDI 100	17,23	39,35	0,853	1,465
ULDI 70	16,50	32,79	0,696	1,248
TR 100	16,77	32,18	0,728	1,343
TR 70	16,85	41,19	0,682	1,468
	24/01/2018	Nel 2017	24/01/2018	24/01/2018
ULDI 100	19,42	12,41	0,649	1,367
ULDI 70	19,54	18,44	0,723	1,315
TR 100	19,42	15,93	0,738	1,536
TR 70	19,08	13,23	0,679	1,328
	13/11/2018	Nel 2018	13/11/2018	18/01/2019
ULDI 100	21,19	9,78	1,036	1,570
ULDI 70	20,63	5,54	0,972	1,273
TR 100	20,73	6,78	0,948	1,398
TR 70	20,27	6,42	1,089	1,232

Tab. 25 – pero: rilievi biometrici

RISULTATI MELO 2018

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 36 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 9 aprile fino al 24 settembre).

In tabella 26 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico nella norma del 2018 è stato già descritto in precedenza: i volumi irrigui stagionali per il melo sono stati pari a 232.1 mm in 29 irrigazioni a goccia tradizionale (TR), con volumi di intervento compresi tra 2.1 e 12.6 mm (mediamente 8 mm), contro un volume stagionale analogo, 223.5 mm, per il trattamento a goccia a bassa portata (ULDI), ma distribuito in ben 60 irrigazioni, con volumi variabili da 2.1 a 4.7 mm per intervento, ciascuno spalmato in dodici ore nell'arco della giornata, come descritto in precedenza.

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	4,4	82,6	75,5	74,8	29,9	45,5	312,7
Eto (mm/giorno)	4,1	4,5	5,6	5,7	5,1	3,7	Media 4,8
Ete (mm/mese) ULDI	27,2	70,6	112,2	134,5	134,8	62,3	541,6
deficit (mm) ULDI	22,8	-12,0	36,7	59,7	104,9	16,8	228,9
Ete (mm/mese) TR	27,2	70,4	112,2	134,5	134,8	62,3	541,5
deficit (mm) TR	22,8	-12,2	36,7	59,7	104,9	16,8	228,8
Irrigazione TR (mm)	0,0	43,2	17,9	57,4	105,3	8,4	232,1
Irrigazione ULDI (mm)	0,0	33,3	16,5	63,3	98,8	11,6	223,5

Tab. 26 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il melo presso l'az. Marsili nel 2018

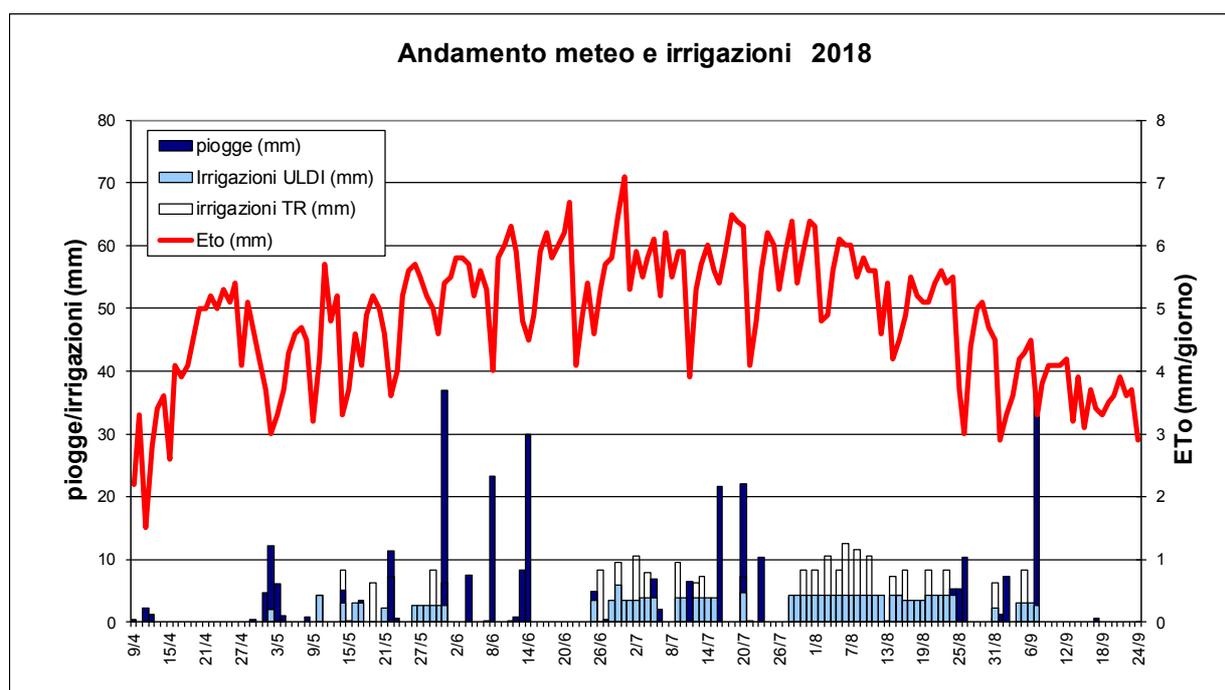


Fig. 36 – andamento meteo e irrigazioni del melo presso l'az. Marsili nel 2018

Nelle figure 37 e 38 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere, nelle fasi centrali del ciclo colturale corrispondenti al rapido accrescimento dei frutti, una umidità del suolo compresa tra il 35 e il 50% dell'Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione, come per il pero.

Le precipitazioni primaverili hanno determinato condizioni di umidità del terreno spesso superiori alle soglie di inizio e fine irrigazione, e prossime alla capacità di campo, in particolare nella prima decade di giugno, in entrambi i metodi irrigui. A partire da giugno le irrigazioni si sono susseguite regolarmente con restituzione del 100% dei consumi fino alla prima decade di settembre, dove si sono registrati diversi eventi piovosi fino alla raccolta avvenuta il 24 settembre.

Anche per il melo i frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni dei grafici) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Dal confronto dei trattamenti, nel periodo tra fine luglio e inizio settembre, in assenza di precipitazioni, si osserva una maggior variabilità dell'umidità del terreno nella tesi TR, che aveva un turno di due-tre giorni tra le irrigazioni, rispetto alle irrigazioni a cadenza giornaliera della tesi ULDI.

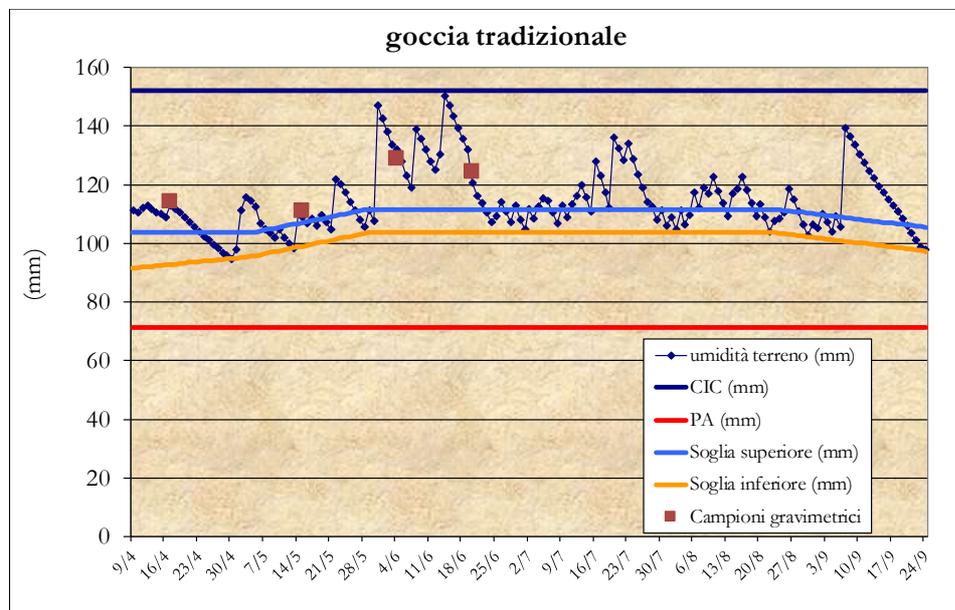


Fig. 37 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi TR nel 2018

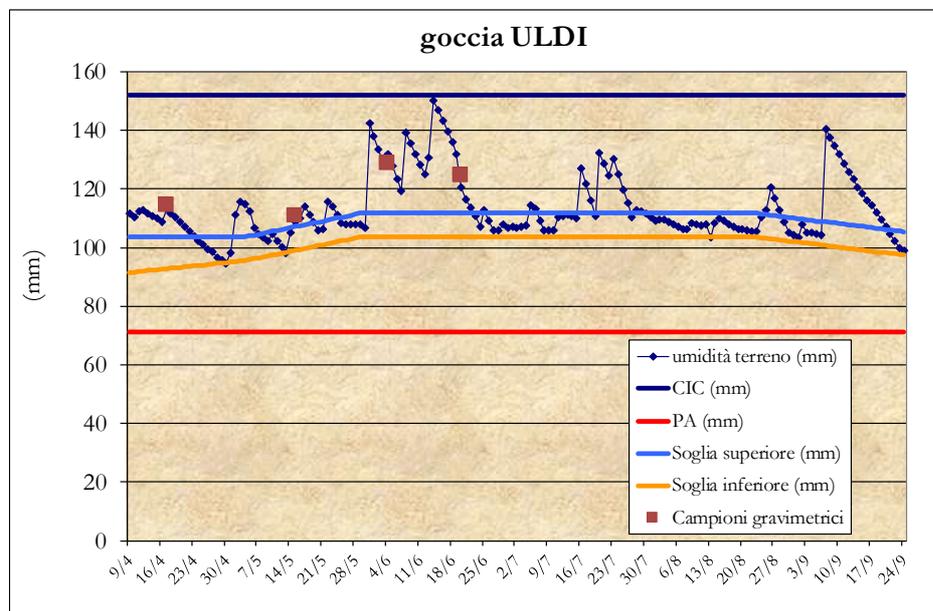


Fig. 38 – andamento dell'umidità del terreno del melo nella tesi ULDI nel 2018

Nei grafici 39 e 40 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (20 e 50 cm) nei diversi trattamenti.

La stazione della tesi ULDI 100% ha purtroppo smesso di funzionare a metà stagione; se ci limitiamo pertanto a guardare solo i trattamenti al 70%, la tesi a goccia tradizionale mostra una minor efficacia di bagnatura in entrambi gli orizzonti. Addirittura nell'orizzonte

profondo la tesi ULDI 70% presenta lo stesso tenore di umidità del TR 100%, in virtù di una maggior efficienza di applicazione del sistema a bassa portata.

Come già illustrato in precedenza a concorrere alla maggior efficienza delle tesi ULDI sono il contenimento del ruscellamento superficiale che si registra invece con il metodo a goccia tradizionale in corrispondenza della rincalzatura delle piante, la riduzione del cosiddetto "effetto chiodo", ovvero della perdita d'acqua utile per percolazione sotto lo strato colonizzato dalle radici, che si registra in microirrigazione in caso di elevate portate localizzate sotto il gocciolatore, e il contenimento dello sviluppo di infestanti, che sarebbero causa di ulteriore consumo d'acqua.

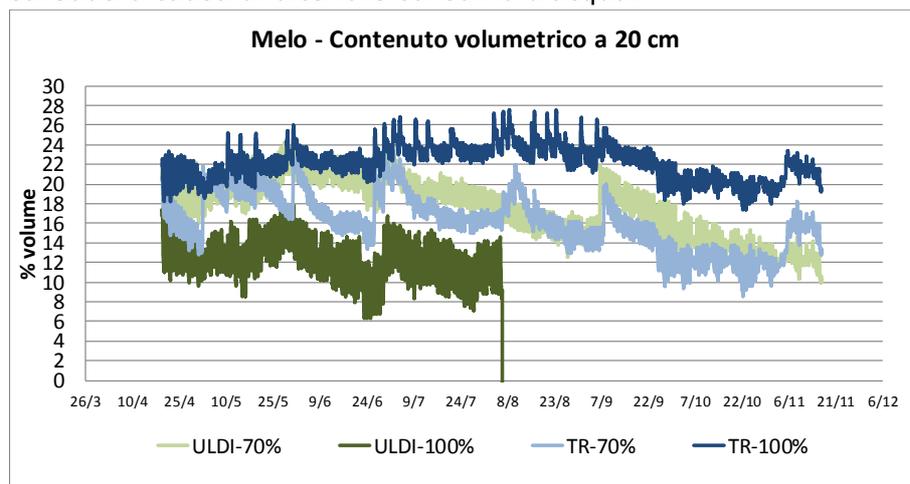


Fig. 39 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 20 cm di profondità

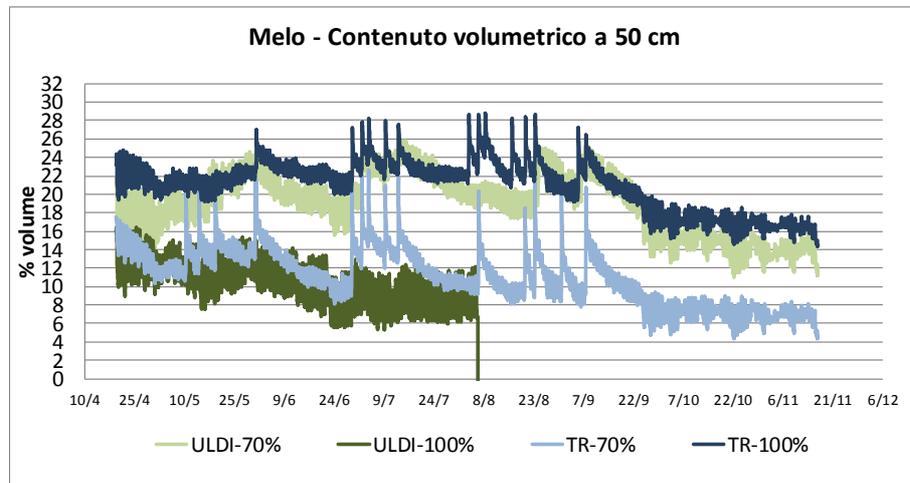


Fig. 40 – Melo: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 50 cm di profondità

In fig. 41 è riportato l'andamento stagionale della tensione del terreno a 30 cm di profondità: il tensiometro della tesi ULDI 70% ha presentato problemi legati al suo posizionamento. Dal confronto degli altri, emerge di nuovo la maggior efficienza di bagnatura del sistema ULDI 100%, con tensioni costantemente meno negative (terreno più bagnato) rispetto alle tesi tradizionali.

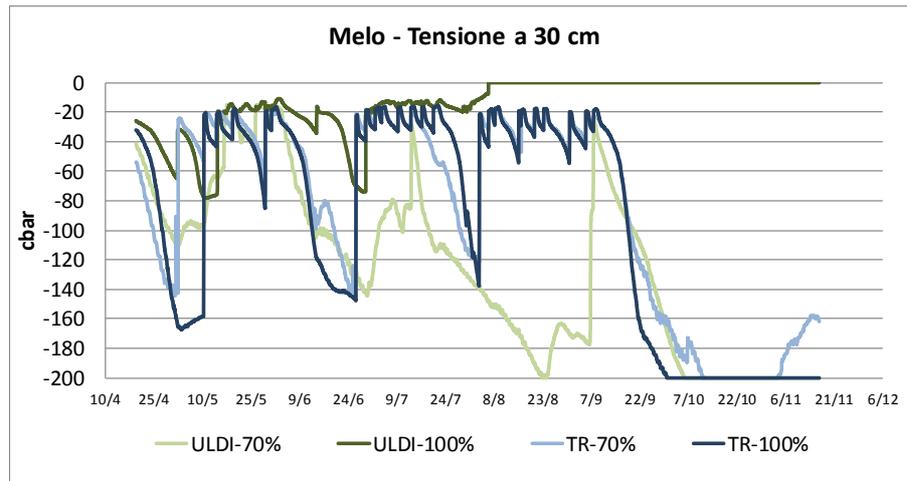


Fig. 41 – Melo: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

Come già descritto per il pero, l’apporto della falda ipodermica è stato nella media della zona: in seguito alle precipitazioni invernali la falda si è presentata abbastanza superficiale alla ripresa vegetativa, a meno di un metro dal piano di campagna, si è progressivamente abbassata mantenendosi intorno ai 150 cm per gran parte della stagione, per poi scendere ulteriormente a fine agosto fino alla profondità di 195 cm in corrispondenza della raccolta. Il bilancio idrico ha di conseguenza tenuto conto del limitato apporto per risalita capillare.

Risultati vegeto-produttivi

In tabella 27 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia, rilevati alla raccolta del 24 settembre 2018: la coltura, anche per effetto dell’alternanza dopo l’eccezionale produzione del 2017 (con oltre 870 q/ha di media di campo), ha ottenuto comunque una buona resa media di campo, intorno ai 450-500 q/ha, grazie ad una buona carica di frutti, mediamente 90 per pianta, il 96% dei quali di pezzatura commerciale di calibro 70+, con un peso medio superiore ai 200 grammi. Non si sono tuttavia registrate differenze significative tra i trattamenti: le tesi a parziale restituzione dei consumi hanno ottenuto rese analoghe a quelle irrigate al 100%, mostrando di conseguenza un incremento di efficienza d’uso dell’acqua – WUE, anche se non in misura significativa. Questi risultati sembrerebbero suggerire la possibilità di una riduzione del volume irriguo consigliato da Irrinet per il melo.

Non avendo lavorato in condizioni di limitato sussidio idrico, non sono pertanto emerse differenze tra le tesi ULDI e quelle irrigate a goccia tradizionale in termini produttivi.

Su un campione di 10 frutti per parcella è stata rilevata la % di sovra colorazione (rosso su verde): più del 50% dei frutti hanno mostrato una % di sovra colorazione maggiore del 40% (limite di qualità imposto dagli standard Melapiù) per tutti i trattamenti con differenze statisticamente non significative, complice le escursioni termiche registrate nei giorni finali del ciclo colturale.

Sistemi irrigui	resa totale (q/ha)	resa comm. 70+ (%)	resa comm. 70+ (q/ha)	piogge + irrigazioni (mm)	W.U.E. (g/l)	numero frutti pianta	peso medio (grammi)	% di sovra colore	% di frutti con sovra colore >40%
ULDI 100	524,67	97,84	514,47	536,2	9,785	94,61	210,60	43,75	53,8
ULDI 70	465,27	97,29	452,84	469,1	9,918	88,00	201,56	40,38	50,0
TR 100	446,98	93,70	416,16	544,8	8,205	86,97	199,18	43,75	52,5
TR 70	535,56	96,30	514,27	475,2	11,271	108,07	190,76	38,94	47,5

Tab. 27 – melo: risultati produttivi nel 2018

È stata fatta anche la ripartizione % per classi di calibro, come riportato in tabella 28, che non ha fatto registrare differenze significative tra i trattamenti (tranne per la % di <65 mm e di 75-80 mm di calibro), penalizzando la tesi TR100%.

Sistemi irrigui	<65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	>85 (%)	diam. frutto (mm)
ULDI 100	0,42 b	1,74	11,33	16,72 b	38,87	30,93	82,47
ULDI 70	0,46 b	2,25	15,55	27,67 a	30,73	23,35	80,85
TR 100	1,42 a	4,88	14,44	17,81 b	33,82	27,63	81,12
TR 70	0,94 ab	2,75	19,72	24,11 ab	32,49	19,99	80,15

Tab. 28 – melo: ripartizione percentuale per classi di calibro

In tabella 29 sono invece riportati i rilievi di temperatura fogliare effettuati il 3 agosto ad una certa distanza da eventi piovosi, in modo da non influenzare i confronti.

Sistemi irrigui	Tc (°C)	Ta (°C)	Tc-Ta (°C)	RH (%)	Rad (%)	VPD (kpa)	CWSI
3 agosto							
ULDI 100	34,1	33,3	0,8	58	81	2,12	2,8
ULDI 70	34,3	33,3	1,0	54	76	2,31	3,2
TR 100	34,1	33,2	0,9	55	79	2,29	3,0
TR 70	34,0	33,3	0,7	61	81	1,97	2,7
medie	34,1	33,3	0,9	57,0	79,3	2,17	2,9

Tab. 29 – melo: rilievi di temperatura fogliare

Più la temperatura fogliare è bassa, a parità di condizioni di temperatura, umidità e radiazione al contorno, minore è lo stress dovuto a carenza idrica: tutti i trattamenti presentano temperature fogliari di poco superiore all'aria, a conferma di una traspirazione fogliare non limitante.

I rilievi biometrici, effettuati durante il riposo vegetativo, sono riportati in tabella 30: non si sono rilevate differenze significative nello sviluppo vegetativo tra i trattamenti in tutto l'arco degli anni di progetto, ad esclusione della legna di potatura, maggiore nel 2019 nella tesi ULDI100% (anche se con $p < 0.10$ solamente).

	circ. fusto (cm)	Incremento % fusto	Volume chioma	Peso potatura kg/pianta
	28/02/2014		28/02/2014	28/02/2014
ULDI 100	6,54	-	0,174	0,128
ULDI 70	6,52	-	0,167	0,096
TR 100	6,35	-	0,166	0,117
TR 70	6,77	-	0,176	0,098
	27/01/2015	Nel 2014	27/01/2015	18/02/2015
ULDI 100	9,63	47,22	0,363	0,172
ULDI 70	9,50	45,84	0,350	0,158
TR 100	9,35	47,28	0,327	0,109
TR 70	9,56	41,27	0,313	0,149
	12/01/2016	Nel 2015	12/01/2016	11/03/2016
ULDI 100	11,15	15,81	1,269	0,596
ULDI 70	10,92	14,95	1,256	0,586
TR 100	10,50	12,23	1,159	0,458
TR 70	11,15	16,67	1,087	0,564
	26/01/2017	Nel 2016	26/01/2017	15/03/2017
ULDI 100	15,16	36,33	2,062	1,188 b
ULDI 70	15,22	39,45	2,002	1,480 a
TR 100	14,72	40,43	2,117	1,124 b
TR 70	15,44	38,48	2,147	1,450 a
	09/02/2018	Nel 2017	09/02/2018	09/02/2018
ULDI 100	16,13	6,37	2,174	-
ULDI 70	16,41	7,84	2,168	-
TR 100	15,72	6,83	2,145	-
TR 70	16,56	7,21	2,176	-
	16/11/2018	Nel 2018	16/11/2018	7/02/2019
ULDI 100	18,41	14,22	2,579	2,141 a
ULDI 70	18,34	11,89	2,760	1,866 ab
TR 100	17,94	14,16	2,473	1,908 ab
TR 70	18,72	13,26	2,673	1,671 b

Tab. 30 – melo: rilievi biometrici

CONCLUSIONI

La sperimentazione in oggetto aveva l'obiettivo di migliorare l'efficienza degli attuali sistemi irrigui a goccia mediante la messa a punto della tecnica integrata delle ali gocciolanti interrate a bassissima portata (ULDI) sulle pomacee: è stata svolta tutta l'attività prevista nelle annualità del progetto, su un frutteto dedicato messo a dimora nel 2014 presso Acqua Campus del CER, con le parcelle previste dal protocollo sperimentale. Sono stati differenziati i trattamenti irrigui come previsti dal progetto, posati gli strumenti necessari alla misurazione dell'umidità del terreno ed effettuati tutti i rilievi sperimentali previsti su terreno e vegetazione.

Il 2016 è servito per terminare la fase di allevamento del frutteto, sia per il pero che per il melo, con produzioni ancora di scarso rilievo; dai dati registrati nel 2017 e 2018, con l'entrata in piena produzione, non sono emerse differenze di rilievo tra le tesi ULDI e quelle irrigate a goccia tradizionale.

Dal punto di vista impiantistico, è stata messa a punto la tecnica di micro-irrigazione di precisione a bassa portata per il pero e melo: la soluzione adottata con l'impiego delle ali anti-gocciolamento e della centralina per automatizzare le partenze e la durata degli intervalli di irrigazione è parsa funzionale e con un aggravio dei costi decisamente contenuto (poche centinaia di euro, al servizio dell'intero frutteto, indipendentemente dalla

superficie sottesa). Il frazionamento degli interventi scelto è stato in grado di garantire una umidità del terreno pressoché costante durante i periodi irrigui non "disturbati" dalle precipitazioni, come mostrato dai sensori di umidità del terreno a cadenza oraria.

L'irrigazione a bassa portata e l'impiego delle ali gocciolanti interrate not-leakage (anti-gocciolamento) ha garantito la massima efficienza di applicazione, contenendo le infiltrazioni sotto lo stato colonizzato dalle radici per effetto chiodo, l'evaporazione e il ruscellamento superficiale, garantendo un maggior controllo delle infestanti.

I sensori di umidità del terreno hanno messo in evidenza l'efficacia del sistema ULDI: tuttavia non si è mai lavorato in situazioni idriche limitanti e anche i trattamenti al 70% non hanno determinato situazione di stress per le specie studiate, tali da indurre decrementi produttivi, qualitativi e biometrici.

In queste condizioni non sono emersi pertanto i vantaggi attesi rispetto all'irrigazione a goccia tradizionale che anche con la restituzione del 70% dei consumi non ha evidenziato situazioni limitanti.

Questi risultati sembrerebbero suggerire la possibilità di apportare una ulteriore riduzione del volume irriguo consigliato da Irrinet per pero e melo, specie per i frutteti irrigati con metodi microirrigui ad elevata efficienza di applicazione.

AZIONE 3.3 - Attività 1

VERIFICA TECNOLOGICA SULL'EFFICACIA DEI DIVERSI TIPI DI IRRIGATORI SULLA CLIMATIZZAZIONE DEI FRUTTETI, AD OPERA DEL CER PRESSO LA PROPRIA AZ. SPERIMENTALE ACQUA CAMPUS DI MEZZOLARA DI BUDRIO (BO) – ANNI 2017-18.

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO nel 2017:

Le prove tecnologiche presso l'area sperimentale del Consorzio CER sono state eseguite durante il periodo irriguo 2017 a partire dal 30 maggio sino al giorno 8 agosto. Al fine dell'esecuzione dei test sono stati installati sensori di temperatura a termistore collegati a datalogger per il rilevamento della temperatura ogni 10 minuti. L'installazione ha previsto il posizionamento di 6 sensori per ogni tesi per un totale di 24 sensori.

Le prove sono state eseguite nel perimetro sperimentale del CER presente nell'area dimostrativa dell'Acqua Campus. Qui è presente una area espositiva funzionante dei materiali irrigui. La varietà presente nell'area è Conference.

Le prove sono state eseguite per valutare l'effetto climatizzante di differenti soluzioni impiantistiche adottate comunemente dagli agricoltori, a confronto con un controllo non climatizzato.

In particolare:

1. Minisprinkler rotante "a schiaffo", con portata da 341 l/h e sesto di installazione 12x8 m per una pluviometria di 3.55 mm/h
2. Microsprinkler con portata da 70 l/h e sesto di installazione 4x4 m per una pluviometria di 4.3 mm/h
3. Microsprayer con portata da 60 l/h e sesto di installazione 4x4 m per una pluviometria di 3.75 mm/h

Le tre tipologie di irrigatori sono state testate in più giornate nel corso della stagione, con durate crescenti di intervento climatizzante, 1, 4 e 6 ore rispettivamente, al fine di valutare l'efficacia dell'effetto climatizzante sulle piante in funzione della tipologia di bagnatura (gocce grosse per mini e microsprinkler, gocce più piccole e getto nebulizzato per il microsprayer) in interazione con la durata dell'intervento climatizzante e del turno tra due irrigazioni successive (un'ora tutti i giorni, 4 ore ogni 2-3 giorni, 6 ore ogni 4 giorni), compatibilmente con il perdurare delle condizioni di criticità per le alte temperature.

Al fine di valutare la reale pluviometria degli impianti irrigui sono state eseguite delle prove preliminari per la misura dell'intensità irrigua degli irrigatori posizionando dei pluviometri al di sotto di essi. Le pluviometrie per tutti i tre impianti in prova sono risultate analoghe, di circa 2 millimetri per ora, quindi il 56%, 47% e 53% del calcolato rispettivamente per Minisprinkler, Microsprinkler e Microsprayer.

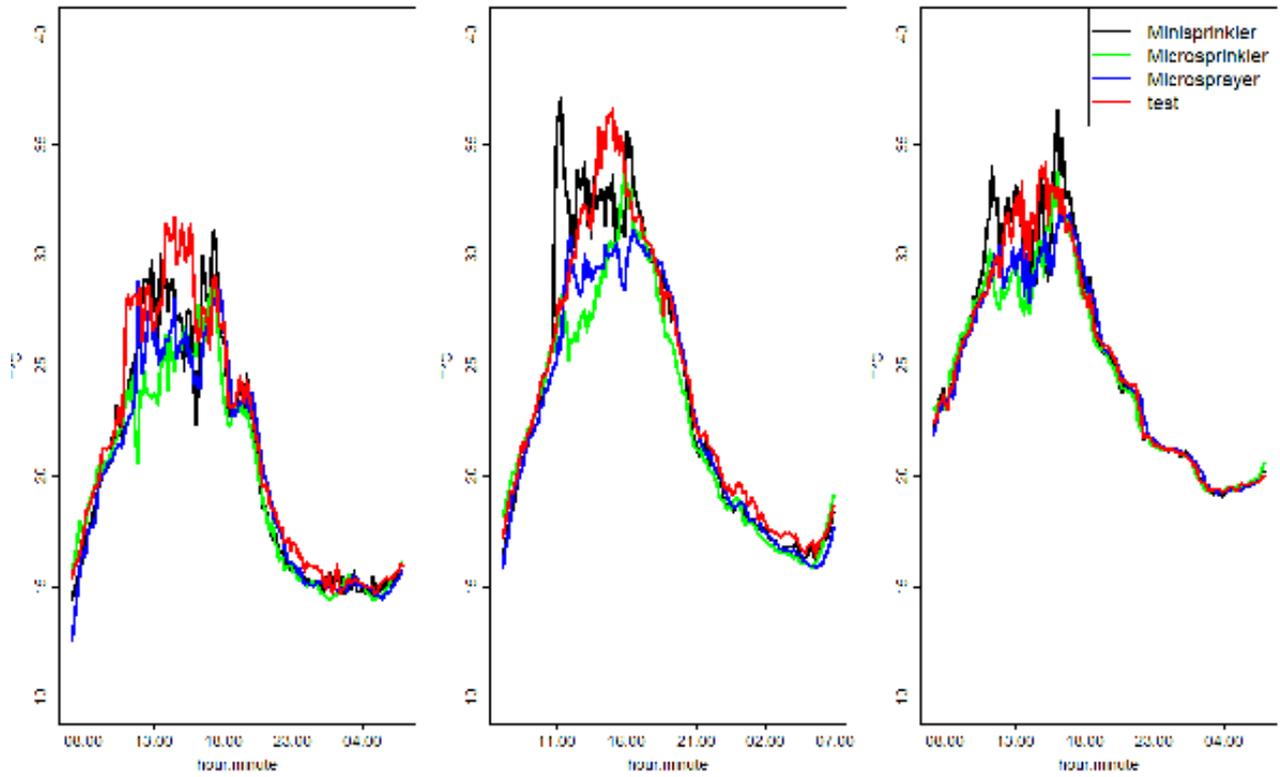
Per la valutazione dell'efficacia del raffreddamento dei sistemi a confronto, per ogni tesi sono stati installati 5 sensori di temperatura collegati ad apposito datalogger programmati per la registrazione della temperatura ogni 10'. Le termocoppie sono state posizionate su piante sottostanti al centro di due irrigatori contigui: 3 sensori sulle foglie e 2 sensori sui frutti per un totale di 20 sensori comprensivo anche del controllo non climatizzato. Per l'installazione dei sensori sulle foglie si è provveduto a localizzare gli stessi a contatto con la pagina inferiore delle foglie stesse, al fine di limitare l'effetto dell'irraggiamento sulla

temperatura rilevata del sensore. Lo stesso è stato fatto per 1 sensore sul frutto con l'installazione dei termistori a contatto con la parte non esposta alla luce. Un'altra termocoppia sul frutto è stata invece installata con la testa del sensore sotto l'epidermide, a circa 1 millimetro, al fine di valutare la metodologia di installazione dei termistori, sia a contatto che internamente al frutto.

Di seguito è riportato il calendario degli interventi irrigui effettuati nella stagione 2017.

data	durata	dalle	alle	Volume
	h	hh.mm	hh.mm	mm
05/06/2017	1	13.30	14.30	2
09/06/2017	4	11.45	15.45	8
12/06/2017	4	11.45	15.45	8
14/06/2017	4	11.45	15.45	8
19/06/2017	1	13.12	14.12	2
20/06/2017	1	14.25	15.25	2
21/06/2017	1	13.30	14.30	2
22/06/2017	1	14.25	15.25	2
23/06/2017	6	9.50	15.50	12
03/07/2017	6	9.55	15.55	12
07/07/2017	6	9.40	15.40	12
10/07/2017	6	9.55	15.55	12
19/07/2017	6	9.55	15.55	12

Temperatura fogliare 09-12-14/06/2017 - irrigazione 4 ORE



Temperatura fogliare 19-20-21/06/2017 - irrigazione 1 ORA

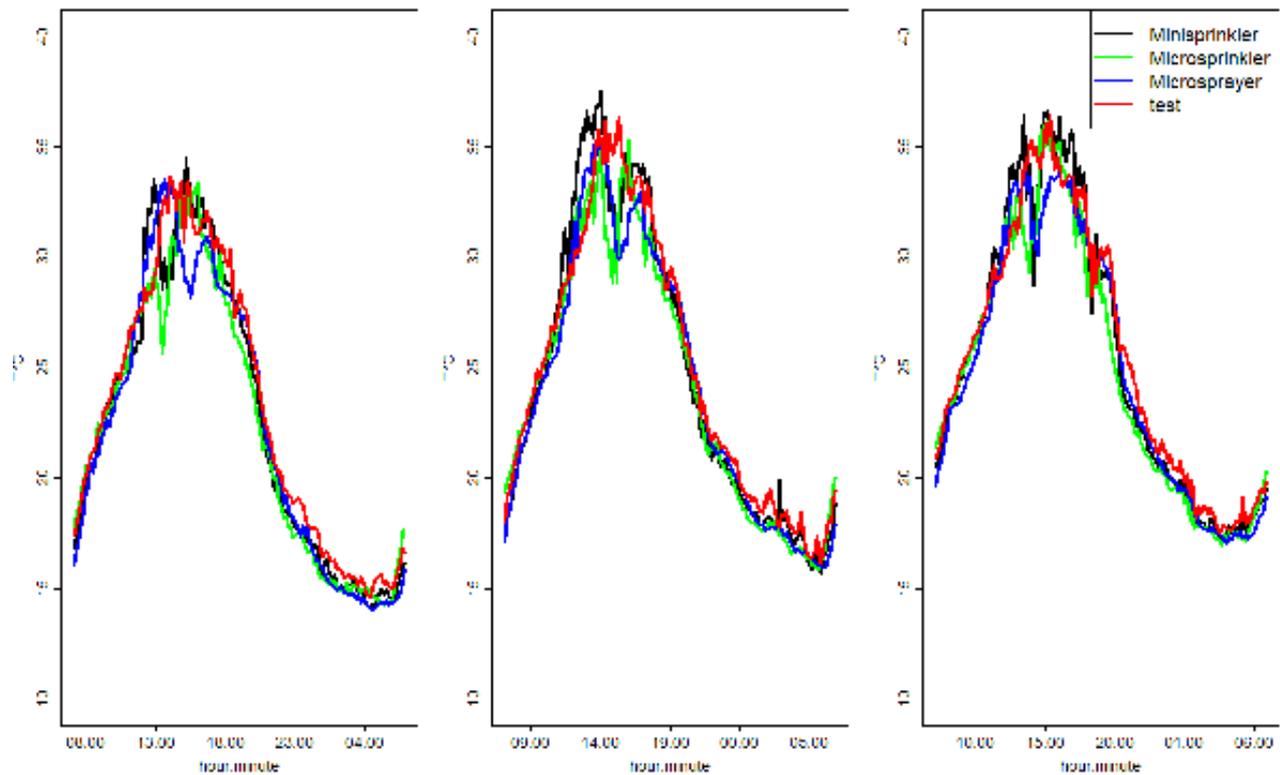


Figure 1: andamento giornaliero delle temperature fogliari per interventi irrigui di 1 e 4 ore.

Nelle Figure 1 riportiamo l'andamento giornaliero delle temperature fogliari per 6 giorni di prove con durata irrigazione di 1 ora e di 4 ore. A livello giornaliero si notano subito in seguito all'evento irriguo climatizzante delle variazioni di temperatura tra le diverse tesi, ma risulta evidente come l'effetto sia limitato alla durata dell'intervento o comunque a qualche ora successiva alla fine dell'intervento stesso. Già dopo 30-60 minuti dopo la conclusione dell'intervento climatizzante l'effetto sulla temperatura risulta mitigato e comunque alla fine della giornata a partire dalle 17:00-18:00 le temperature delle tesi tendono a riallinearsi completamente al controllo non climatizzato, per arrivare a sovrapporsi completamente tra le 19:00-20:00. Lo stesso vale in presenza di interventi irrigui della durata di 6 ore, come riportato nelle Figure 2.

Temperatura fogliare 03-07-10/07/2017 - irrigazione 6 ORA

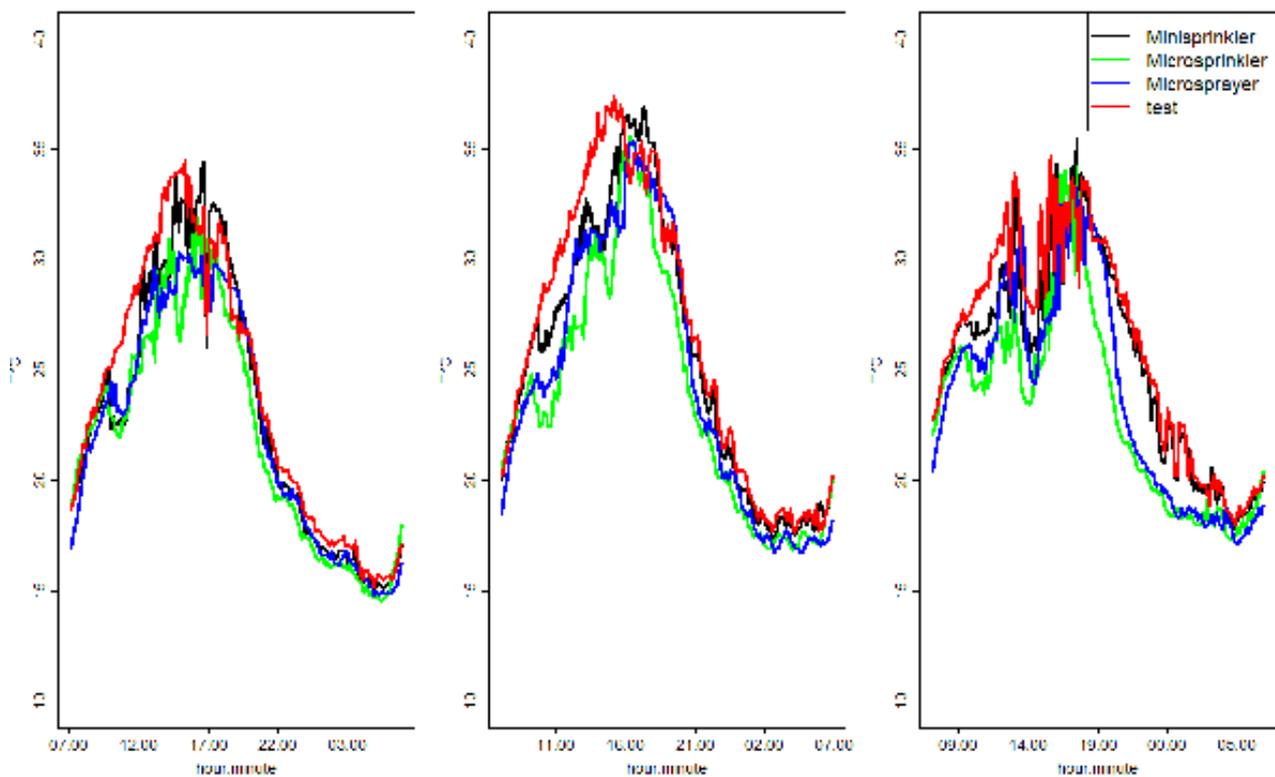
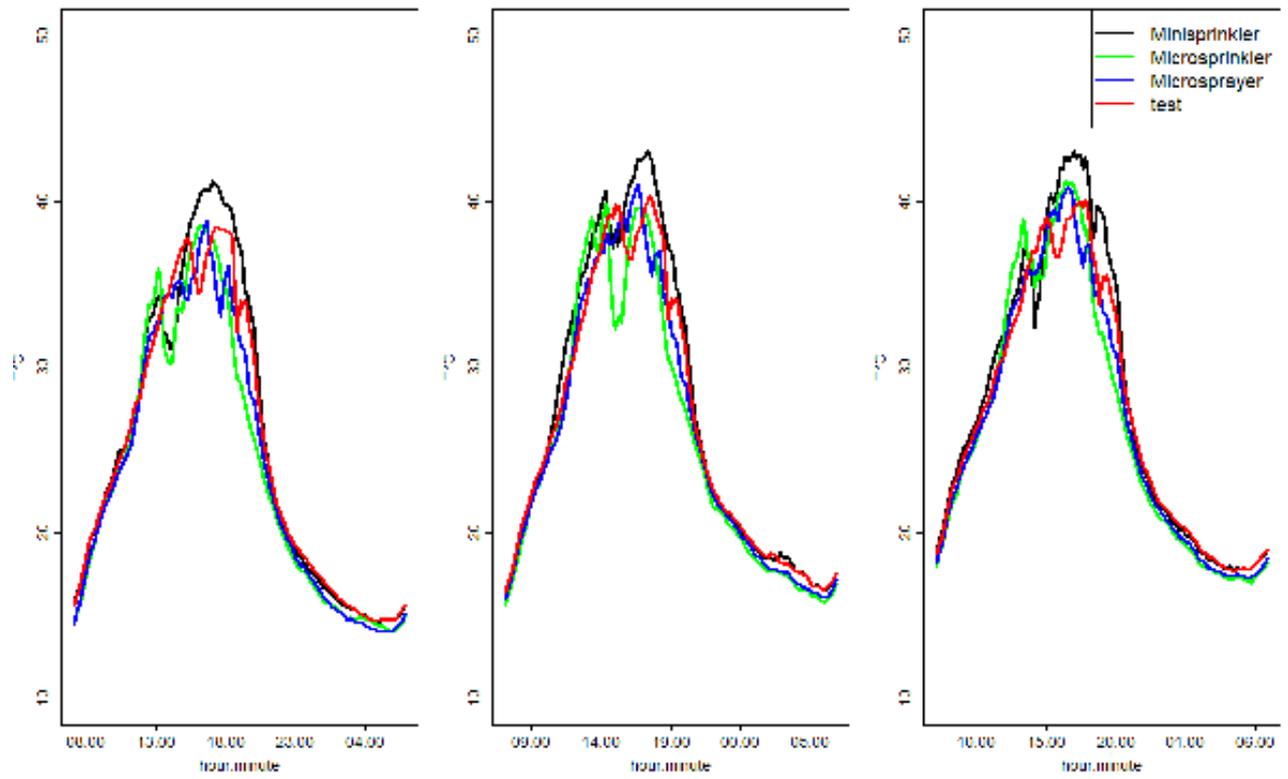


Figure 2: andamento giornaliero delle temperature fogliari per interventi irrigui di 6 ore.

L'andamento delle temperature per i frutti (Figure 13) conferma quanto riportato per le temperature fogliari. Il frutto raggiunge temperature massime superiori fino a 10°C rispetto alla foglia non essendo un organo traspirante quindi non raffreddandosi. Gli aumenti di temperatura dei frutti rispetto alle foglie comunque sono in media circa 5-8 °C. Così come per le foglie comunque anche per i frutti viene confermato come a partire dalle ore 19:00 dello stesso giorno dell'intervento irriguo climatizzante, quindi circa 4 ore dopo la fine della climatizzazione, le temperature del testimone e delle tesi climatizzate tendono a riallinearsi. Sulla base di quanto esposto preliminarmente l'intervento climatizzante è da considerarsi una pratica efficace esclusivamente durante la sua realizzazione e comunque non oltre le 4 ore dalla fine dell'intervento. **La durata dell'intervento irriguo non sembra incidere sulla durata dell'effetto climatizzante che rimane sempre circoscritto al periodo che va da 15-30 minuti dopo l'inizio della climatizzazione fino a 3-4 ore dopo la sua conclusione.**

Temperatura interna frutti 19-20-21/06/2017 - irrigazione 1 ORA



Temperatura interna frutti 09-12-14/06/2017 - irrigazione 4 ORE

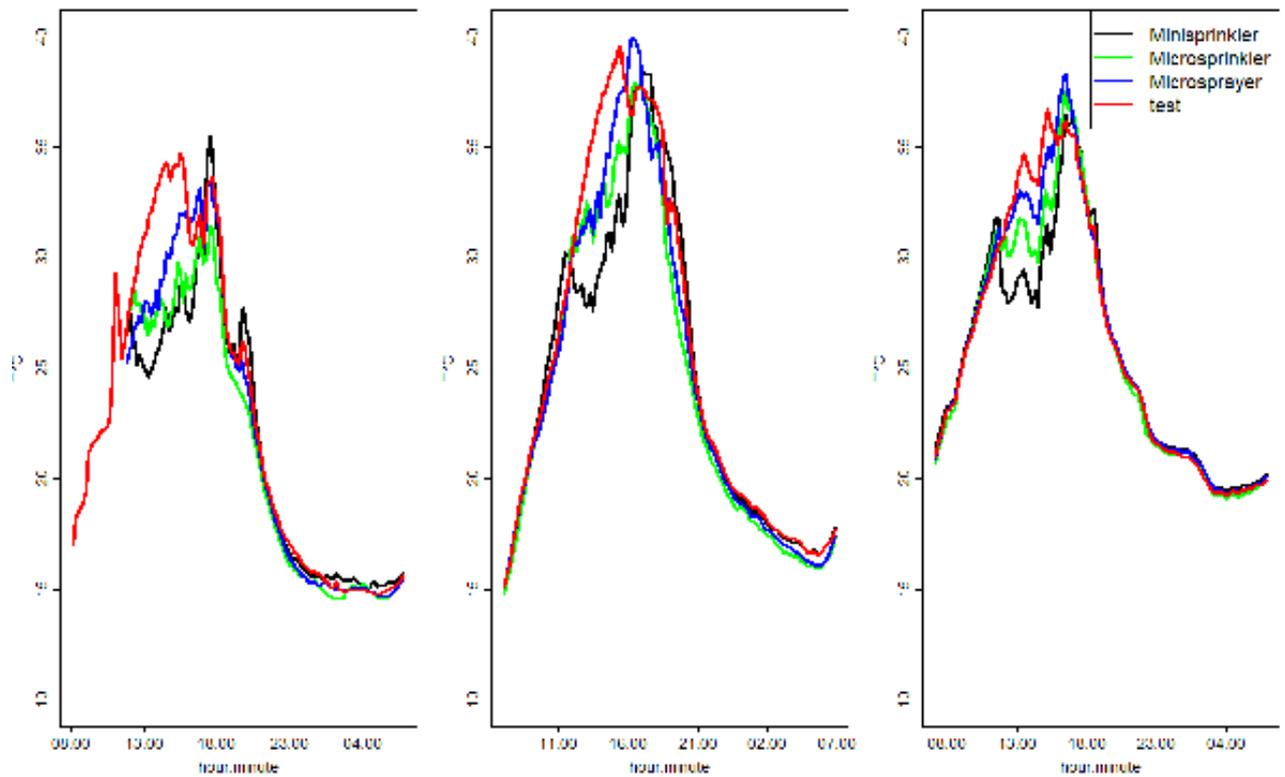


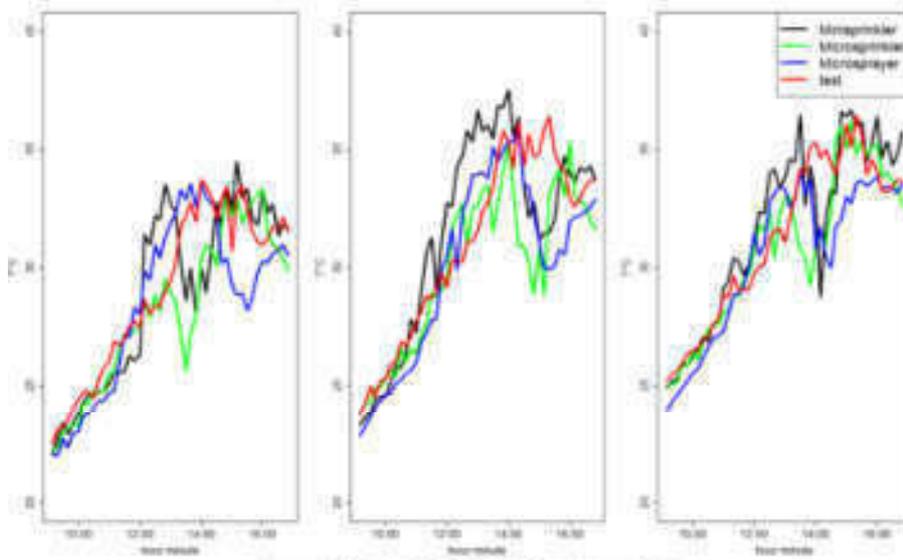
Figure 3: andamento delle temperature del frutto

Per valutare l'effetto sulla vegetazione e sui frutti della tipologia di impianto ad aspersione per la climatizzazione riportiamo il dettaglio della temperatura registrate sulle foglie (Figure 4), all'interno e all'esterno del frutto dalle 8:00 alle 17:00 dei giorni in cui sono state eseguite le prove. Per quanto riguarda la temperatura fogliare nella prova di climatizzazione con durata dell'intervento di 1 ora (orario start 13.12, 14.25, 13.30 rispettivamente per il 19-20-21/06) si notano abbassamenti della temperatura di 5-7°C delle tesi rispetto al testimone escluso per la tesi Microsprayer del 19/06 ove è probabile che le foglie soggette all'installazione siano state esposte maggiormente alla luce diretta del sole. Comunque l'effetto è limitato alla sola durata dell'intervento climatizzante. Non si evince una maggior capacità climatizzante di un impianto irriguo rispetto ad un altro anche se soprattutto per la prova del 21/06 si può notare come l'impianto Minisprinkler abbia fatto registrare le temperature più basse quindi la miglior capacità di raffrescamento.

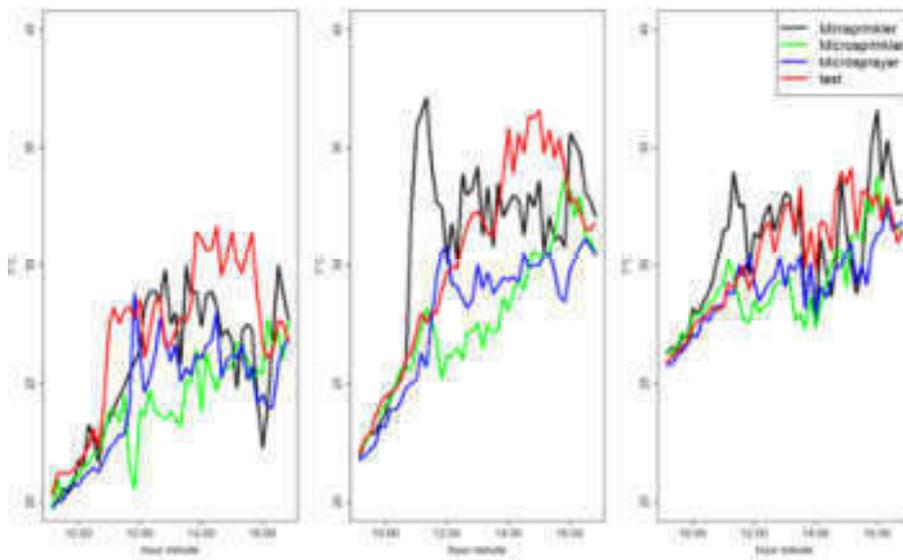
Per quanto le prove di climatizzazione con durata dell'intervento di 4 ore (orario start 11.45 per tutti i giorni 09-12-14/06) per i giorni 09 e 12/06 è evidente l'effetto della climatizzazione che ha portato ad un abbassamento della temperatura fogliare di 7-8°C rispetto al testimone. Per il 14/06 l'effetto risulta meno marcato soprattutto per il Minisprinkler. Anche in questo caso per l'intervento del 09/06 si nota come il maggior rinfrescamento sia stato registrato per il Minisprinkler dopo 30 minuti dopo il termine dell'irrigazione intorno alle ore 16.00. Per i 3 interventi di giugno comunque il maggior rinfrescamento sembra associato la Microsprinkler anche se è da notare come l'esposizione alla luce delle foglie su cui sono installati i sensori possa essere variabile tra le tesi.

Le irrigazioni climatizzati della durata di 6 ore realizzate nei giorni 03-07-10/07 sono iniziate circa alle ore 09.45 per concludersi alle ore 15.45. Per tutti giorni la climatizzazione ha abbassato la temperatura nelle tesi di 5-7° C fino ad un massimo di 9-10°C rispetto alla tesi non trattata. Per il giorno 03/07 non si evidenziano trend significativi dal confronto con i tre metodo irrigui in prova al contrario dello 07-09/07 dove il Microsprinkler sembra manifestare la maggior efficienza di raffrescamento, poi seguito dal Microsprayer ed infine dal Minisprinkler.

Temperatura fogliare 19-20-21/06/2017 - irrigazione 1 ORA



Temperatura fogliare 09-12-14/06/2017 - irrigazione 4 ORE



Temperatura fogliare 03-07-10/07/2017 - irrigazione 6 ORE

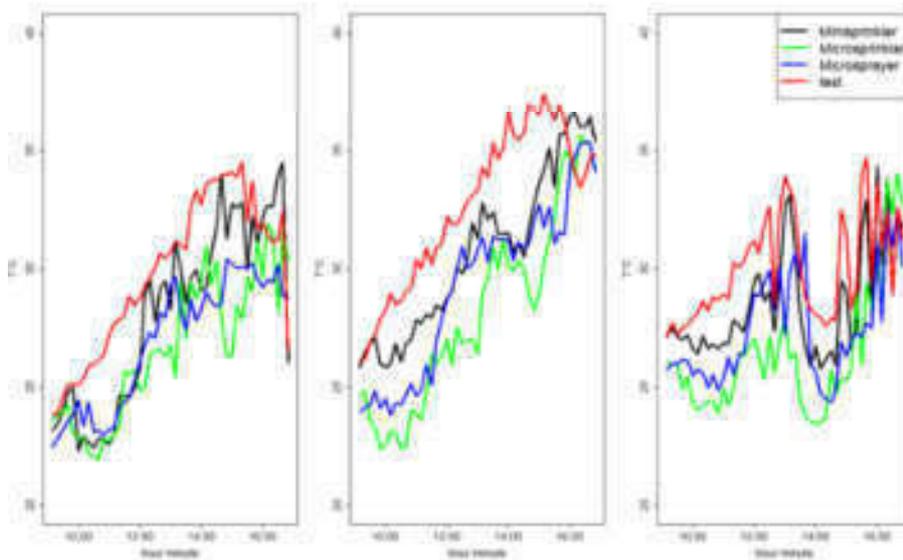


Figure 4: dettaglio dell'andamento delle temperature durante l'intervento irriguo climatizzante sulle foglie.

Nelle Figure 5 riportiamo l'andamento delle temperature misurate dai sensori sui frutti. Le prove sono state eseguite posizionando i sensori sia a contatto (esterno) sia al di sotto dell'epidermide. Per le prove con la durata d'irrigazione pari ad 1 ora del 19-20-21 giugno 2017 l'effetto del rinfrescamento è bene evidente soprattutto per le giornate del 19 e del 21 ove l'effetto si manifesta dal momento dell'inizio dell'intervento irriguo (ore 13.12 e 13.30 rispettivamente per il 19 e 21 giugno). In tutti i casi sia di sensore interno che esterno si nota come il maggior rinfrescamento si manifesti per il minisprinkler seguito da microsprinkler e poi da microsprayer, come era possibile aspettarsi escluso per la giornata del 20 giugno ove il microsprinkler sembra rinfrescare maggiormente il frutto rispetto al minisprinkler.

Per quanto riguarda l'intervento irriguo della durata di 4 ore, ci sono stati problemi di registrazione con il sensore esterno del minisprinkler, ma il sensore interno ha dato un segnale ben evidente. L'intervento irriguo ha effetto dal momento dell'avvio dell'irrigazione sino alla conclusione senza evidenziare un prolungamento dell'effetto di rinfrescamento marcato oltre la fine dell'irrigazione stessa. L'effetto si manifesta con l'inizio dell'irrigazione a partire dalle ore 11.30 per tutti i giorni. In tutte e tre le giornate si è manifestato un andamento molto simile in cui l'impianto minisprinkler ha manifestato la maggior efficienza di rinfrescamento seguito da minisprinkler e minisprayer.

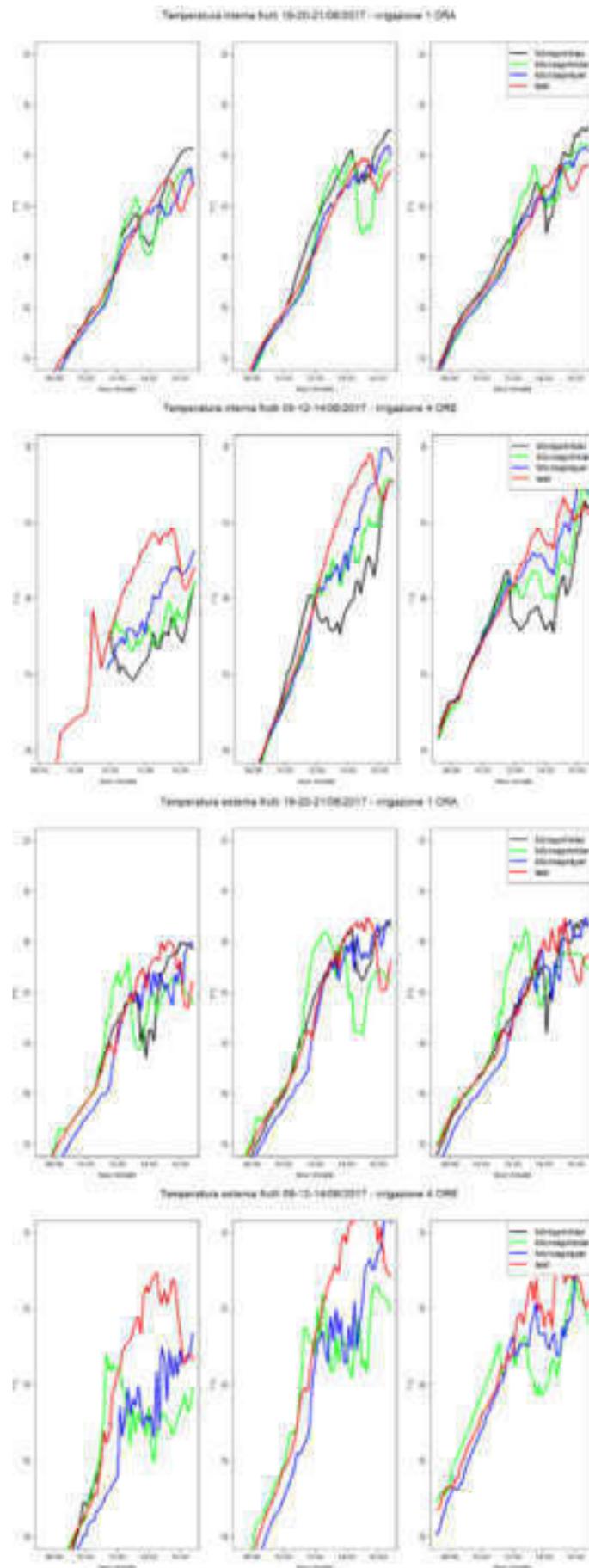


Figure 5: andamento della temperatura rilevata su frutti con sonde interne ed esterne per le irrigazioni di 1 e 4 ore

Al fine di valutare e quantificare l'effetto dell'intervento irriguo climatizzante sulle foglie e sui frutti comparando i diversi metodi irrigui utilizzati nella sperimentazione, sono state calcolate le medie orarie delle temperature registrate. Per ogni ora poi al valore calcolato è stato sottratto il valore medio dell'ora precedente la partenza dell'irrigazione come segue:

$$\Delta T_{n_i} = \bar{T}_{n_i} - \bar{T}_{n_o}$$

Ove \bar{T}_{n_o} rappresenta la temperatura media oraria calcolata a partire dal tempo t_{-1h} ove t è l'ora di inizio dell'intervento irriguo mentre \bar{T}_{n_i} è la temperatura media oraria dell'ora i successiva all'ora di inizio dell'intervento irriguo. Valori di ΔT_{n_i} maggiori di 0 dimostrano che c'è stato un incremento di temperatura rispetto all'ora precedente all'irrigazione mentre valori minori di 0 attestano che c'è stato un raffreddamento della temperatura media rispetto alla media oraria della temperatura nell'ora precedente all'intervento irriguo.

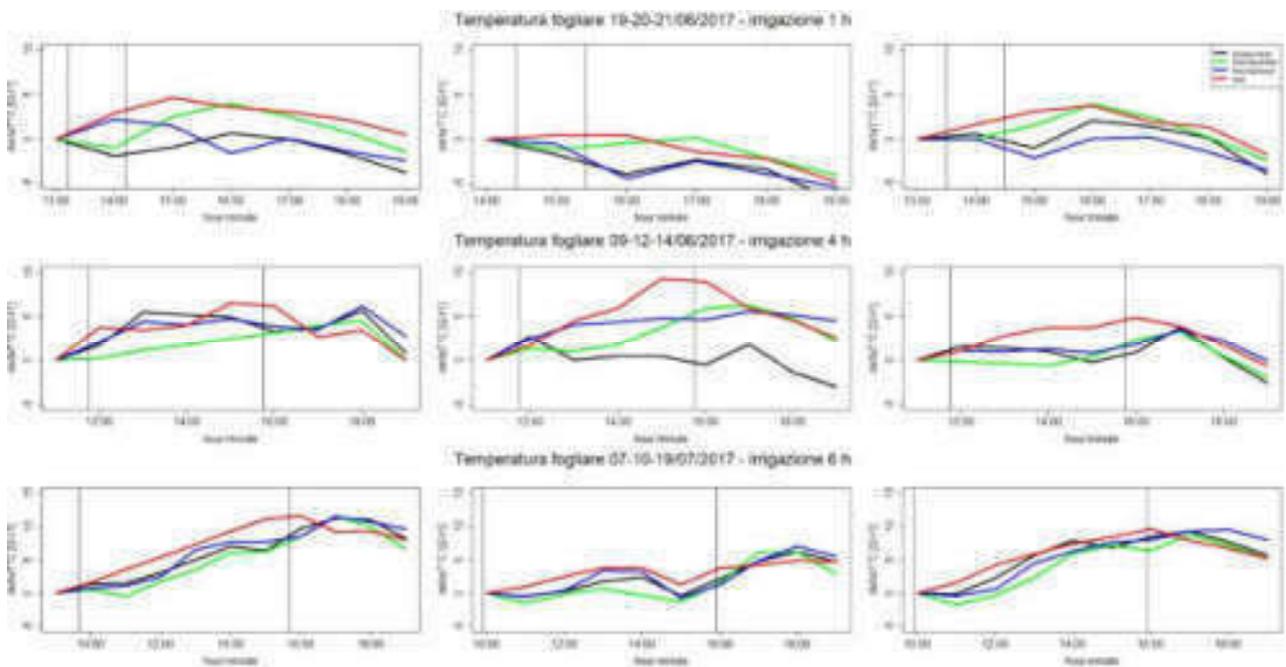


Figure 6: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per le foglie.

Nelle Figure 6 non si manifestano trend evidenti. Le linee verticali rappresentano l'orario di inizio e di fine dell'intervento irriguo. Per la prova del 19/06 si può notare un effetto rinfrescante dell'intervento irriguo per minisprinkler (MS) (-7°C rispetto al testimone) e microsprinkler (MRS) (-5°C rispetto al testimone), al contrario del minisprayer (MSS) (-2°C rispetto al testimone) e del testimone (T) ove le temperature tendono ad aumentare. Nella giornata del 20/06 il raffreddamento si evidenzia anche per MSS. Per l'intervento climatizzante di 1 ora sulle foglie si evince come non ci sia un effetto marcato per una soluzione impiantistica piuttosto che un'altra. È da notare comunque come i differenziali più negativi si registrino per MSS a distanza di 90-30 minuti dalla fine dell'intervento irriguo. Ciò è probabilmente connesso all'effetto più prolungato che le gocce di minor diametro hanno a livello di microclima e comunque più ritardato rispetto alle gocce di maggior diametro.

Per le irrigazioni climatizzanti con durata di 4 ore si evince un effetto climatizzante in generale sempre positivo con delta termici fino a -8°C rispetto al testimone. Non si sono registrati delta termici minori di 0 a

dimostrazione che l'effetto della climatizzazione è stato tale non indurre un riscaldamento ma comunque non un raffreddamento rispetto alla temperatura media dell'ora precedente all'irrigazione. La prova del 12 giugno evidenzia chiaramente gli effetti del diametro della goccia sul processo di raffreddamento delle foglie. Per MS si è manifestata un raffreddamento di 5-10°C rispetto al testimone mentre per MRS ci si è fermati ad un delta termico di 3-5°C rispetto al testimone. Il MSS ha manifestato un delta termico rispetto al testimone di 2-4°C.

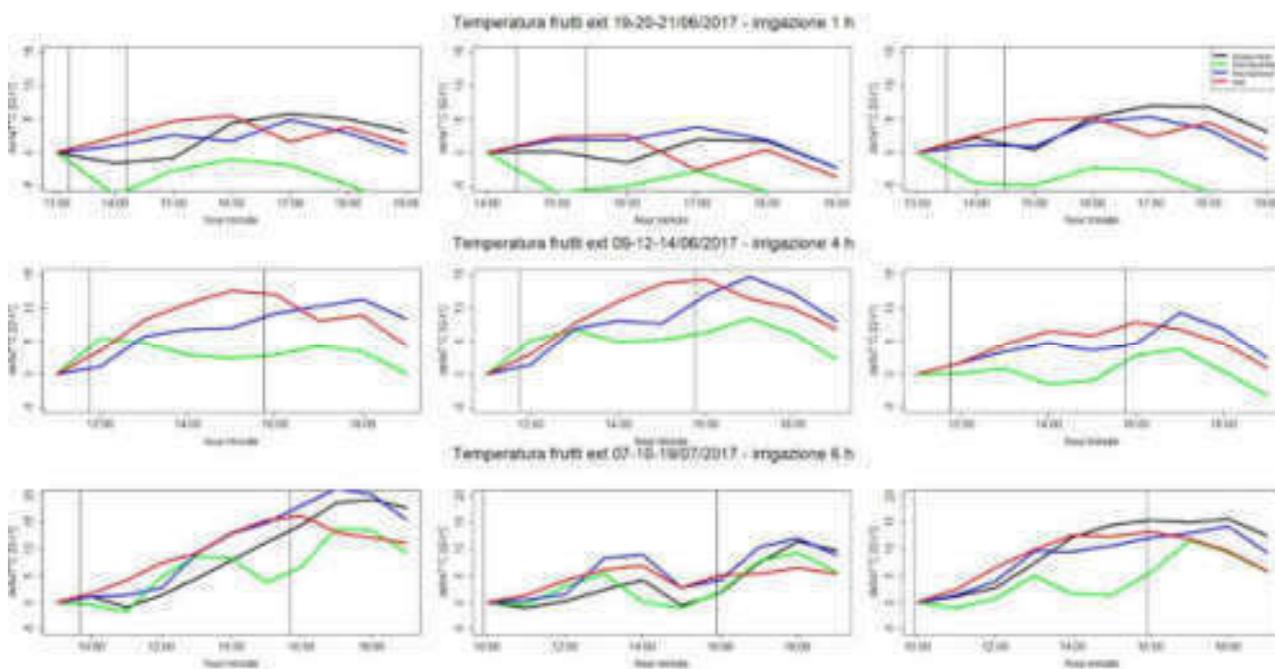


Figure 7: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per i frutti con sensori esterni.

Nelle Figure 7 abbiamo riportato l'andamento dei delta termici orari rilevati con i sensori posizionati a contatto con l'epidermide del frutto dal lato all'ombra. Per le irrigazioni con durata 1 ora non si evidenziano trend marcati, anche se il sistema irriguo MRS manifesta le migliori performance in termini di raffreddamento del frutto. Nelle prove con durata irrigazione di 4 ore non è pervenuta la registrazione del sensore esterno sulla tesi MS. Per le prove di irrigazione climatizzante della durata di 6 ore, si può notare come il sistema irriguo MSS non evidenzia netti miglioramenti della temperatura del frutto rispetto alla tesi non trattata. Al contrario soprattutto per i due giorni di prova del 07-10 luglio si può notare come il maggior raffreddamento sia stato conseguito con l'impianto irriguo MS seguito da MRS. Trend opposto si nota per la prova del 19 Luglio.

Nelle Figure 8 abbiamo riportato l'andamento del delta termico dei frutti con il sensore posizionato al di sotto dell'epidermide dello stesso verso il lato in ombra. Per le prove con durata irrigazione di 1 ora si evidenzia quando riscontrato nelle Figure 7, non ci sono trend evidenti e comunque l'impianto irriguo MS risulta conseguire il maggior rinfrescamento del frutto. Per le prove con irrigazione di 4 ore del 12-14

giugno, viene confermata l'efficacia del raffrescamento secondo il seguente ordine MS, MRS ed MSS. Per le prove con irrigazione climatizzante della durata di 6 ore si conferma lo stesso trend anche se meno accentuato per i giorni 07-10 luglio.

Per i giorni del 12 e del 14 giugno le medie dei differenziali termici calcolati come differenza del trattamento meno il testimone nel periodo tra la prima 1° ora dopo l'irrigazione e la 4° ore è risultata pari a -6/7°C per MS, -3°C per MRS e -1°C per MSS rispetto al testimone.

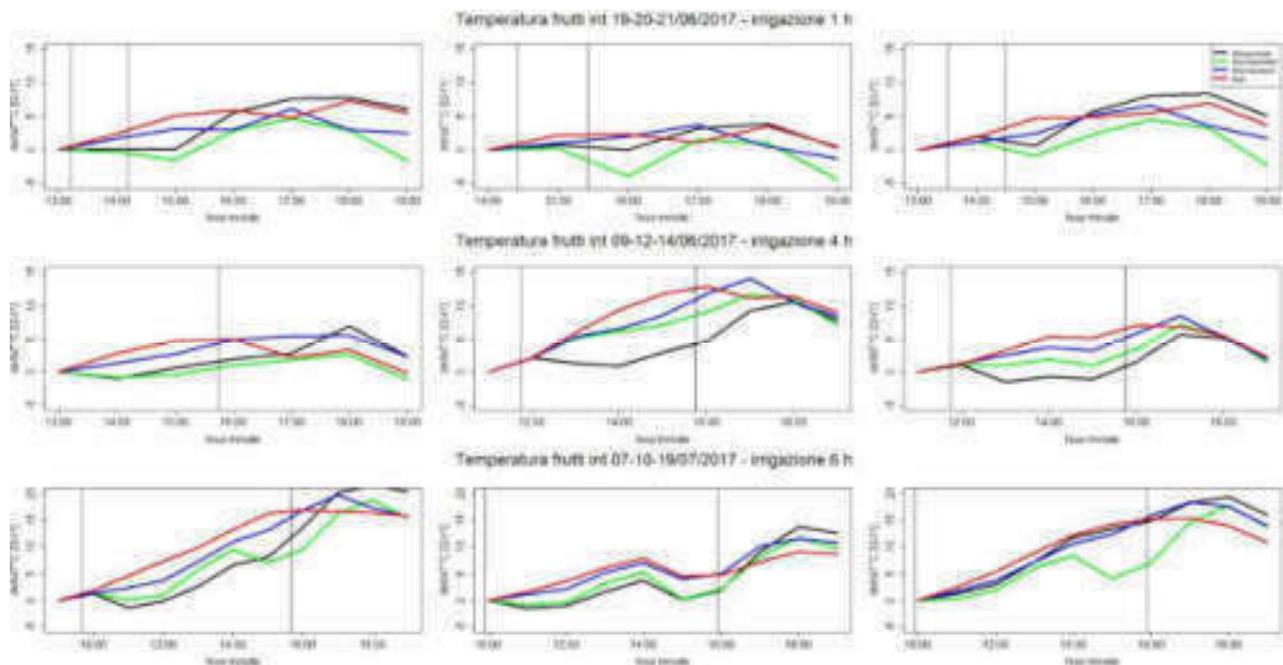


Figure 8: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per i frutti con sensori interni.

I rilievi in continuo della temperatura fogliare sono stati affiancati con rilievi della temperatura con termocamera FLUKE Ti110 al fine di valutare la distribuzione spaziale delle temperature nella chioma. Infatti il vantaggio nell'utilizzo della termocamera è rappresentato dalla maggior superficie di campionamento al contrario del sensore di temperatura. Nelle Figure 9 abbiamo riportato le foto con termocamera eseguite a distanza di 3-5 minuti l'una dall'altra 1 ora circa dopo la fine dell'intervento irriguo climatizzante del 19 Giugno 2017.

Per il testimone non trattato si vede come sul frutto si arrivi a punte di 35°C con picchi di 40°C. Per i frutti trattati al contrario si raggiungono temperature di 33.7°C, 33.5°C e 26.6°C rispettivamente per MSS, MRS e MS.

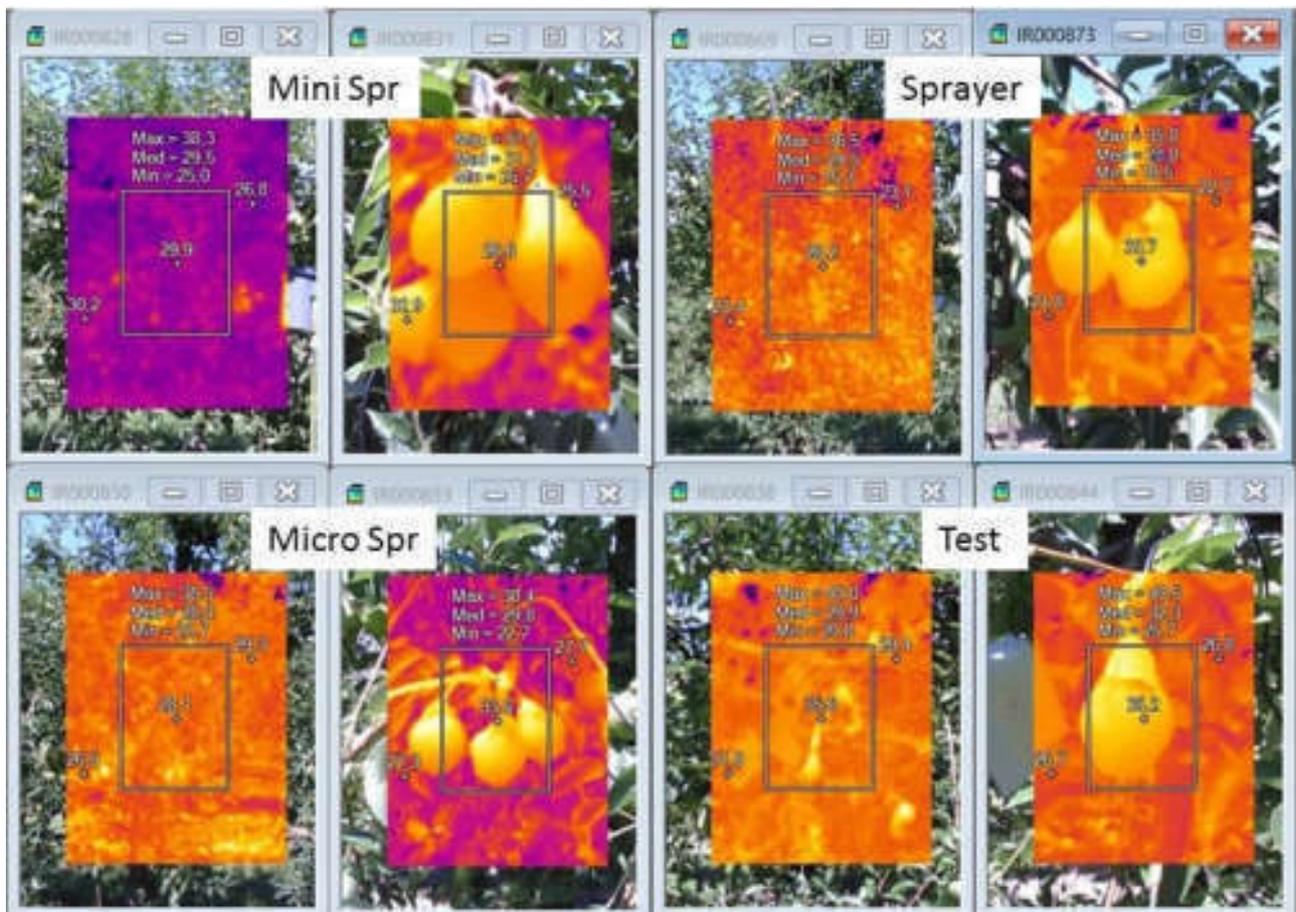


Figure 9: misure della temperatura fogliare e dei frutti con termocamera 1 ora dopo l'intervento irriguo climatizzante del 19 Giugno 2017.

Per quanto riguarda la vegetazione della chioma si nota una maggior variabilità probabilmente connessa alla presenza all'interno del frame di misura di superfici esposte al sole o all'ombra, infatti notiamo delta termici tra il minimo ed il massimo di 13°C al contrario di quello che vediamo per il MSS e per il test dove per la vegetazione della chioma tale delta si restringe a meno di 10°C. Per il MS la temperatura media della chioma risulta leggermente superiore a quanto ci saremmo aspettati.

Al fine di avere una valutazione complessiva dell'effetto della climatizzazione sulle foglie e sui frutti, al valore del differenziale termico tra la media dell'ora i e la media dell'ora 0 prima dell'intervento irriguo per le singole tesi è stato sottratto il valore del differenziale termico tra la media dell'ora i e la media dell'ora 0 del controllo non climatizzato. Il calcolo è stato fatto per ogni ora i -esima dopo l'inizio dell'intervento irriguo per ogni ora fino alla fine dell'intervento irriguo. Il valore calcolato è stato mediato tra tutte le ore considerate. Il valore calcolato rappresenta il raffreddamento medio delle tesi rispetto al testimone differenziato per impianti irriguo e durata dell'intervento e differenziato tra foglie e frutti.

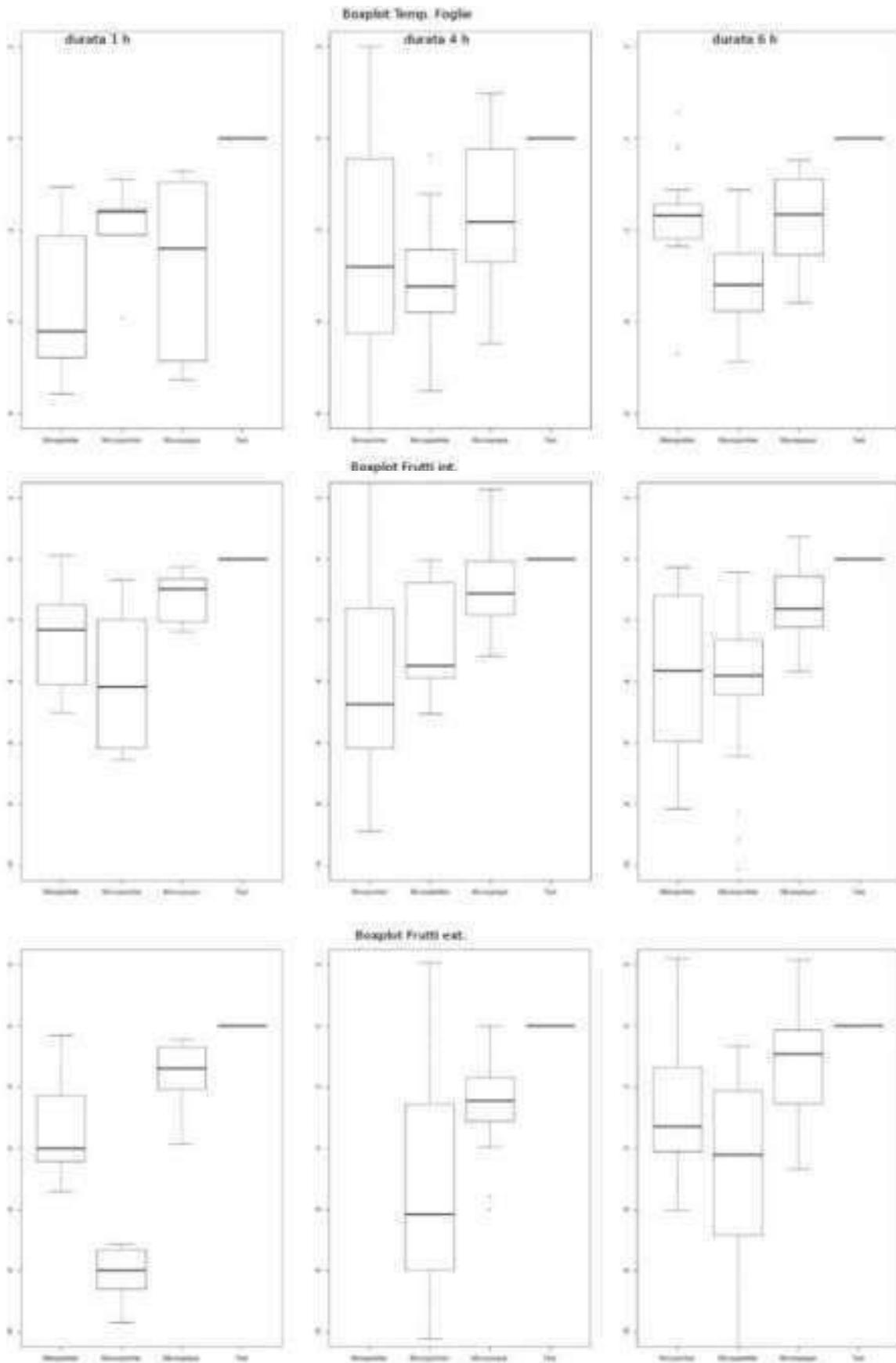


Figure 10: bolxplot delle mediane e dei percentili 0-0.25-0.75-100 dei differenziali termici tra test e testimone durante le ore dell'intervento climatizzante

Nelle Figure 10 riportiamo i boxplot con mediana e percentili (0-25-75-100) dei raffrescamenti indotti dagli interventi climatizzanti rispetto al testimone. Sulle foglie è stato registrato un raffrescamento di 2-3°C rispetto al testimone. Sui frutti il raffrescamento è stato di 3-4°C con picchi fino 5-6°C rispetto al testimone.

La durata dell'intervento climatizzante non influisce sull'efficacia del raffrescamento: il prolungamento dell'intervento non garantisce un ulteriore raffreddamento degli organi della pianta e l'effetto della durata sul valore medio del raffrescamento 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. La scelta della durata e del turno degli interventi climatizzanti deve essere fatta pertanto tenendo anche conto degli aspetti fitosanitari (insorgenza di malattie fungine), della disponibilità idrica e della fonte di prelievo.

In termini di tipo di scelta dell'impianto irriguo in generale il minisprayer ha sempre evidenziato una minore efficacia climatizzante: il raffrescamento delle temperature degli organi della pianta con tale tipologia di irrigazione è risultato inferiore di 1°C sulle foglie e 2-3°C sui frutti rispetto agli altri due sistemi irrigui. Evidentemente il getto nebulizzato determina un cambiamento più efficace verso le condizioni al contorno (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.

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO nel 2018

Le prove tecnologiche presso l'area sperimentale del Consorzio CER sono state eseguite durante il periodo irriguo 2018 a partire dal 09 Luglio sino al giorno 10 Agosto. Al fine dell'esecuzione dei test sono stati installati sensori di temperatura a termistore collegati a datalogger per il rilevamento della temperatura ogni 10 minuti come per il 2017. L'installazione ha previsto il posizionamento di 6 sensori per ogni tesi per un totale di 24 sensori. L'andamento climatico del 2018, rispetto al 2017, ha evidenziato un'estate con valori termici estremi meno intensi e per un periodo meno prolungato, tale da ridurre la finestra temporale disponibile per l'esecuzione delle prove.

Le prove sono state eseguite nel pereto sperimentale del CER presente nell'area dimostrativa dell'Acqua Campus. Qui è presente una area espositiva funzionante dei materiali irrigui. La varietà presente nell'area è Conference.

Le prove sono state eseguite per valutare l'effetto climatizzante di differenti soluzioni impiantistiche adottate comunemente dagli agricoltori, a confronto con un controllo non climatizzato.

In particolare nel 2018 sono stati messi a confronto i seguenti erogatori:

4. Minisprinkler rotante, con portata da 450 l/h e sesto di installazione 12x8 m per una pluviometria teorica di 4.7 mm/h
5. Microsprinkler con portata da 90 l/h e sesto di installazione 4x4 m (ogni 2 piante) per una pluviometria di 5.6 mm/h
6. Microsprayer con portata da 40 l/h e sesto di installazione 2x4 m (uno per pianta) per una pluviometria di 5 mm/h



Per tutte e tre le tipologie è stata registrata una pluviometria di circa 5 mm/ora maggiore rispetto al 2017. Nel 2017 si era già messo in evidenza che prolungare per un maggior numero di ore l'intervento irriguo non comportava una maggior intensità di raffreddamento. Pertanto, le tre tipologie di irrigatori sono state testate nel 2018 in più giornate nel corso della stagione, ma sempre con durate dell'intervento climatizzante di 3-4 ore, in modo di valutare l'efficacia dell'effetto climatizzante sulle piante in funzione della tipologia di bagnatura (gocce grosse per mini e microsprinkler, gocce più piccole e getto nebulizzato per il microsprayer) per la durata dell'intervento climatizzante che è apparsa più conveniente dai dati 2017.

Anche nel 2018 al fine di valutare la reale pluviometria degli impianti irrigui sono state eseguite delle prove preliminari per la misura dell'intensità irrigue degli irrigatori posizionando dei pluviometri al disotto di essi.

Le pluviometrie per tutti i tre impianti in prova sono risultate analoghe, di circa 5 millimetri per ora, al contrario di quanto testato nel 2017, ove in funzione della minor sovrapposizione degli irrigatori, si erano raggiunte delle intensità di circa 2 mm /ora per tutte e tre le tipologie.

Come per il 2017, per la valutazione dell'efficacia del raffreddamento dei sistemi a confronto, per ogni tesi sono stati installati 5 sensori di temperatura collegati ad apposito datalogger programmati per la registrazione della temperatura ogni 10'. Le termocoppie sono state posizionate su piante sottostanti al centro di due irrigatori contigui: 3 sensori sulle foglie e 2 sensori sui frutti per un totale di 20 sensori comprensivo anche del controllo non climatizzato. Per l'installazione dei sensori sulle foglie si è provveduto a localizzare gli stessi a contatto con la pagina inferiore delle foglie stesse, al fine di limitare l'effetto dell'irraggiamento sulla temperatura rilevata del sensore. Lo stesso è stato fatto per 1 sensore sul frutto con l'installazione dei termistori a contatto con la parte non esposta alla luce. Un'altra termocoppia sul frutto è stata invece installata con la testa del sensore sotto l'epidermide, a circa 1 millimetro, al fine di valutare la metodologia di installazione dei termistori, sia a contatto che internamente al frutto.

Di seguito è riportato il calendario degli interventi irrigui effettuati nella stagione 2018.

data	durata	dalle	alle
	h	hh.mm	hh.mm
09/07/2018	3	11.30	14.30
13/07/2018	3	11.30	15.00
16/07/2018	1.20	10.35	11.55
20/07/2018	3	11.50	14.50
25/07/2018	3	12.00	15.00
30/07/2018	4.45	11.45	16.35
03/08/2018	3	11.45	14.30
06/08/2018	3	11.45	15.00
07/08/2018	4	11.30	15.30
09/08/2018	1	11.25	12.25
10/08/2018	3	11.05	14.25

Per quanto riguarda l'andamento delle temperature sia delle foglie che dei frutti per il 2018 si conferma quanto riscontrato nel 2017: le tesi trattate manifestano un raffrescamento rispetto al testimone, ma risulta evidente come l'effetto sia limitato alla durata dell'intervento o comunque a qualche ora successiva alla fine dell'intervento stesso. Già dopo 30-60 minuti dopo la conclusione dell'intervento climatizzante l'effetto sulla temperatura risulta mitigato e comunque alla fine della giornata a partire dalle 17:00-18:00 le temperature delle tesi tendono a riallinearsi completamente al controllo non climatizzato, per arrivare a sovrapporsi completamente tra le 19:00-20:00. Anche l'andamento delle temperature per i frutti per il 2018 conferma quanto riportato per le temperature fogliari. Il frutto raggiunge temperature massime superiori fino a 10°C rispetto alla foglia non essendo un organo traspirante quindi non raffreddandosi. Gli aumenti di temperatura dei frutti rispetto alle foglie comunque sono in media circa 5-8 °C. Così come per le foglie anche per i frutti viene confermato come a partire dalle ore 19:00 dello stesso giorno dell'intervento irriguo climatizzante, quindi circa 4-5 ore dopo la fine della climatizzazione, le temperature del testimone e delle tesi climatizzate tendono a riallinearsi. Sulla base di quanto esposto preliminarmente l'intervento

climatizzante è da considerarsi una pratica efficace esclusivamente durante la sua realizzazione e comunque non oltre le 4 ore dalla fine dell'intervento. **Anche nel 2018 si conferma che la durata dell'intervento irriguo non sembra incidere sulla efficacia dell'effetto climatizzante che rimane sempre circoscritto al periodo che va da 15-30 minuti dopo l'inizio della climatizzazione fino a 3-4 ore dopo la sua conclusione (quando gli organi della pianta si sono asciugati completamente).**

Come per il 2017 al fine di valutare e quantificare l'effetto dell'intervento irriguo climatizzante sulle foglie e sui frutti comparando i diversi metodi irrigui utilizzati nella sperimentazione, sono state calcolate le medie orarie delle temperature registrate. Per ogni ora poi al valore calcolato è stato sottratto il valore medio dell'ora precedente la partenza dell'irrigazione come segue:

$$\Delta T_{n_i} = \bar{T}_{n_i} - \bar{T}_{n_o}$$

Ove \bar{T}_{n_o} rappresenta la temperatura media oraria calcolata a partire dal tempo t_{-1h} ove t è l'ora di inizio dell'intervento irriguo mentre \bar{T}_{n_i} è la temperatura media oraria dell'ora i successiva all'ora di inizio dell'intervento irriguo. Valori di ΔT_{n_i} maggiori di 0 dimostrano che c'è stato un incremento di temperatura rispetto all'ora precedente all'irrigazione mentre valori minori di 0 attestano che c'è stato un raffreddamento della temperatura media rispetto alla media oraria della temperatura nell'ora precedente all'intervento irriguo.

Nei grafici di Figura 1 non si manifestano trend evidenti. Le linee verticali rappresentano l'orario di inizio e di fine dell'intervento irriguo. Per tutte le date si nota come l'effetto della climatizzazione sia evidente, senza tuttavia mostrare con chiarezza la maggior bontà di un metodo irriguo piuttosto che un altro. Se per le date del 25/07 e 06/08 il microsprayer (MSS) sembra dare i migliori risultati in termini di abbassamento delle temperature, ma con una durata meno prolungata nel tempo: il delta T° del MSS tende sempre a convergere agli stessi valori del testimone subito dopo o al massimo dopo 1 ora dalla fine dell'intervento irriguo. In altre giornate invece (03/08, 06/08, 09/07 e 13/07) si può notare come il minisprinkler (MS) evidenzi un raffreddamento più prolungato nel tempo.

Nei grafici di Figura 2 abbiamo riportato l'andamento dei delta termici orari rilevati con i sensori posizionati al di sotto dell'epidermide del frutto verso il lato in ombra. Anche in questo caso si possono notare picchi di raffreddamento anche di 8-9° rispetto al testimone non trattato.

Termistori 2018 andamento giornaliero:

Delta Temperatura FOGLIE – per ogni giorno: 3h

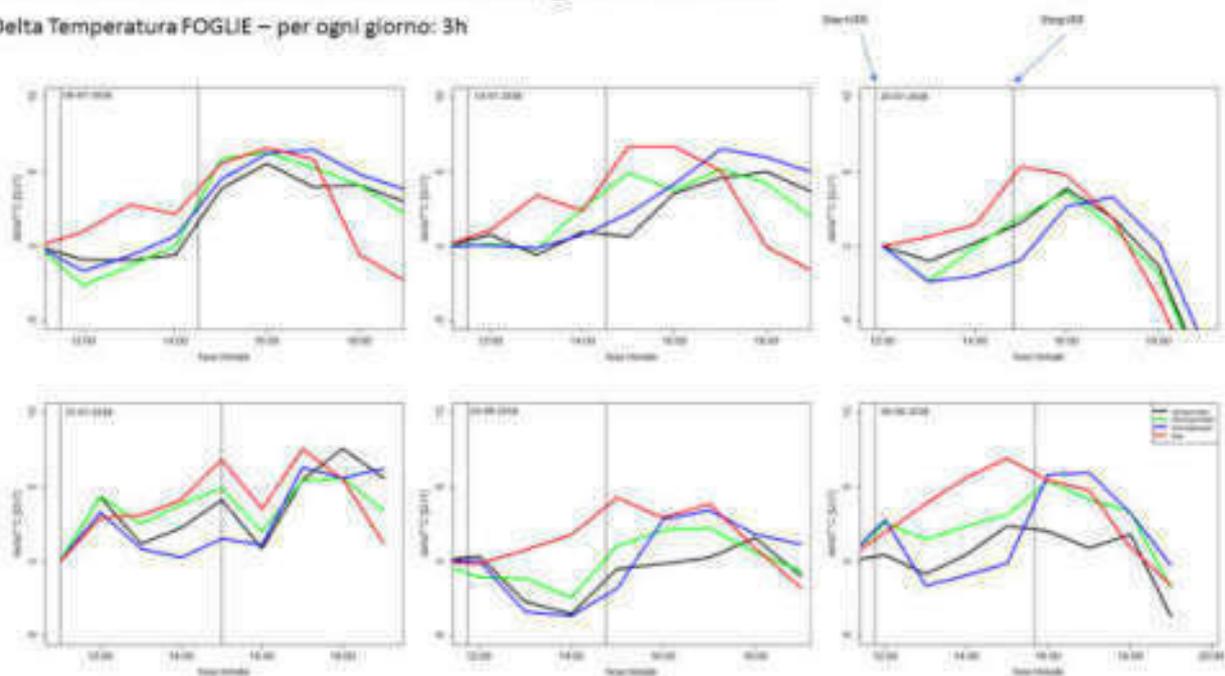


Figura 1: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per le foglie.

Termistori 2018 andamento giornaliero:

Delta Temperatura Frutti Int – per ogni giorno: 3h

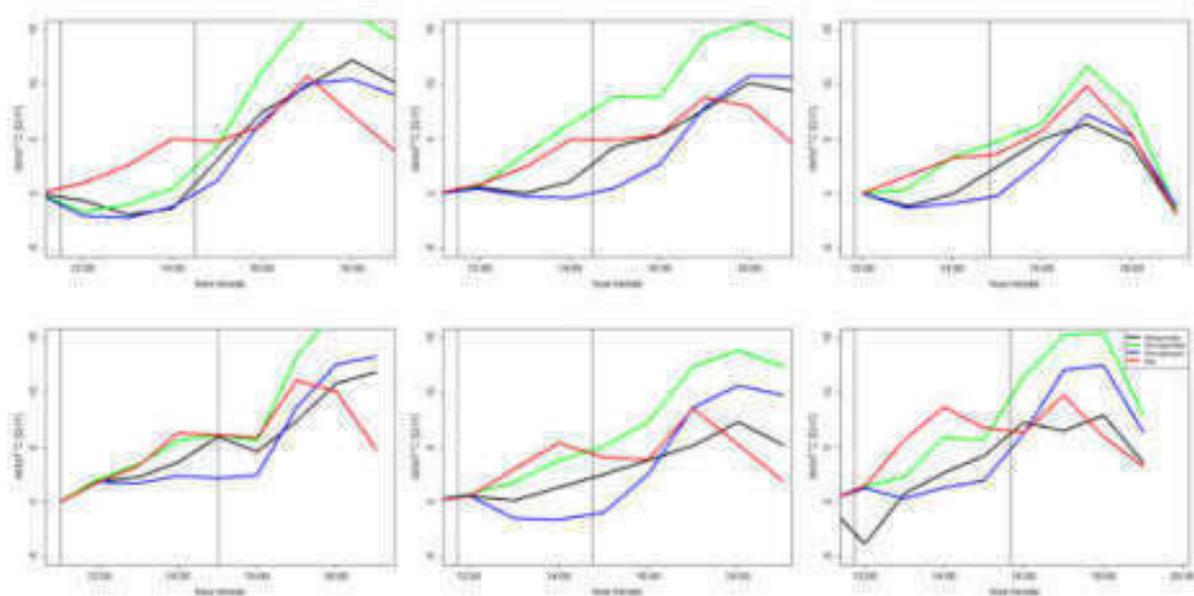


Figura 2: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per i sensori posizionati internamente ai frutti.

In questo caso sembra che l'effetto del trattamento si protragga più a lungo per convergere verso le stesse temperature del testimone non trattato non più entro le 19:00-20:00 dello stesso giorno ma durante la notte come si nota dai grafici in Figura 2 in basso, riferiti come in Figura 1 ai giorni 25/07, 03/08 e 06/08.

Anche in questo caso il MSS sembrerebbe avere dato il miglior risultato e come per le foglie si può confermare come l'effetto del MS sia leggermente prolungato nel tempo. Per quanto riguarda il microsprinkler (MRS – linea verde) probabilmente si può ritenere che il dato non sia eccessivamente rappresentativo di quanto avviene nella chioma e nei frutti complessivamente per scarsa rappresentatività del frutto selezionato per l'inserzione del sensore.

Termistori 2018 andamento giornaliero:

Delta Temperatura Frutti ext – per ogni giorno: 3h

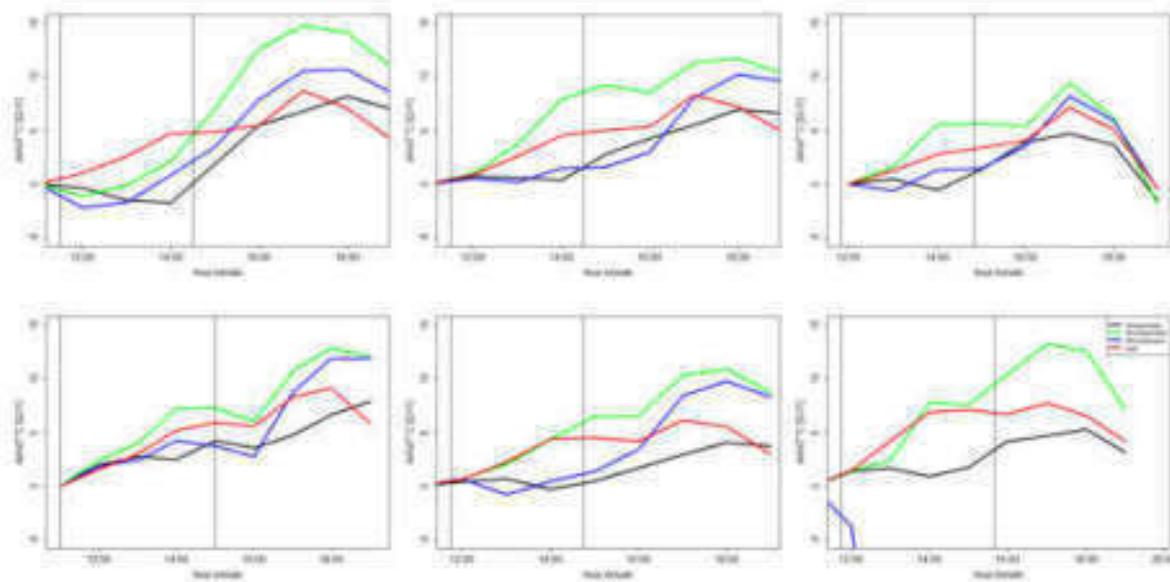


Figura 3: andamento del differenziale di temperatura tra la media dell'ora prima dell'intervento irriguo meno la media delle temperature a step di 1 ora successivi all'inizio dell'intervento irriguo per i sensori posizionati esternamente ai frutti.

Nelle Figure 3 abbiamo riportato l'andamento dei delta termici orari rilevati con i sensori posizionati a contatto con l'epidermide del frutto verso il lato in ombra. Anche in questo caso, come per i sensori posizionati internamente all'epidermide del frutto, si possono notare picchi di raffrescamento anche di 8-9°, fino ad arrivare a 10°C rispetto al testimone non trattato. Anche in questo caso sembra che l'effetto del trattamento si protragga più a lungo per convergere verso le stesse temperature del testimone durante la notte per riequilibrarsi prima dell'alba. In questo caso nessun metodo irriguo tra MSS e MS evidenzia un netto raffrescamento rispetto all'altro, soprattutto durante il periodo dell'intervento irriguo, anche se si può confermare come l'effetto del MS sia maggiormente prolungato nel tempo. Per quanto riguarda il microsprinkler (MRS – linea verde) anche in questo i valori assoluti di temperatura rilevati non sembrano essere utilizzabili per un'analisi comparativa. I risultati ottenuti con il metodo MS comunque potrebbero essere estendili con qualche correzione al metodo MRS.

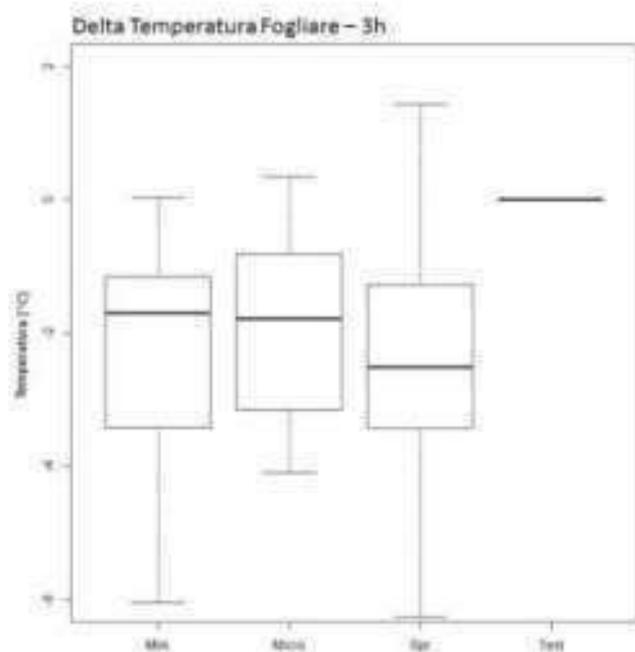


Figura 4: boxplot delle mediane e dei percentili 0-0.25-0.75-100 dei differenziali termici tra test e testimone durante le ore dell'intervento climatizzante per le foglie.

Nella Figura 4 riportiamo i boxplot con mediana e percentili (0-25-75-100) dei raffrescamenti indotti dagli interventi climatizzanti rispetto al testimone. Come per il 2017, anche per il 2018, sulle foglie è stato registrato un raffrescamento di 2-3°C rispetto al testimone. Quanto si evince dal grafico in Figura 4 riassume quanto introdotto con i grafici nella Figura 1: al contrario di quanto analizzato nel 2017, per le foglie non è stato riscontrato un segnale chiaro sulla bontà o meno di un metodo irriguo rispetto all'altro. Il metodo irriguo microsprayer (MSS) potrebbe sembrare il più efficiente anche se le differenze tra i metodi sono da considerarsi non significative. È da notare comunque come l'ampiezza del differenziale tra valori massimi e minimi sembra ben più marcato per MSS e MS al contrario del microsprinkler (MRS), mentre per il differenziale tra 25° e 75° percentile i valori risultano più che omogenei.

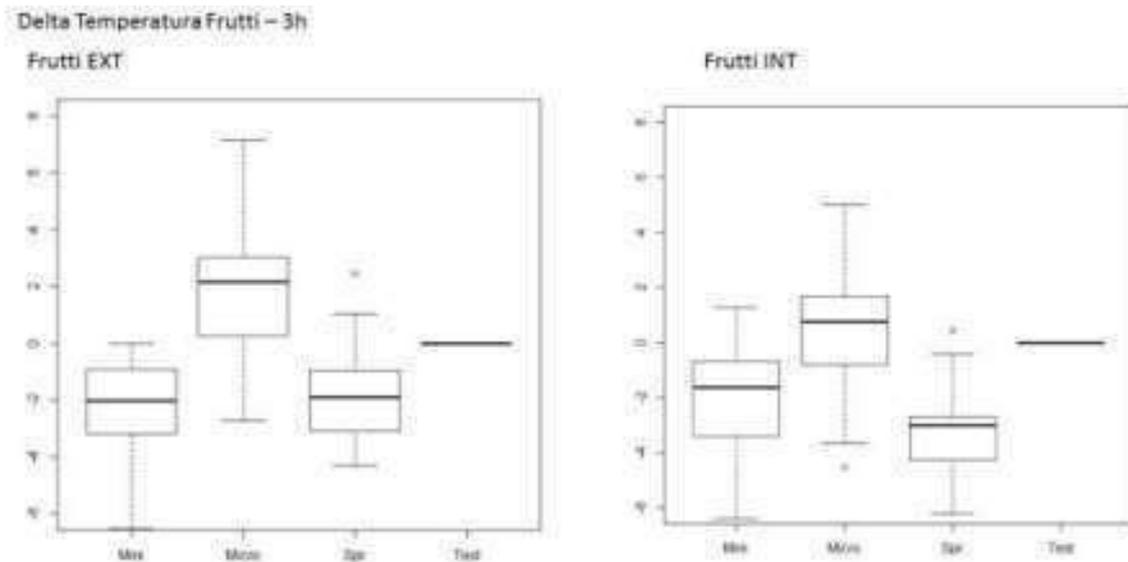


Figura 5: boxplot delle mediane e dei percentili 0-0.25-0.75-100 dei differenziali termici tra test e testimone durante le ore dell'intervento climatizzante per i frutti con sensori interni ed esterni.

Nelle Figura 5 riportiamo i boxplot con mediana e percentili (0-25-75-100) dei raffrescamenti indotti dagli interventi climatizzanti rispetto al testimone sui frutti. Diversamente da quanto riscontrato nel 2017, per il 2018, sui frutti è stato registrato un raffrescamento di soli 2-3°C rispetto al testimone. Quanto si evince dal grafico in Figura 5 riassume quanto introdotto con i grafici nelle Figure 2-3: al contrario di quanto analizzato nel 2017, per i frutti non è stato riscontrato un segnale chiaro sulla bontà o meno di un metodo irriguo rispetto all'altro. Inoltre, il metodo irriguo microsprinkler (MRS), come evidenziato nelle Figure 2-3, ha manifestato valori assoluti di temperatura diversi dagli altri metodi quindi non confrontabili. Ciò potrebbe essere attribuito ad un irraggiamento molto diversificato rispetto alle altre tesi, come ad esempio un'intensa insolazione del frutto prima dell'intervento irriguo per una scarsa ombreggiatura rispetto agli altri. Sul frutto è da notarsi come al contrario delle foglie il differenziale tra il 25° ed il 75° percentile sia omogeneo per tutte le tesi.

Al fine di valutare la distribuzione spaziale delle temperature su tutta la chioma, il giorno 09/08/2018 è stata impiegata una termocamera ad infrarossi eseguendo 3 foto per ogni tesi, sia dalla parte del filare al sole – verso sud – che dalla parte all'ombra esposta a nord, in 3 momenti temporali diversi: prima dell'intervento climatizzante, 10 minuti ed 60 minuti dopo la fine dell'intervento climatizzante della durata di 1 ora a partire dalle 11:25 fino alle 12:25. Nella Figura 6 riportiamo una immagine esemplificativa dei rilievi con termocamera all'infrarosso eseguita.

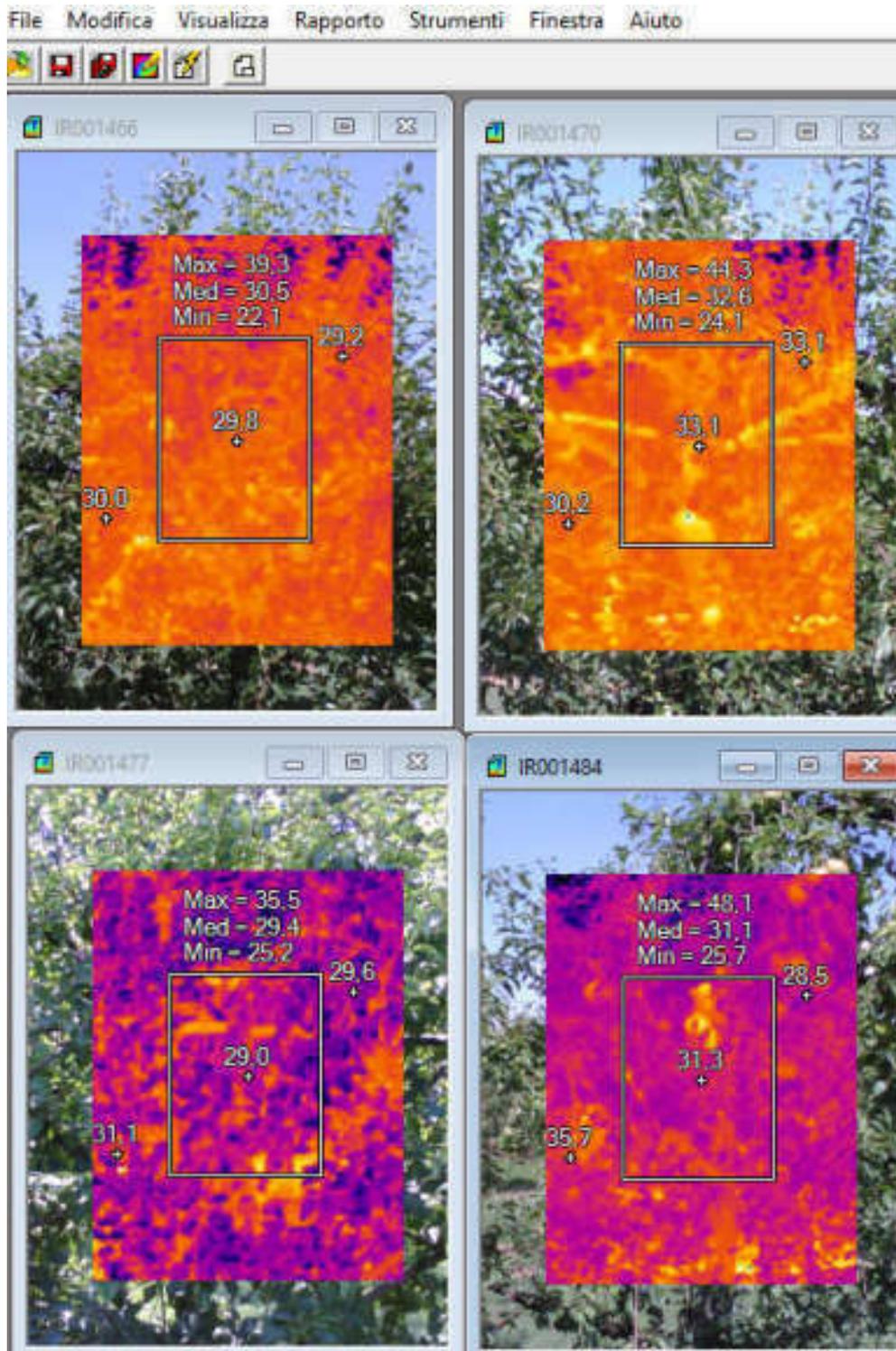


Figura 6: termografie eseguite sulla chioma in data 09/08/2018 1 ora dopo la fine dell'intervento climatizzante (a partire da alto sx in senso orario troviamo: microsprinkler, test, microsprayer, minisprinkler).

Per ogni immagine sono stati estratti circa 10-15 valori puntuali di temperatura selezionando punti rappresentativi sia di foglie in ombra che al sole per un totale di 30-45 dati di temperatura per tesi, esposizione e step temporale.

Termocamera FOGLIE 09-08-2018

Nelle foglie all'ombra, dove non c'è riscaldamento diretto è maggiore l'effetto climatizzante del nebulizzatore sull'ambiente

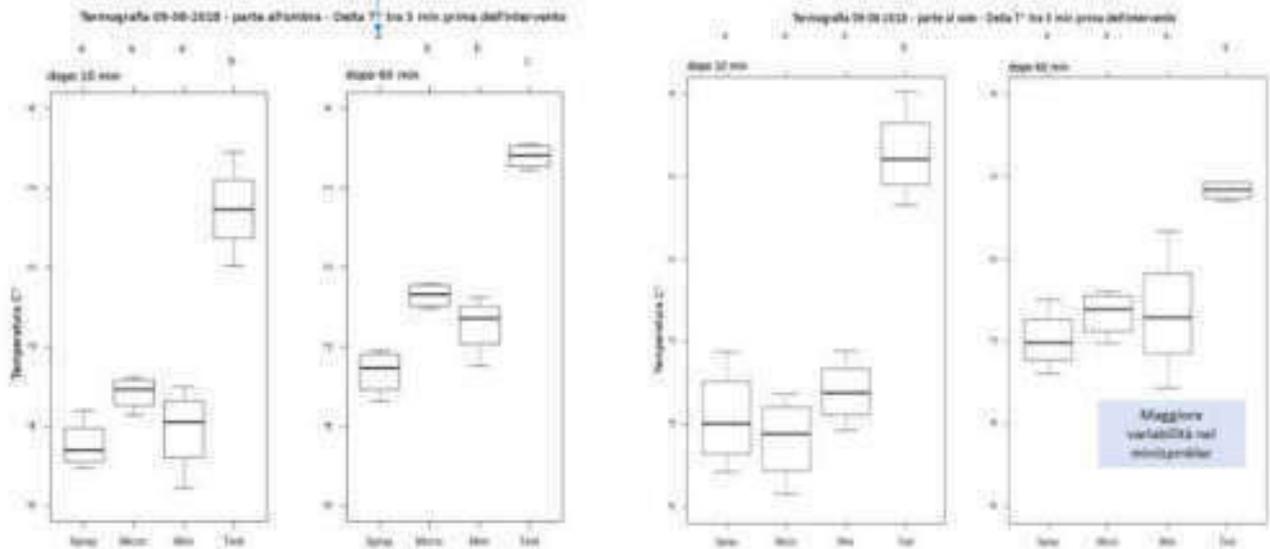


Figura 7: delta di temperatura tra prima dell'intervento irriguo e dopo (10 min. e 60 min.) utilizzando valori di temperatura estratti dalle immagini all'infrarosso. Grafici di sinistra: parte del filare all'ombra. Grafici di destra: parte del filare al sole.

I dati estratti sono stati analizzati come fatto precedentemente calcolando la differenza tra le temperature rilevate prima dell'intervento climatizzate e dopo. L'abbassamento della temperatura rispetto a prima dell'intervento è di circa 3-4° dopo 10 minuti per poi calare a 1°-2° come riscontrato con i rilievi in continuo.

Statisticamente applicando un post-hoc Tukey test sulla varianza con livello di significatività p-value pari 0.05 non sono state riscontrate delle differenze significative tra i metodi climatizzanti, ad eccezione per la parte in ombra dopo 60 minuti, dove il metodo MSS (microsprayer) è risultato più efficiente. La maggior efficienza del metodo MSS nella parte in ombra dopo 60 minuti è correlarsi probabilmente, come accennato nella discussione dei risultati del 2017, ad un maggior effetto climatizzante in termini micrometeorologici connessi alla maggior nebulizzazione del metodo. Tale effetto è ancora più evidente dove non c'è stato riscaldamento per effetto della radiazione diretta sui tessuti vegetali e quindi, ove parte dell'acqua non tende a subire un passaggio di stato per effetto del raffreddamento delle superfici esposte al sole.

Nei grafici di Figura 7, escluso per il rilievo di 10 minuti dopo la climatizzazione per la parte al sole, il sistema MS evidenzia una maggior variabilità spaziale nella chioma e ciò potrebbe essere dovuto alle dimensioni della goccia e alla minor uniformità di applicazione rispetto sia al MRS e MSS. Nel caso di climatizzazione con metodo MS gocce più grosse e applicazione ciclica danno una minor uniformità di bagnatura e ciò è da ascrivere probabilmente solo a motivazioni di tipo 'balistico'.

È da notare come, sempre nei grafici in Figura 7, il metodo MRS (microsprinkler) evidenzi un minor differenziale tra il 25° e 75° percentile escluso il rilievo nella parte al sole dopo 10 minuti. Come riportato precedentemente tale aspetto potrebbe essere connesso al fatto che il metodo MRS manifesta il miglior compromesso tra nebulizzazione ed uniformità di bagnatura.

CONCLUSIONI

In generale si può affermare che per la stagione irrigua del 2018 non sono state registrate temperature estreme come per il 2017, in particolare le temperature massime giornaliere per i giorni di prova nel 2018 sono state inferiori di 2-3° rispetto al 2017 e questo probabilmente ha contribuito a non evidenziare trend chiari per la comparazione tra i metodi irrigui per la climatizzazione messi a confronto.

In termini di tipo di scelta dell'impianto irriguo, nel 2017 il minisprayer aveva evidenziato una minore efficacia climatizzante: il raffrescamento delle temperature degli organi della pianta con tale tipologia di irrigazione è risultato inferiore di 1°C sulle foglie e 2-3°C sui frutti rispetto agli altri due sistemi irrigui. Al contrario per il 2018 tale evidenza è stata nulla o opposta. Evidentemente il getto nebulizzato determina un cambiamento più efficace verso le condizioni al contorno (calo di temperatura e aumento dell'umidità dell'aria) che non sul raffreddamento diretto per contatto su frutti e foglie come si nota dal confronto tra il raffrescamento della parte in ombra che al sole. Per ottenere una efficacia di raffreddamento analoga ai metodi dinamici, occorre aumentare la pluviometria mettendo un irrigatore per pianta come abbiamo fatto nel 2018: questo comporta però un maggior impiego d'acqua ed un maggior costo di impianto.

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 ma con la bagnatura che segue gli intervalli della rotazione del getto, viene compensato dalla bagnatura in continuo connessa con il microsprinkler.

È da notare che probabilmente anche la disposizione dei filari ha un suo impatto per la valutazione della bontà del metodo di climatizzazione. Nel caso di filari disposti come nella prova in esame, quindi est-ovest, si potrebbe dire che nella parte rivolta a sud (al sole) nei giorni molto soleggiati il maggior beneficio in termini di raffrescamento si ha con gocce grosse quindi con impianti tipo sprinkler. Per quanto riguarda la tipologia di sprinkler se mini o micro, probabilmente è da preferire un metodo piuttosto che un altro, in funzione della complessità chioma e quindi in funzione della forma di allevamento e del portainnesto. In presenza di frutteti con allevamento "in parete" tipo palmetta o epsilon e con portainnesto poco vigoroso, quindi con densità di impianti medio-alte, può essere più adatto un metodo tipo per microsprinkler dove è probabile trovare più uniformità della vegetazione della chioma. Al contrario con sistemi di allevamento in volume tipo a vaso o anche a fuso e fusetto per densità di impianto da medie a basse sono preferibili impianti tipo minisprinkler, soprattutto con disposizione dei filari est-ovest, ove in presenza di forti insolazioni nella parte esposta a sud è necessario assicurare il raffrescamento soprattutto per contatto dei frutti più esposti ai colpi di calore. Alla luce di quanto esposto in condizioni di filari disposti nord-sud con densità di impianto medio-alte il sistema di climatizzazione a microsprinkler probabilmente potrebbe risultare il più indicato per un omogeneo e uniforme raffrescamento dei frutti. Qualora i frutti non si localizzino omogeneamente nella chioma, per effetto per esempio di una potatura non ottimale o di un diradamento non corretto, oppure in presenza di frutti ombreggiati dalla vegetazione per eccessiva vigoria probabilmente è da preferirsi un metodo irriguo di climatizzazione tipo minisprinkler.

AZIONE 3.3 - Attività 2

VERIFICA A PIENO CAMPO DELL'USO RAZIONALE DELL'IMPIANTO CLIMATIZZANTE NEI FRUTTETI (AD OPERA DEL CER, UNIBO DIPSA, CNR-IBIMET) PRESSO L'AZ. MAZZONI DI MEDELANA (FE) - ANNI 2017-2018.

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO:

L'attività prevede la messa a punto di protocolli specifici per un uso razionale dell'impianto climatizzante nei frutteti. L'attività è stata svolta in impianti commerciali di melo (Fuji/M9 messo a dimora nel 2015, con sesto di impianto 3.5 x 1.2 m) e pero (cv. Abate Fétel/Sydo messo a dimora nel 2004, con sesto di impianto 3.3 x 1.0 m) 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 solo con il normale sistema a goccia è stato confrontato con una parte irrigata con il doppio impianto, mantenendo la **stessa quantità di acqua** somministrata (definita secondo le indicazioni del bilancio idrico di Irrinet).

Entrambi i frutteti sono dotati di doppio impianto di irrigazione. Nelle tesi "climatizzate" è stato impiegato:

MELO Fuji

- un'ala gocciolante integrale di portata 1.6 l/h passo 40 cm: pluviometria 1.14 mm/h,
- impianto a pioggia lenta con irrigatori disposti ogni 5 file a 3.5 m, a 16.8 x 17.5 m, in grado di garantire una pluviometria supplementare climatizzante di 4.5 mm/ora.

PERO Abate

- un'ala gocciolante integrale di portata 1.6 l/h passo 50 cm: pluviometria 0.97 mm/h,
- impianto a pioggia lenta con irrigatori disposti ogni 5 file a 3.3 m, a 18 x 16.5 m, in grado di garantire una pluviometria supplementare climatizzante di 4.5 mm/ora.

Per la tesi di "controllo non climatizzato", in entrambi i frutteti è stata ricavata un'area di 2000 mq in cui è stato isolato l'impianto soprachioma, chiudendo 9 irrigatori a pioggia lenta e triplicando l'ala gocciolante, per garantire un analogo volume irriguo stagionale, distribuito però solo per microirrigazione localizzata.

MELO Fuji

- 3 ali gocciolante integrale di portata 1.6 l/h passo 40 cm: pluviometria 3.42 mm/h,

PERO Abate

- un'ala gocciolante integrale di portata 1.6 l/h passo 50 cm e due di portata 2.3 l/h passo 60 cm: pluviometria risultante 3.29 mm/h,

Il sistema di irrigazione soprachioma è stato attivato periodicamente (indicativamente una o due volte la settimana a seconda della stagione) quando le temperature giornaliere hanno superato per alcuni giorni consecutivi la soglia dei 33°C. Il gruppo di ricerca del Consiglio Nazionale delle Ricerche (**CNR-IBIMET** di Bologna) ha allestito centraline con sensori con le quali sono stati monitorati ogni 10', con medie a cadenza oraria, gli andamenti di temperatura delle foglie e dei frutti, prima, durante e dopo l'irrigazione climatizzante.

All'interno del frutteto, il **gruppo di ecofisiologia dell'università di Bologna** ha invece monitorato, a cadenza oraria, gli andamenti di temperatura e umidità dell'aria, interni ed esterni alla chioma e, in corrispondenza della fase di espansione cellulare, l'accrescimento dei frutti in continuo, mediante sensori automatici, che evidenziano l'andamento giornaliero del diametro dei frutti ed il loro accrescimento. Anche gli scambi gassosi fogliari sono stati monitorati prima e dopo l'irrigazione climatizzante al fine di valutare gli eventuali effetti positivi e la loro durata sulle performance fotosintetiche della chioma.

Nel 2018 è stata monitorata anche l'umidità del terreno a carico del **CER**, impiegando per ciascuno dei quattro trattamenti, una batteria composta da due sensori capacitivi (a 20 e 45 cm di profondità) e da un tensiometro (a 30 cm di profondità), collegati ad un data-logger in grado di registrare i valori del contenuto e del potenziale idrico del suolo a passo giornaliero.

L'effetto del metodo irriguo sulla produttività e la qualità dei frutti (pezzatura, colore scotatto, crepacciato, etc.) alla raccolta è stato infine valutato dai tecnici dell'azienda **Mazzoni**, il 5 e 28 settembre nel 2017, 29 agosto e 3 ottobre nel 2018, rispettivamente per pero e melo, in collaborazione con **Unibo** e **Consorzio per il Canale Emiliano Romagnolo**, che ha provveduto durante la stagione anche a fornire le indicazioni necessarie all'irrigazione, attraverso il sistema Irrinet.

RISULTATI 2017

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nelle figure 1 e 2 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ETo), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei trattamenti a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 1 aprile al 5 e 28 settembre rispettivamente per pero e melo).

Nelle tabelle 1 e 2 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi delle colture, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo; in tabella 3 sono invece riportate le date degli interventi climatizzanti.

L'andamento meteorologico 2017 è stato caratterizzato da un trimestre giugno-agosto decisamente caldo e siccitoso, con numerose ondate di calore e picchi di evaporato spesso superiori a 7 mm/giorno, che hanno reso necessari ben 11 interventi di climatizzazione per entrambe le colture.

I volumi irrigui stagionali sono stati di conseguenza, per il pero di 370.7 mm solo a goccia per il controllo non climatizzato e 444.3 con il doppio impianto, di cui 11 irrigazioni climatizzanti per un totale di 270 mm, con volumi di intervento variabili da 18 a 45 mm (da 4 fino a 10 ore di durata). Analogamente al melo sono stati distribuiti 383.5 mm solo a goccia per il controllo non climatizzato e 458.1 con il doppio impianto, di cui 11 irrigazioni climatizzanti come per il pero.

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	36,7	57,1	31,6	1,3	35,2	23,9	185,8
Eto (mm/giorno)	3,5	4,7	6,0	6,0	5,6	4,3	Media 5,0
Ete (mm/mese) climatizzato	51,3	72,5	112,2	142,5	138,0	15,5	532,0
deficit (mm) climatizzato	14,6	15,4	80,6	141,2	102,8	-8,4	346,2
Ete (mm/mese) Test	51,3	93,2	129,5	142,5	137,8	15,5	569,8
deficit (mm) Test	14,6	36,1	97,9	141,2	102,6	-8,4	384,0
Irrigazione Test (mm)	16,0	35,4	107,0	78,4	133,8	0,0	370,7
Irrigazione climatizzato (mm)	13,6	30,1	132,1	107,0	161,5	0,0	444,3

Tab. 1 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Mazzoni nel 2017

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	totale
piogge (mm)	36,2	56,4	31,3	1,4	32,5	137,7	295,5
Eto (mm/giorno)	3,4	4,6	5,9	5,8	5,4	3,1	4,7
Ete (mm/mese) climatizzato	47,3	69,0	105,4	136,8	134,4	55,1	548,0
deficit (mm) climatizzato	11,1	12,6	74,1	135,4	101,9	-82,6	252,5
Ete (mm/mese) Test	47,3	83,5	116,6	136,8	132,5	55,1	571,8
deficit (mm) Test	11,1	27,1	85,3	135,4	100,0	-82,6	276,3
Irrigazione Test (mm)	16,0	35,4	115,4	84,6	132,0	0,0	383,5
Irrigazione climatizzato (mm)	16,0	35,4	141,0	98,3	167,4	0,0	458,1

Tab. 2 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il melo presso l'az. Mazzoni nel 2017

PERO	ore	mm	MELO	ore	mm
11/06/2017	10,0	45	11/06/2017	10	45
19/06/2017	8,0	36	19/06/2017	8	36
04/07/2017	4,5	20	08/07/2017	4,5	20
20/07/2017	4,5	20	20/07/2017	4,5	20
28/07/2017	4,5	20	02/08/2017	4,5	20
01/08/2017	4,0	18	01/08/2017	4	18
03/08/2017	4,0	18	03/08/2017	4	18
09/08/2017	4,5	20	09/08/2017	4,5	20
16/08/2017	4,0	18	18/08/2017	4	18
23/08/2017	6,0	27	23/08/2017	6	27
29/08/2017	6,0	27	29/08/2017	6	27
totale	60,0	270	totale	60	270

Tab. 3 –irrigazioni climatizzanti per pero e melo presso l'az. Mazzoni nel 2017

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.

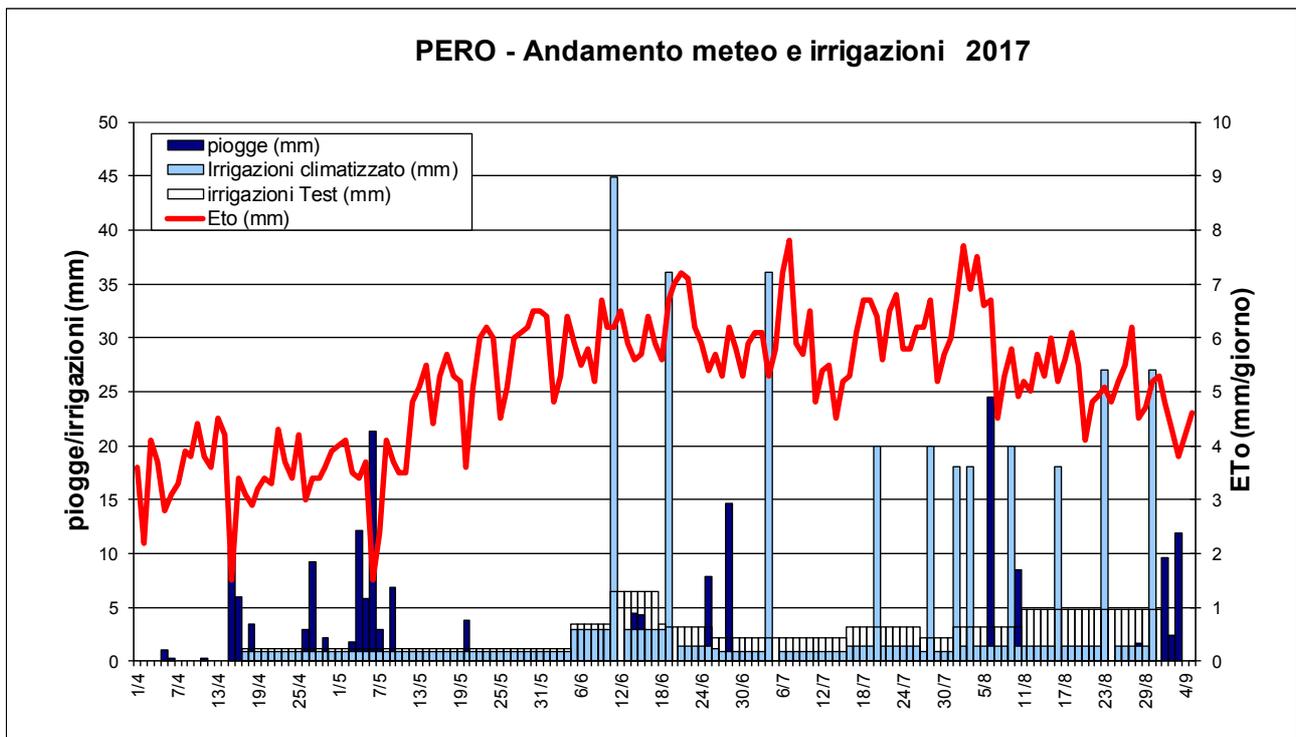


Fig. 1 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del pero presso l'az. Mazzoni nel 2017

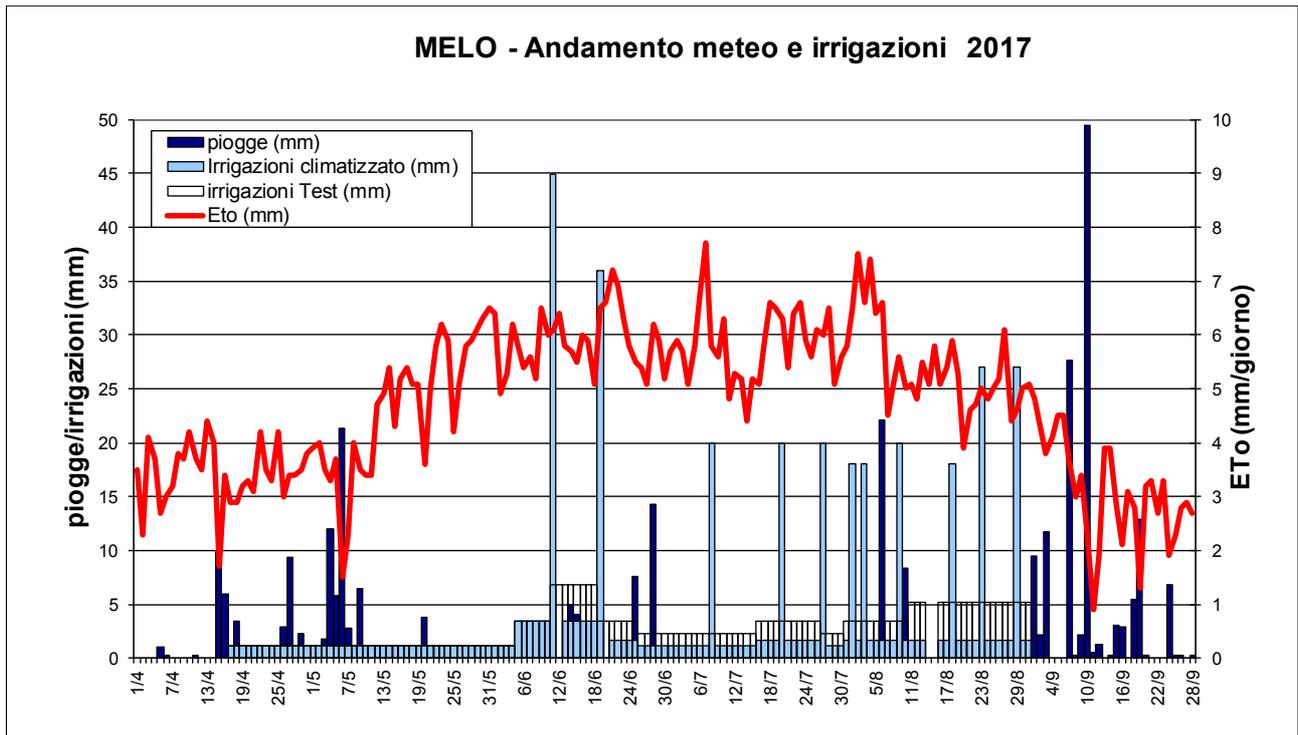


Fig. 2 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del melo presso l’az. Mazzoni nel 2017

Nelle figure 3 e 4 sono invece riportati gli andamenti dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Si è cercato di mantenere le dotazioni idriche dei due trattamenti il più possibile allineate, compensando nel controllo le irrigazioni climatizzanti con una maggiore apporto a goccia, grazie alle tre ali gocciolanti abbinate.

La falda ipodermica è passata da 75 a 150 cm di profondità e Irinet ha tenuto conto dell’apporto per risalita capillare nel bilancio idrico delle due colture

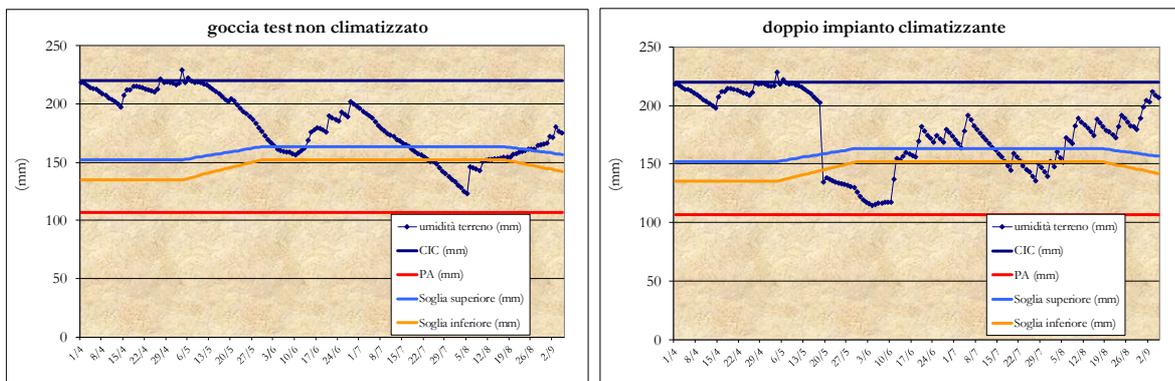


Fig. 3 –umidità del terreno del pero irrigato a goccia e climatizzato nel 2017

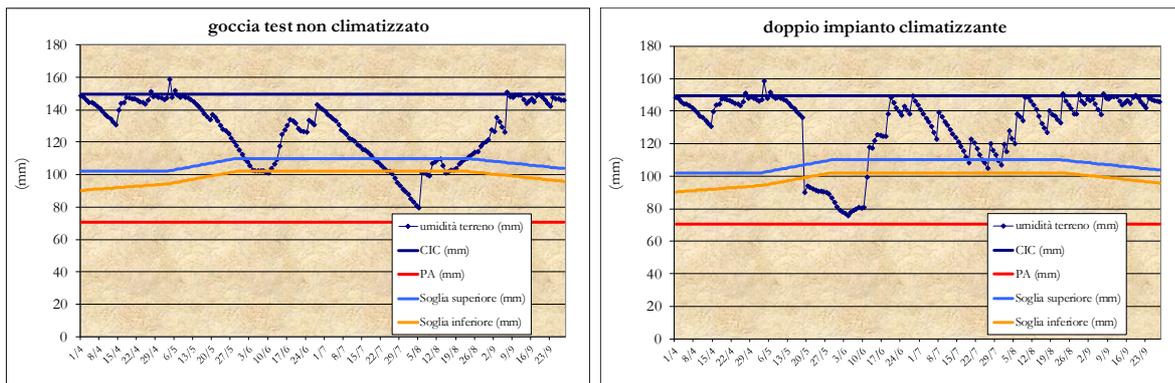


Fig. 4 –umidità del terreno del melo irrigato a goccia e climatizzato nel 2017

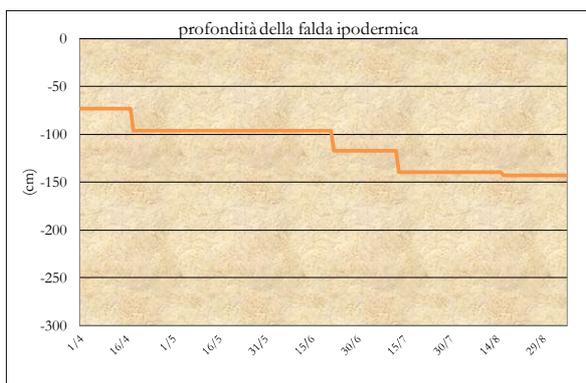


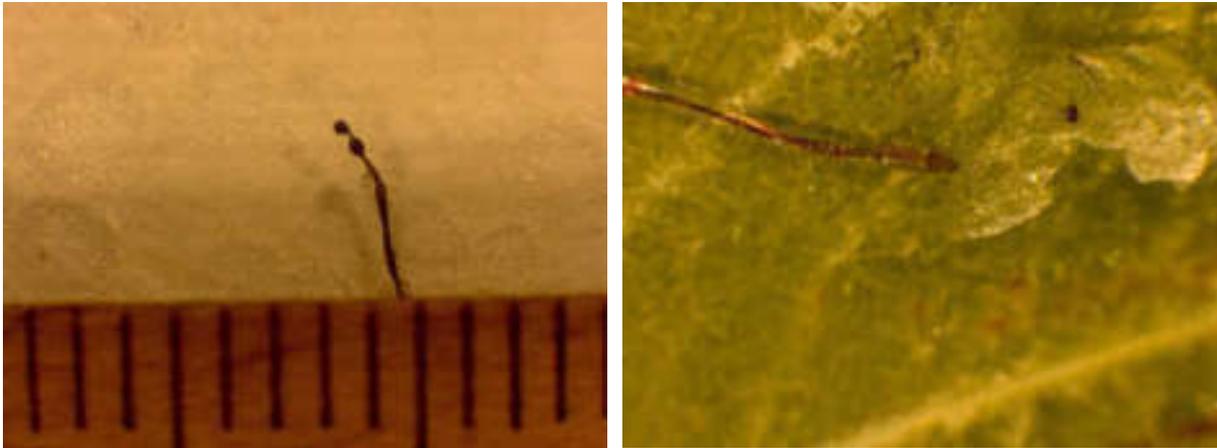
Fig. 5 – andamento della falda ipodermica nel 2017 nella zona di Medelana

Rilievi di temperatura sulla vegetazione (a cura di CNR-IBIMET)

Nell’ambito del progetto GOI l’unità operativa dell’Istituto di Biometeorologia del CNR sede di Bologna, come concordato durante le riunioni tecniche con gli altri partners del progetto, ha installato quattro postazioni di monitoraggio per la temperatura dei frutti e delle foglie nei due appezzamenti di melo e pero afferenti all’Azienda Mazzoni di Medelana dei quali si riporta lo schema dell’assetto sperimentale (in rosso le piante del controllo in azzurro quelle climatizzate).



In particolare sono stati installati quattro data-logger CR10X e CR1000 della Campbell Scientific a cui, nelle parcelle sottoposte a sperimentazione, è stato collegato un totale di 48 termocoppie di tipo T dello spessore di 0,3 mm .



Si mostrano qui le caratteristiche delle termocoppie, precedentemente intercalibrate in sabbia a diverse temperature e per le quali erano stati testati i più opportuni metodi di fissaggio alla epidermide superiore dei frutti (nella parte di essi esposta verso l'esterno della pianta) e alla lamina inferiore delle foglie. La sostanza migliore da utilizzare per il fissaggio più stabile anche in presenza di acqua battente (da irrigazione climatizzante) e alla persistenza di bagnatura fogliare è risultato il silicone all'acqua, che è stato quindi utilizzato in tutte le prove di campo sia su melo che su pero.

Melo climatizzato

Sono state posizionate 16 termocoppie, 8 sui frutti e 8 sulle foglie suddivise equamente sui due lati (EST e OVEST) del filare. La scansione delle temperature è stata effettuata ogni 30 secondi e ogni 10 minuti è stata registrata nel data-logger la media (20 letture).

Melo non climatizzato (controllo)

Sono state posizionate 8 termocoppie, 4 sui frutti e 4 sulle foglie suddivise sui due lati (EST e OVEST) del filare. La scansione delle temperature è stata effettuata ogni 30 secondi e ogni ora è stata registrata nel data-logger la media (120 letture).

Pero climatizzato

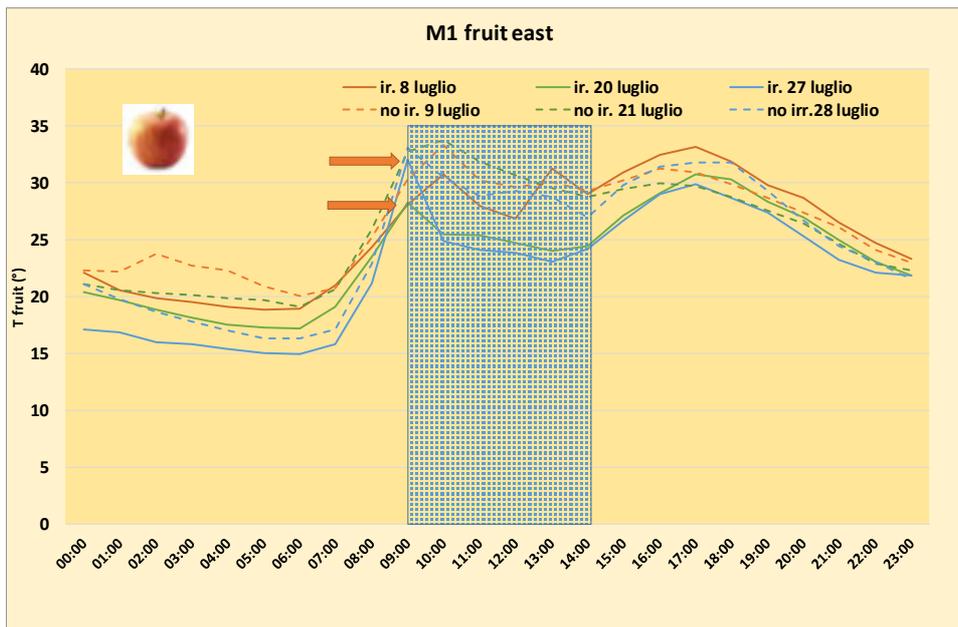
Sono state posizionate 16 termocoppie, 8 sui frutti e 8 sulle foglie suddivise sui due lati (EST e OVEST) del filare. La scansione delle temperature è stata effettuata ogni 30 secondi e ogni 10 minuti è stata registrata nel data-logger la media (20 letture).

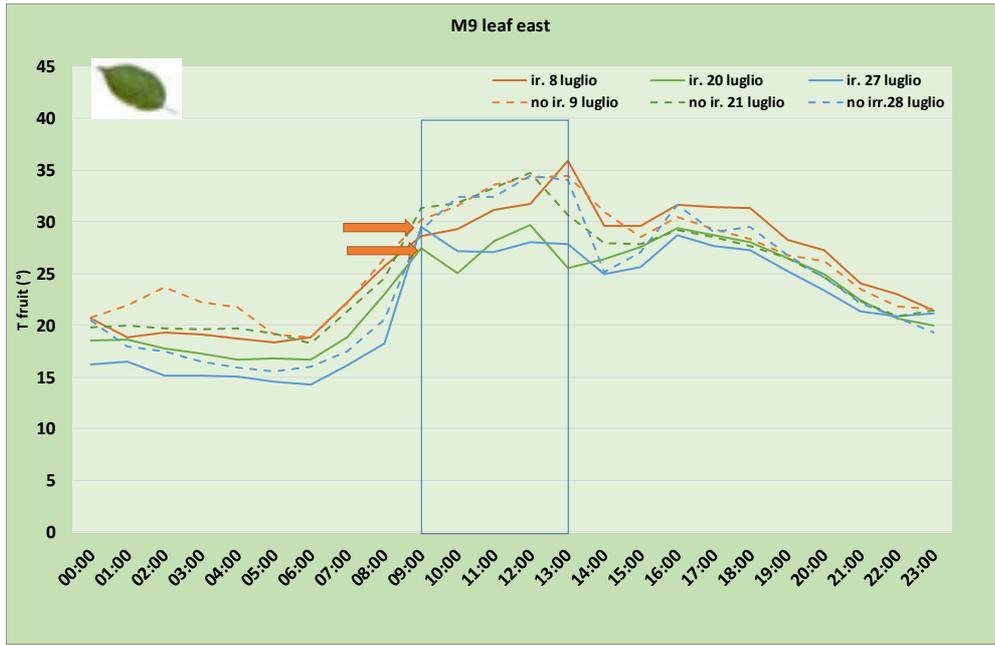
Pero non climatizzato (controllo)

Sono state posizionate 8 termocoppie, 4 sui frutti e 4 sulle foglie suddivise sui due lati (EST e OVEST) del filare. La scansione delle temperature è stata effettuata ogni 30 secondi e ogni ora è stata registrata nel data-logger la media (120 letture).

Le stazioni hanno acquisito i dati dal 26 giugno al 5 settembre, periodo durante il quale sono stati effettuati 9 interventi di climatizzazione. Dalla notevole massa di dati raccolti si sono estratte le prime elaborazioni, riportate nei grafici successivi, e si sono tratte le considerazioni iniziali, assumendo una delle due specie (melo) come primo oggetto di studio.

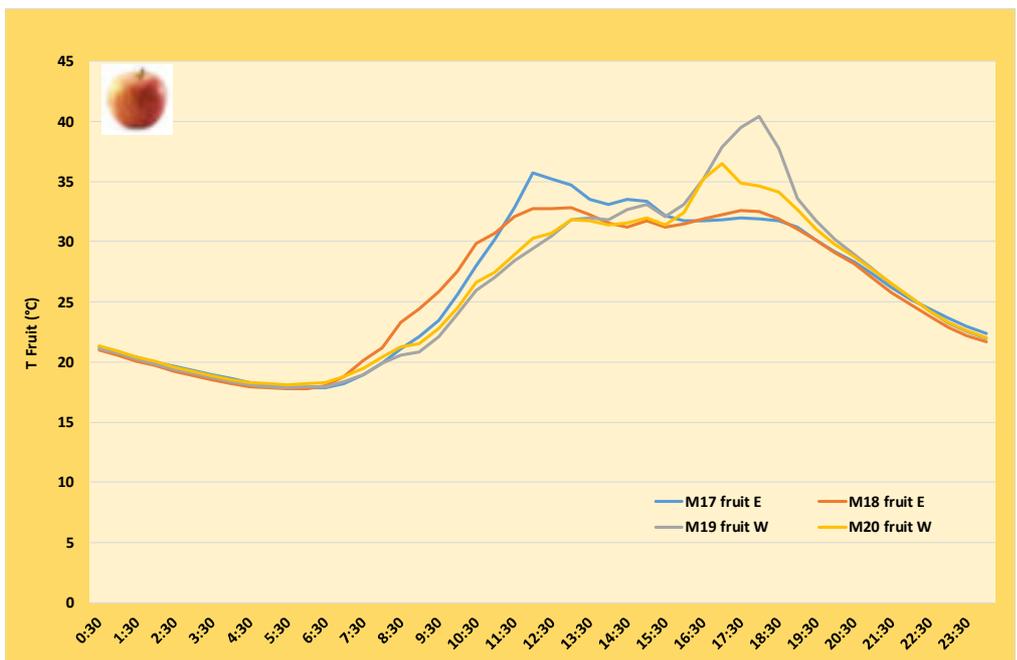
Nelle due figure successive sono riportati gli andamenti giornalieri della temperatura su di un frutto e una foglia di melo durante due giornate in cui è stata dichiarata l'effettuazione dell'irrigazione climatizzante (linea continua) e nei giorni successivi all'irrigazione stessa (linea tratteggiata). Le frecce indicano l'ora presumibile di inizio climatizzazione e l'area in colore la durata dell'effetto climatizzante. Si sono assunte le due giornate consecutive nell'intento di tracciare il profilo dell'efficacia della climatizzazione in due situazioni meteorologicamente più simili possibili, e con andamenti speculari della temperatura giornaliera.

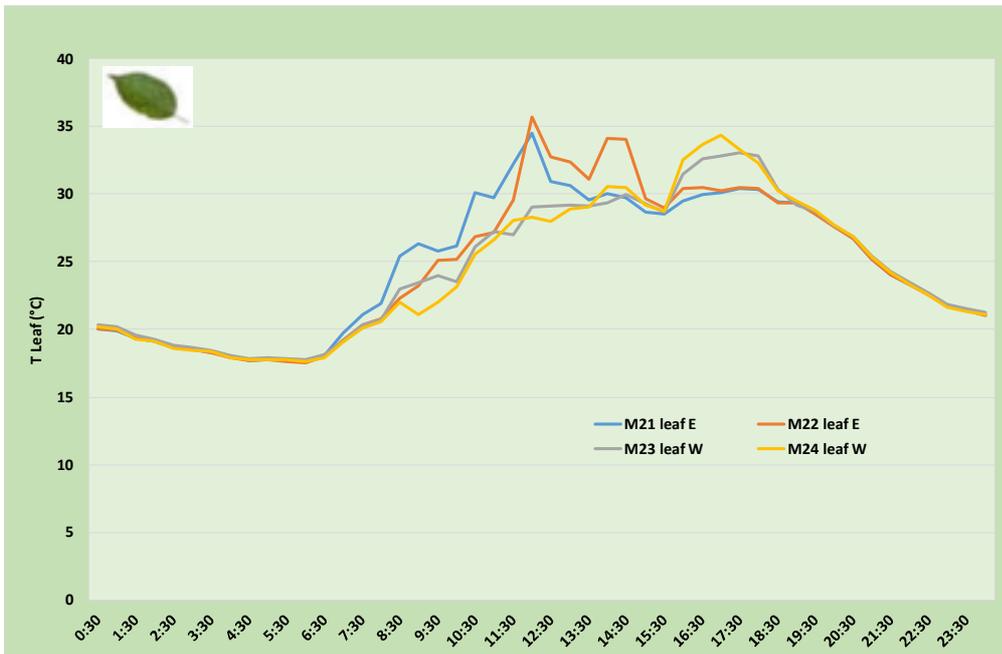




Dai dati si rileva un effetto dell'intervento climatizzante del giorno 8 luglio più breve nel tempo, mentre per gli altri giorni (20 e 27 luglio) l'effetto climatizzante si è protratto per circa quattro-cinque ore con un effetto più marcato sui frutti (con un raffreddamento fino a 7-8°C) rispetto che sulle foglie.

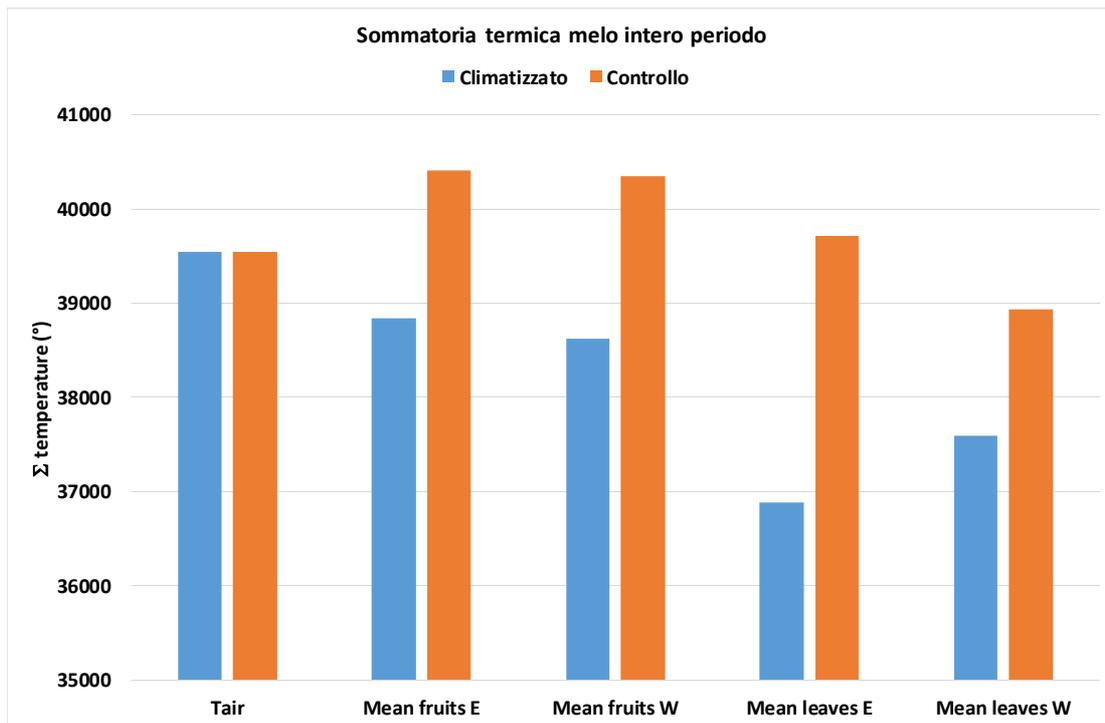
Nei successivi altri due grafici è riportato l'andamento della temperatura dei frutti e delle foglie, sia esposti ad est (E) che ad ovest (W) nella parcella non climatizzata il giorno 20 luglio. Si può notare sia l'effetto dello spostamento del sole sui lati est ed ovest del filare, e anche in questo caso come le temperature dei frutti e delle foglie raggiungano valori più elevati rispetto al climatizzato.





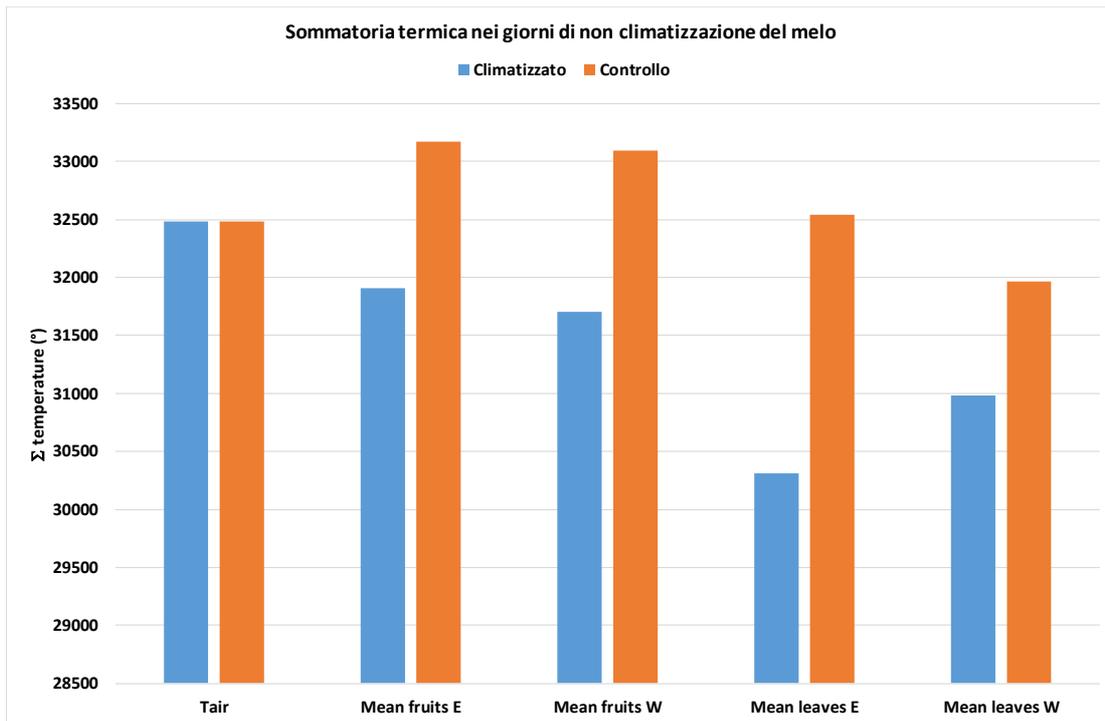
Per valutare gli effetti complessivi della climatizzazione sono state fatte le sommatorie delle temperature medie orarie dei frutti e delle foglie sia durante l'intero periodo in cui sono state installate le termocoppie (70 giorni per 24 ore, 1680 ore), sia nelle sole giornate in cui sono state effettuate le irrigazioni climatizzanti (9 giorni per 24 ore, 216 ore) che negli altri giorni (61 giorni per 24 ore, 1464 ore).

L'analisi dei dati effettuata in questo modo evidenzia come la sommatoria della temperatura dei frutti nella parcella di controllo sia sempre superiore a quella dell'aria, mentre la sommatoria della temperatura delle foglie è inferiore a quella dell'aria solo in quelle esposte a ovest. Nella parcella del climatizzato, invece, la sommatoria della temperatura di frutti e foglie è sempre inferiore a quella dell'aria.

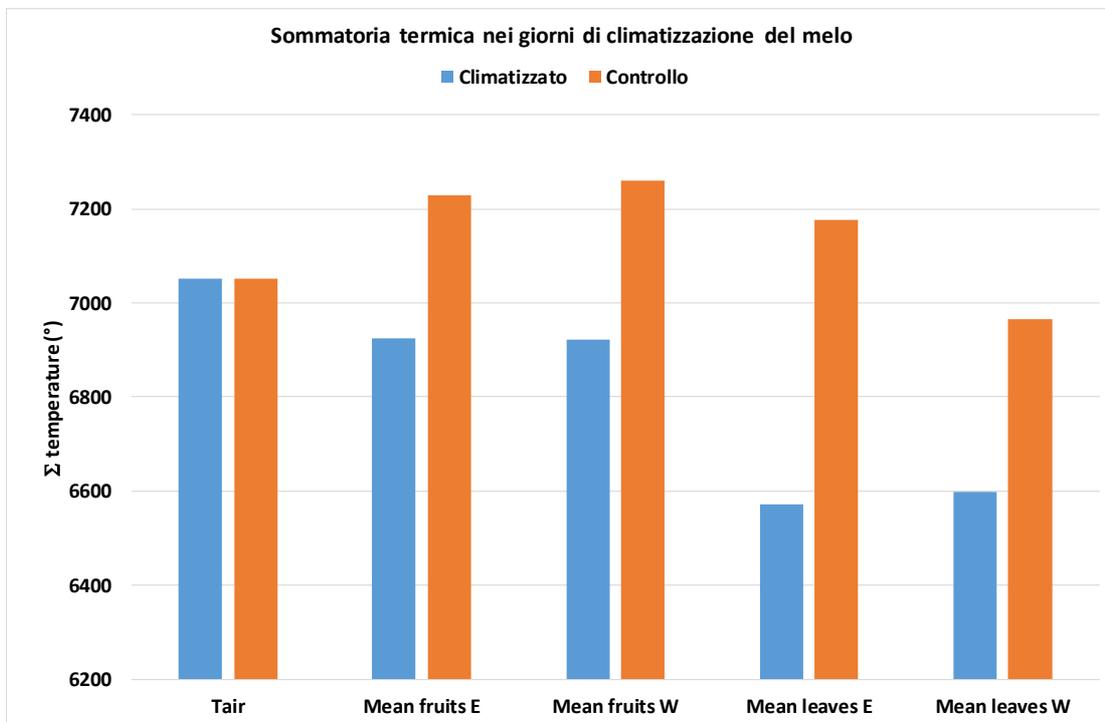


Nei giorni in cui non è stato effettuato il trattamento climatizzante, la sommatoria delle temperature raggiunte dai frutti delle piante del controllo è stata sempre superiore a quella dell'aria (e anche a quella dei frutti delle piante climatizzate anche se non sono state sottoposte al trattamento). La stessa cosa si è verificata per le foglie, anche se in questo caso la sommatoria delle temperature delle lamine fogliari esposte a ovest è risultata inferiore a quella dell'aria.

Ovviamente, i dati puntuali rilevati sui singoli organi possono risentire della loro diversa esposizione relativa ai raggi solari, che può essere stata maggiore per i frutti campionati nelle piante di controllo.



Anche nei giorni di funzionamento della climatizzazione si sono mantenuti gli stessi andamenti, con una minore differenza tra gli organi esposti a est e ovest nelle piante climatizzate.



Su base stagionale i dati mostrerebbero un effetto rilevante della climatizzazione, sia nei giorni dell'intervento, che nei giorni successivi: in realtà se dividiamo le sommatorie per il numero di ore su cui son state calcolate (rispettivamente 1680 ore

per l'intera stagione, 1464 ore senza climatizzazione e 216 ore di giorni con climatizzazione) ci si accorge che il raffreddamento relativo medio giornaliero tra climatizzato e controllo è stato di 0.8°C sui frutti, 1°C sulle foglie nei giorni senza climatizzazione, 1.5°C sui frutti e 2.3°C nei giorni in cui sono state effettuate le irrigazioni climatizzanti.

Quanto riportato è solo una prima analisi della gran mole di dati raccolti. Una elaborazione più approfondita andrà effettuata prima del secondo anno di prove in campo.

Rilievi effettuati dal gruppo di ecofisiologia dell'università di Bologna relativamente alla coltura del pero e melo.

La prova è stata effettuata nell'estate 2017 durante i mesi di luglio e agosto ed è consistita nella rilevazione di svariati dati fisiologico/ambientali nei momenti: giorno prima, giorno stesso (subito dopo) e giorno dopo il trattamento SC.

L'azienda effettua con cadenza bisettimanale SC per prevenire problemi da eccessivo calore (ondate, "bolle" di calore) a meno che non si presentano condizioni tali da far evitare il trattamento come piogge o temperature non eccessive.

Volendo valutare in condizioni reali l'effetto del trattamento, il trattamento e i rilievi sono stati effettuati in seguito a periodi di caldo intenso (ondate di calore) e quindi non si sono potuti programmare; L'agricoltore avvertiva in anticipo ogniqualvolta le condizioni fossero tali da fargli necessariamente operare il trattamento SC (più giorni oltre i 33°C). Durante la stagione i dati sono stati raccolti in due momenti: nei giorni 11-20-21 luglio e 9-10 agosto. Purtroppo, a seguito di un guasto della strumentazione per la rilevazione degli scambi gassosi, non è stato possibile analizzare in profondità i dati relativi al 20-21 luglio che quindi non saranno presentati nella tesi. Sono stati invece discussi i rilievi svolti l'11 luglio e il 9-10 agosto.

Su ogni pianta dei trattamenti SC e C sono state effettuate le stesse misurazioni di scambi gassosi e relazioni idriche operate intorno al mezzogiorno solare (ore 12:00-14:00) in tutti e tre i giorni di rilevamento, mentre le misurazioni delle variazioni della crescita del frutto venivano costantemente registrate sulle 24 ore grazie ad un sistema WSN (vedi 2.2.1). Durante i rilevamenti sono stati registrati anche i dati meteo di temperatura, umidità, irraggiamento, velocità e direzione del vento, pluviometria nell'apezzamento; inoltre sono state valutate la temperatura e l'umidità all'interno della chioma a 3 diverse altezze: 50, 150, 250 cm da terra, questo per valutare i cambiamenti microclimatici nel frutteto a seguito di SC.

Sistema WSN- Rilevazione Dati ambientali e Crescita del frutto:

In questa prova è stata utilizzata una rete wireless di centraline in grado di salvare ed inviare sul web i dati rilevati dai sensori connessi ad esse, questo sistema chiamato Wi-Net (Wi-Net s.r.l., Cesena, Italy) (Giorgetti et al., 2014) è costituito da un “nodo coordinatore” il quale riceve senza fili i dati salvati da tutti i “nodi sottoposti” e li rende disponibili online ad un indirizzo dedicato tramite connessione GPRS; il nodo coordinatore è stato dotato di una centralina meteorologica avente tutti i sensori necessari a misurare i parametri precedentemente descritti e quindi ottima per controllare le variabili climatiche.

I “nodi sottoposti” sono stati disposti uno per trattamento e ad ognuno di essi sono stati collegati: 3 termo-igrometri posti sui fili del filare così da monitorare temperatura e umidità relativa alle tre diverse altezze della chioma (a 50,150, 250 cm); 8 sensori auto-costruiti seguendo le specifiche di Morandi et al., 2007 per la misurazione precisa dell'accrescimento diametrico del frutto; con questi sono stati monitorati 2 frutti per ogni pianta del trattamento. L'intero sistema è costantemente operativo e consente la registrazione dei dati rilevati (temperature, umidità e diametro del frutto) ad intervalli regolari, in questo caso il dato è acquisito ogni 15 minuti.

I dati relativi alla crescita giornaliera del frutto sono raccolti in quanto esso risulta un ottimo indicatore dello stato di salute della pianta, adattandosi tramite restringimenti o incrementi del diametro in base al livello dei flussi vascolari (floema e xilema) e traspiratori ad esso relativi (in Melo: Lang, 1990 e pesco Morandi, 2007) che sono positivamente correlati allo stato di benessere (stato idrico, nutritivo, fisiologico) della pianta e alla variazione delle condizioni ambientali; quindi fenomeni di shrinkage e swelling di frutto e tronco dipendono anche da stato idrico e condizioni ambientali (Berger and Selles, 1993; Garnier and Berger, 1986; Jones and Higgs, 1982; Tromp, 1984) e ne possono indicare alterazioni valutabili come positive o negative per la pianta.

Misurazione degli scambi gassosi

Le misurazioni di scambi gassosi a livello fogliare sono state effettuate con il LI-COR 6400 (Li-Cor 6400, Lincoln NE, USA), uno strumento computerizzato, in grado di raccogliere dati microclimatici e di scambio gassoso della pianta.

Lo strumento è un analizzatore portatile con un sistema di rilevazione ad infrarossi (sensori IRGA-infrared gas analyzer) degli scambi gassosi che utilizza un circuito a sistema aperto; esso rileva fotosintesi, traspirazione, conduttanza stomatica, concentrazione di CO₂ sottostomatica e molti altri parametri sia fisiologici che ambientali ed, in questo caso, anche la fluorescenza della clorofilla grazie alla particolare "cuvette" dotata di fluorimetro.

Il rilievo è effettuato pinzando una foglia adulta e attiva (es. la quinta dall'apice vegetativo nel germoglio dell'anno) nella "cuvette" o pinza di misurazione; Successivamente alla stabilizzazione dei valori misurati dallo strumento (tempo impiegato di circa 2/3 minuti) può essere registrato il dato premendo un tasto. Al salvataggio del dato lo strumento memorizza tutti i parametri fisiologico/ambientali da esso rilevabili.

La fotosintesi e la traspirazione vengono valutate, da questa tipologia di strumento, come differenza di concentrazione di CO₂ e H₂O tra l'aria in entrata nella "cuvette", in cui viene mantenuta una concentrazione dei gas fissa e stabile, e quella in uscita, dopo l'assimilazione/produzione da parte della foglia. La differenza nella concentrazione in entrata e in uscita sarà la quantità di CO₂ organicata e dell'acqua emessa dagli stomi sotto forma di vapore acqueo, e cioè il valore di fotosintesi netta ($P_n = \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e di traspirazione (T_r o $E = \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) della foglia.

Operazione che precede la raccolta dati con il LI-COR 6400 è l'accensione e l'impostazione dello strumento. Questa fase preliminare è fondamentale per la buona riuscita del rilievo in quanto lo strumento è molto sensibile e necessita di impostazioni molto precise (es. concentrazione in ppm di CO₂ dell'aria immessa in cuvette) per raccogliere un dato realmente utilizzabile.

Durante la prova sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

Flusso d'aria: 300 mol aria s⁻¹;

Concentrazione CO₂: 400 ppm;

Aria in entrata nella cuvette con umidità pari alla concentrazione ambientale (variabile nelle misure).

Intensità luminosa dei LED: 1600 di PAR (Photosynthetic Active Radiation).

Le impostazioni hanno tenuto conto delle condizioni ambientali nel momento del rilievo e la misurazione degli scambi gassosi sono state effettuata al mezzogiorno solare.

Per ogni trattamento (C e SC) sono stati raccolti dati su 4 ripetizioni: quindi per ogni pianta del trattamento è stata presa una misurazione.

2.2.3 Rilevazione relazioni idriche

Nel corso della prova sono state valutati i potenziali idrici della pianta in particolare quello del tronco (ψ_{stem}) e delle foglie (ψ_{leaf}).

I rilevamenti di potenziale idrico sono stati effettuati al mezzogiorno solare, questo perché da bibliografia (Morandi et al, 2014) un potenziale idrico rappresentativo deve essere effettuato in questo orario della giornata (Midday stem water potential).

Il potenziale idrico viene rilevato utilizzando la camera di Scholander detta anche “bomba a pressione” (Scholander et al, 1965). Tale strumento è formato da un cilindro metallico resistente ad alte pressioni con coperchio avente un foro che presenta una guarnizione in gomma regolabile; Il cilindro è inoltre collegato ad un manometro e ad una bombola di azoto in pressione, attraverso un rubinetto ed un riduttore di pressione.

Il rilevamento del ψ_{leaf} è stato effettuato in modo diretto sulle foglie attive seguendo le istruzioni di Turner e Long (1980), ovvero misurando il potenziale idrico subito dopo il distacco di una foglia attiva, adulta e ben esposta alla luce (well exposed leaf water potential), tale foglia viene coperta qualche momento prima di essere recisa.

Per la valutazione del ψ_{stem} , invece sono state utilizzate tecniche con metodologia in accordo con quanto descritto da McCutchan and Shackel (1992) e da Naor et al. (1995): la valutazione del potenziale idrico del tronco dovrebbe verificarsi poco prima dell'alba poiché durante la notte (in mancanza di fonti luminose) le foglie equilibrano il loro potenziale con quello del tronco. Per ovviare a ciò è stato effettuato un adattamento del potenziale della foglia con quello del tronco come descritto negli articoli, ovvero attraverso la copertura della foglia con un sacchetto argentato che ricreasse le condizioni di buio ed evitasse il surriscaldamento eccessivo della foglia. Le foglie scelte per questo il rilievo erano ben sviluppate ed in fase “adulta” nonché poste il più vicino possibile al tronco principale e allo stesso tempo lontana da apici e frutti; questa lontananza garantisce un potenziale non condizionato dal maggior richiamo di acqua in questi organi (sink).

L'adattamento al buio sotto il film alluminizzato è stato di almeno 45 minuti così da garantire un buon equilibrio tra potenziale della foglia e del tronco.

Le fasi principali della misurazione sono le seguenti: la foglia viene distaccata dalla pianta e posta il più rapidamente possibile nella camera di Scholander, ancora insacchettata, avendo cura di far fuoriuscire il picciolo dal foro nel tappo e stringere

bene la guarnizione attorno ad esso; all'interno della camera la pressione viene innalzata fino a quando raggiunge un livello tale da equilibrare la forza di trattenuta dell'acqua da parte della foglia; questo è il momento in cui dal picciolo della foglia fuoriesce una goccia d'acqua. La pressione utilizzata per provocare la fuoriuscita della soluzione è pari alla forza di trattenuta della foglia ($\psi_{\text{stem}} / \psi_{\text{leaf}}$) e può essere visualizzata su un manometro posto nello strumento. La pressione misurata in negativo è il potenziale idrico; normalmente, maggiore è lo stress idrico, più negativo sarà il valore di potenziale idrico. Questo parametro viene espresso in Mpa (N/m²) di depressione.

Analisi statistica

Le variabili microclimatiche, essendo presente solo una ripetizione per ogni trattamento sono state valutate attraverso le correlazioni tra i differenti trattamenti valutandone le variazioni visivamente attraverso raffronti in grafici.

Per quanto riguarda invece i dati di scambi gassosi a livello fogliare, i potenziali idrici, ed i dati produttivi sono stati sottoposti ad un'analisi ANOVA ad una via sia con $\alpha=0.05$ che con $\alpha=0.1$. Per valutare meglio le differenze verranno rappresentati solo i dati con $\alpha=0.1$. È stato inoltre effettuato un test SNK per la separazione delle medie.

RISULTATI DEI RILIEVI UNIBO

La sperimentazione ha preso inizio l'11 luglio 2017 in cui è stato eseguito un rilievo di controllo per valutare la variabilità tra le piante selezionate per la prova. In tale rilievo è emerso che le piante selezionate non mostravano nessuna differenza significativa nei valori di scambi gassosi e potenziale idrico (Tabella 1 e 2). Per questo il rilievo dell'11 luglio è stato preso come "momento zero" (pre-trattamento) nella discussione dei risultati.

I risultati presentati di seguito si riferiscono alla sola sessione di raccolta del 9-10 agosto su pero. I dati della sessione di luglio non sono stati presentati a causa di un problema tecnico della strumentazione come già detto in precedenza.

SCAMBI GASSOSI

	11LUGLIO			9 AGOSTO			10 AGOSTO		
Fotosintesi (Pn)	SOPRA	A	17.816	SOPRA	A	15.594	SOPRA	A	7.622
	CTRL	A	15.498	CTRL	B	12.674	CTRL	A	9.259
Conduttanza (g_s)	SOPRA	A	0.21464	SOPRA	A	0.20907	SOPRA	A	0.18410
	CTRL	A	0.16652	CTRL	B	0.13653	CTRL	A	0.13795
Traspirazione (E)	SOPRA	A	9.521	SOPRA	A	9.0804	SOPRA	A	4.2789
	CTRL	A	7.440	CTRL	B	7.3848	CTRL	A	3.7638
Deficit Vapore (VpD)	SOPRA	A	4.6784	SOPRA	B	4.3681	SOPRA	A	2.4442
	CTRL	A	4.4666	CTRL	A	5.2669	CTRL	A	2.7409
Temp. Foglia (Tleaf)	SOPRA	A	40.581	SOPRA	B	40.1936	SOPRA	B	33.3435
	CTRL	A	40.2722	CTRL	A	42.3644	CTRL	A	34.2833

Tabella 4 - Scambi gassosi a livello fogliare su pero; i dati sono espressi come: Fotosintesi netta **Pn** ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conduttanza stomatica **g_s** ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), traspirazione fogliare **E** ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), deficit di pressione di vapore fogliare **VpD**, temperatura della foglia **Tleaf** °C.

POTENZIALI IDRICI														
Day	Stem WP		Leaf WP		Day	Stem WP		Leaf WP		Day	Stem WP		Leaf WP	
	C	SC	C	SC		C	SC	C	SC		C	SC	C	SC
11/7	-1,32	-1,53	-2,02	-2,44	9/8	-1,74	-1,62	-3,06	-3,30	10/8	-0,76	-0,64	-0,82	-0,72
	-1,45	-1,27	-2,00	-2,78		-1,86	-1,50	-2,86	-2,64		-0,70	-0,66	-0,74	-0,66
	-1,72	-1,63	-2,22	-2,06		-1,86	-2,36	-2,90	-2,80		-0,62	-0,58	-0,68	-0,70
	-1,70	-1,57	-2,80	-2,43		-1,68	-1,68	-3,50	-1,96		-0,56	-0,82	-0,58	-0,60
	-1,62	-1,75	-2,10	-2,48		-1,44	-1,56	-1,64	-1,60		-0,52	-0,54	-0,62	-0,68
Media	-1,56	-1,55	-2,23	-2,44	Media	-1,72	-1,74	-2,79	-2,46	Media	-0,63	-0,65	-0,69	-0,67
Discr.	A	A	A	A		A	A	A	A		A	A	A	A

Tabella 5 - Potenziali idrici di foglie e fusto su pero nei due trattamenti Controllo e Soprachioma espressi in Mpa ; sono riportate anche le medie dei dati sulle quali si basano i discriminanti statistici.

Scambi gassosi e potenziali idrici su pero

Osservando in primo luogo scambi gassosi (Tabella 4) e potenziali idrici (Tabella 5) su pero, si nota come nel giorno 11 luglio (giorno prima del trattamento SC) le piante di entrambi i trattamenti non mostrino differenze significative in nessuno dei parametri rilevati, come si può notare dal medesimo discriminante presente in tabella. Questo indica una parità di condizioni, di status e attività fisiologica delle piante dei due trattamenti.

Passando al 9/08, giorno in cui è stata effettuata SC, si può osservare come i valori di potenziale idrico sia del tronco che della foglia rimangano statisticamente "uguali", indicando quindi uno stato idrico simile delle piante dei due diversi trattamenti; ciò mostra chiaramente che il livello di stress cui le piante sono sottoposte è lo stesso, e non c'è variazione di questo stato tra C e SC.

Per quanto riguarda i rilievi di scambio gassoso si rilevano differenze in tutti i principali parametri con valori maggiori di fotosintesi (Pn), conduttanza stomatica (gs) e traspirazione (E) nel trattamento SC rispetto al C;

Al contrario la temperatura della foglia (Tleaf) ed il deficit di pressione di vapore riferito alla foglia (VpD) hanno valori minori in SC che in C;

Nel giorno di rilievo del 10/08, quello seguente all'evento di irrigazione soprachioma, i valori fra i trattamenti C e SC non risultano statisticamente differenti, infatti sia scambi gassosi che potenziali idrici non presentano differenze come nel giorno 11 luglio mostrando nuovamente pari condizioni. Osservando i dati di questo rilievo si nota come essi presentino valori decisamente inferiori alle altre giornate questo è dovuto al fatto che poco dopo l'inizio del rilievo le condizioni meteorologiche sono peggiorate con una copertura nuvolosa del cielo ed un evento piovoso nella serata.

Scambi gassosi e potenziali idrici su melo

	MELO	19 luglio [prima dell'irrigazione]		20 luglio (giorno irrigazione)		21 luglio (giorno successivo all'irrigazione)	
Fotosintesi ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	18.6	a	5.1	a	20.3	a
	Soprachioma	19.2	a	12.8	a	21.3	a
Conduttanza ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	0.21	a	0.22	a	0.24	a
	Soprachioma	0.26	a	0.26	a	0.27	a
Traspirazione ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Controllo	9.7	a	6.8	a	10.6	a
	Soprachioma	11.2	a	7.7	a	11.3	a
Potenziale idrico del fusto (Mpa)	Controllo	-1.42	a	-0.87	a	-1.38	a
	Soprachioma	-1.52	a	-0.71	a	-1.29	a

Tabella 6 - Scambi gassosi e potenziali idrici su melo; i dati sono espressi come: Fotosintesi netta P_n ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conduttanza stomatica g_s ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), traspirazione fogliare E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Potenziale idrico (Mpa).

Anche nel melo non si sono rilevate differenze significative nei parametri fisiologici (tab. 6), dai rilievi effettuati in tre giorni consecutivi, prima durante e dopo l'irrigazione climatizzante.

Misure microclimatiche

I grafici meteo riportati (fig. 6 e 7) rappresentano i dati rilevati fuori rete (dal coordinatore esterno al frutteto) e sotto rete per ogni trattamento. I dati sotto rete sono stati ottenuti come media delle rilevazioni alle tre diverse altezze fatte per ogni trattamento.

Non sono stati riportati grafici dell'andamento di temperatura e umidità alle 3 diverse altezze in quanto non si sono sottolineati fenomeni rilevanti, se non la maggior inerzia termo-igrometrica del sensore mediano dovuta probabilmente ad un effetto "isolante" della chioma che ha fatto risentire di meno a questo sensore i cambiamenti

microclimatici; i sensori posti più in alto e più in basso seguono uno stesso andamento.

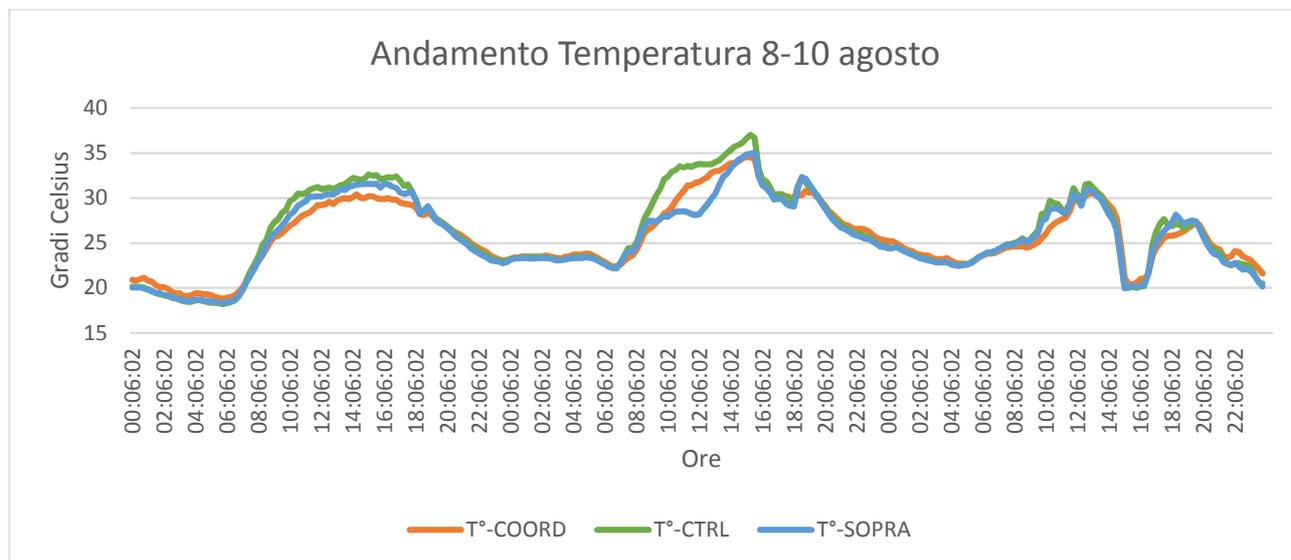


Figura 6 - Grafico dell'andamento delle temperature (espresse in °Celsius) nel periodo 8-10 Agosto.

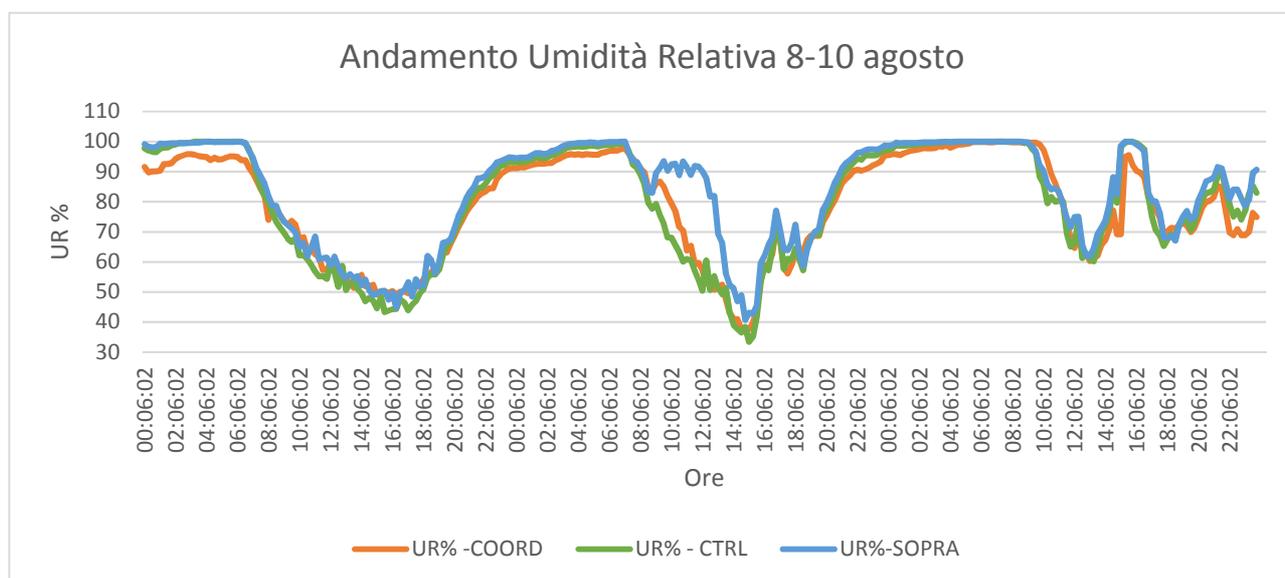


Figura 7 - Grafico dell'andamento della Umidità Relativa (espresse in %) nel periodo 8-10 Agosto.

Osservando i grafici dei dati meteorologici (fig. 6 e 7) si nota un andamento abbastanza simile per tutti i trattamenti, tranne che nel giorno 9 agosto in cui è stata effettuata l'irrigazione soprachioma. Oltre a ciò si nota anche che in generale sotto rete (sia in C che in SC) si presentano temperature sempre lievemente superiori rispetto ai rilievi fuori rete (coordinatore).

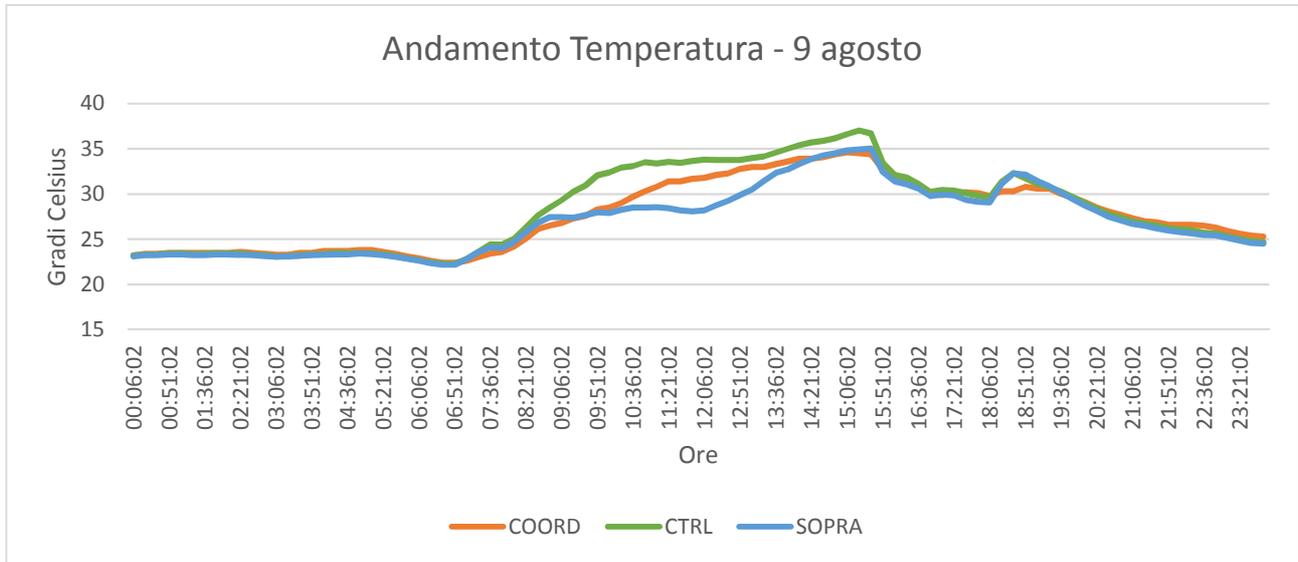


Figura 8-particolare dell'andamento delle temperature (esprese in °Celsius) nel giorno 09 Agosto.

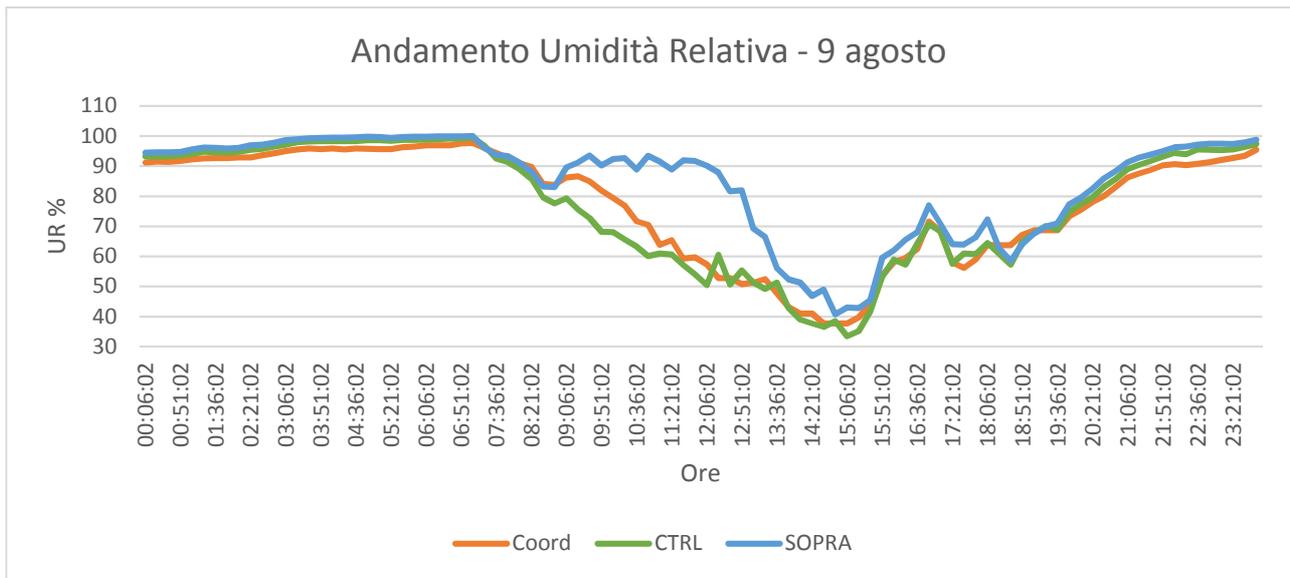


Figura 9 - Particolare dell'andamento dell' Umidità Relativa (esprese in %) nel giorno 09 Agosto.

Nelle figure 8 e 9 possiamo osservare in dettaglio l'andamento nel giorno 9 agosto in cui è ben visibile l'effetto del trattamento di irrigazione soprachioma: dalle ore 9:00 si nota infatti un aumento netto dell'umidità relativa ed un calo della temperatura in SC che rimane costante fino alle ore 12:30 circa (ora in cui è terminato il trattamento di irrigazione). Questa variazione è ancora più visibile se raffrontata con il trattamento C il quale alle 11:36 presenta una temperatura di 33,4°C ed umidità relativa pari al 57% contro una temperatura di 28,1°C e 91% in SC ad irrigazione in corso. L'effetto

di SC rimane visibile fino a 2 ore dopo la fine del trattamento, è infatti dalle 15:36 che gli andamenti delle tre linee del grafico tornano ad avvicinarsi e quasi sovrapporsi.

Crescite dei frutti

La crescita dei frutti di pero (fig. 10) tra SC e C mostra alcune differenze fra i trattamenti nei giorni 9 e 10 agosto, mentre per quanto riguarda il giorno precedente il trattamento soprachioma (8 agosto) l'andamento di crescita risulta simile con inizio intorno alle ore 3:40 e fine intorno alle ore 12:30. Il 9 agosto l'andamento tra i due trattamenti è simile fino alle ore 9:00 (ora di inizio irrigazione), in seguito il trattamento SC mostra un'impennata nel ritmo di crescita, mentre C mantiene un andamento che segue il giorno 8 agosto in cui non era presente l'irrigazione soprachioma. Il frutto rallenta la propria crescita intorno alle 14:00 nel trattamento C mentre continua fino alle 15:30 per SC. Inoltre, si nota come in questa giornata SC presenta una crescita anche nelle ore serali-notturne che non è presente in C.

Il giorno 10 agosto (seguito l'irrigazione climatizzante) SC riprende la crescita molto presto (intorno alle ore 3:00 circa) rispetto al trattamento C (ore 5:30 circa); l'andamento della crescita e la sua "fine" (15:00 circa) sono simili in entrambi i trattamenti, ma si nota come SC riprenda nuovamente la crescita verso le ore serali al contrario di C in cui si arresta fino al mattino dopo. Nel lungo periodo tuttavia la crescita dei frutti tende a riequilibrarsi tra i due trattamenti, come confermato dai dati di pezzatura alla raccolta

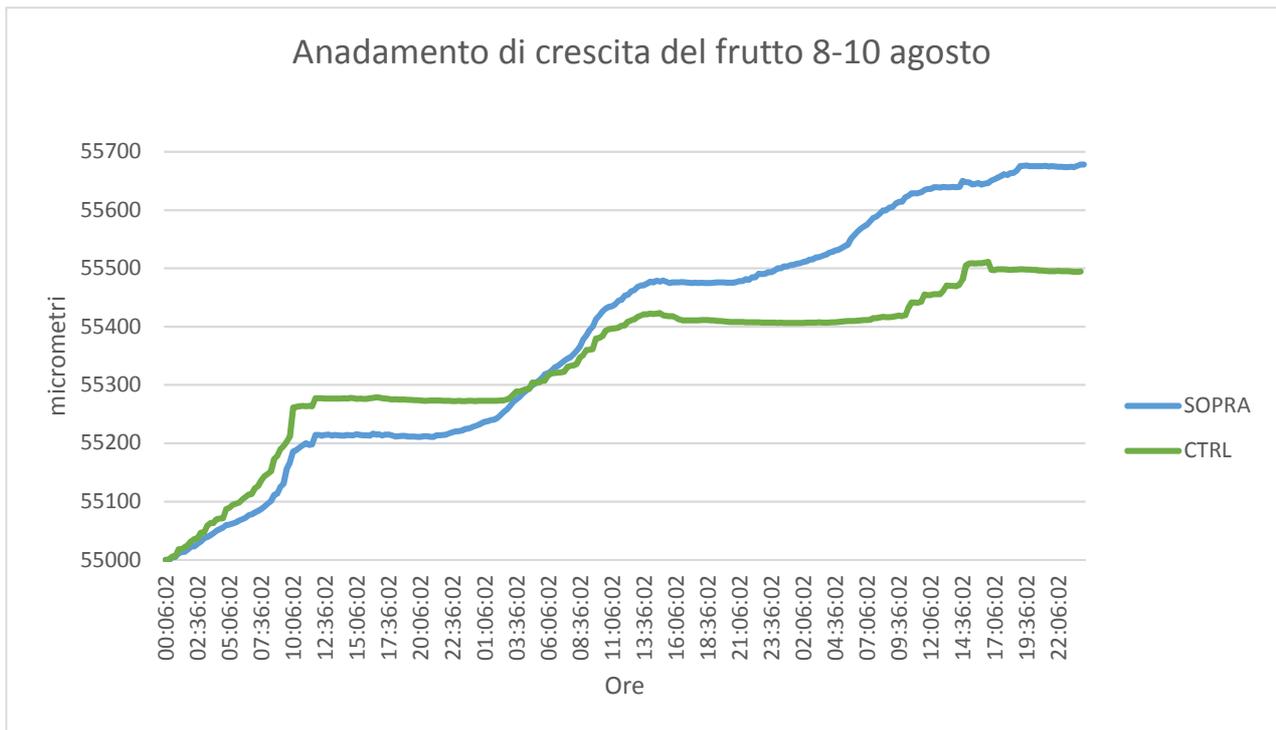


Figura 10 – Pero: andamento di crescita dei frutti (espresso in micron) nel periodo 8-10 Agosto.

Lo stesso tipo di rilievi sul melo ha messo in evidenza una maggior velocità di accrescimento del frutto in corrispondenza dell'intervento climatizzante soprachioma (fig. 11), statisticamente significativo rispetto al controllo.

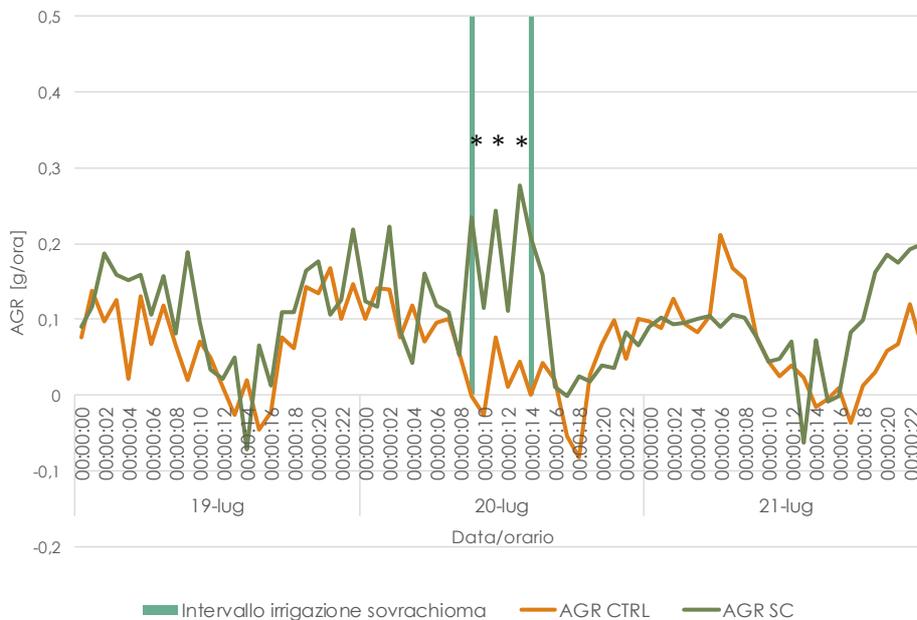


Figura 11 – Melo: andamento della velocità di crescita dei frutti (espresso in grammi/ora) nel periodo 19-21 luglio.

Se guardiamo l'accrescimento cumulato nel giorno dell'intervento climatizzante (fig. 12), si osserva un aumento di peso doppio nel trattamento climatizzato rispetto al

controllo: è da chiarire se l'accrescimento maggiore dei frutti in SC al termine della giornata sia determinato unicamente dal maggior volume irriguo rispetto a CTRL, oppure se l'irrigazione climatizzante intervenga a livello di metabolismo riducendo il tasso di respirazione o se invece è dovuto ad una residua funzionalità dello xilema.

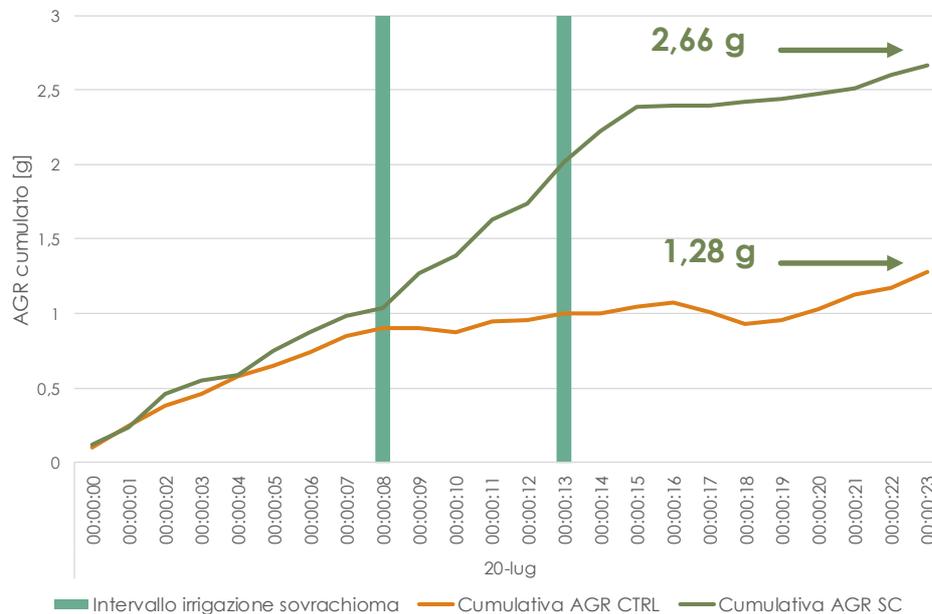


Figura 12 – Melo: accrescimento cumulato dei frutti (in grammi) nel giorno 20 luglio, in corrispondenza della climatizzazione.

Risultati produttivi e qualitativi

Di seguito vengono riportati i dati di resa e pezzatura delle due colture: sul pero è stato utilizzato un campione di 3 piante in 4 blocchi per trattamento (totale 12 piante/trattamento), ricavati all'interno delle aree con e senza impianto di climatizzazione, per la valutazione dei carichi produttivi medi (kg/pianta) e la quantità di produzione commerciale (frutti di pezzatura superiore a 65 mm). Questi indici di produzione sono stati ponderati alla dimensione dell'appezzamento per ottenere le produttività per ettaro.

Per il melo è stata fatta anche una valutazione qualitativa rilevando peso medio e numero frutti/pianta, la % di prima scelta, scolorito, verde, spaccato, scottato e lenticellosi.

Per il pero (tab. 7 e 8) non si rilevano differenze significative tra i trattamenti, né in termini di resa totale, che commerciale (65+), che nella ripartizione delle classi di calibro; il controllo non climatizzato presenta tendenzialmente addirittura una maggior produzione commerciale ed una maggior efficienza d'uso dell'acqua (grammi di prodotto per litro d'acqua comprensiva di piogge e irrigazioni).

PERO	resa totale (t/ha)	65+ (t/ha)	65+ (%)	P+I (mm)	WUE (g/l)
controllo	32,462	21,477	65,9	556,5	5,83
climatizzato	32,481	20,436	60,31	630,1	5,16
significatività	n.s.	n.s.	n.s.	-	n.s.

Tab. 7 – pero: dati produttivi 2017

PERO	55-60 (%)	60-65 (%)	65-70 (%)	70-75 (%)	75-80 (%)	80-85 (%)	85-90 (%)	90+ (%)
controllo	12,42	21,68	27,13	20,18	12,12	4,48	1,39	0,59
climatizzato	17,62	22,07	25,59	19,25	12,93	2,12	0,42	0
significatività	n.s.	n.s.						

Tab. 8 – pero: ripartizione % per classi di calibro 2017

Anche nel melo (tab. 9) non si rilevano differenze significative tra i trattamenti, né in termini di resa totale, che di carica di frutti e peso medio, anche se la climatizzazione ha determinato un 10% di incremento di resa, legato ad un tendenziale aumento di pezzatura dei frutti (legato alla maggior velocità di crescita illustrata in precedenza).

MELO	resa totale (t/ha)	n. frutti pianta	Peso medio (gr.)	P+I (mm)	WUE (g/l)
controllo	37,21	60,75	257,23	678,98	5,48
climatizzato	40,98	61,50	281,69	753,56	5,44
significatività	n.s.	n.s.	n.s.	-	n.s.

Tab. 9 – melo: dati produttivi 2017

Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi (tab. 10), non varia la % di prima scelta del prodotto, crepato e lenticellosi, mentre la climatizzazione sembra aver indotto una maggior percentuale di scolorito e di sottomatura, ma ha ridotto la percentuale di scottato.

MELO	Prima scelta %	Scolorito %	Verde %	<70mm %	Assolato %	Crepati %	Lenticellosi %
Controllo	42,7%	25,6% b	9,6%	0,4% b	10,7% a	8,5%	2,6%
Climatizzato	38,3%	33,7% a	9,6%	0,8% a	4,7% b	8,6%	4,4%
Significatività	n.s.	P<0.05	n.s.	P<0.05.	P<0.05.	n.s.	n.s.

Tab. 10 – melo: qualità merceologica 2017

Nella figura 13 viene illustrato il significato dei parametri relativi al colore dei frutti: nelle mele la climatizzazione ha determinato frutti sostanzialmente «più giovanili», le minori temperature hanno contenuto le scottature e il conseguente arrossamento, portando a maturazione frutti meno sovracolorati, ma con minori danni da “sunburn”.

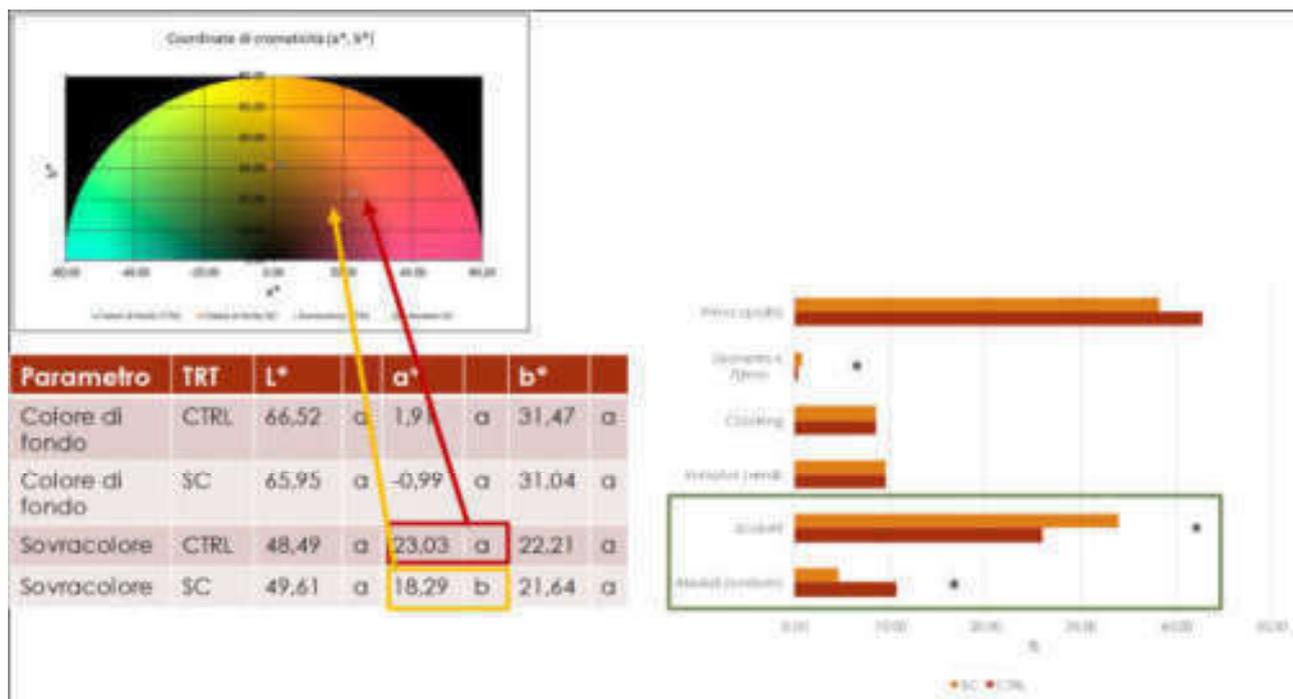


Fig. 13 – melo: colore e parametri qualitativi 2017

DISCUSSIONI DEI RISULTATI INTERMEDI 2017

I dati raccolti permettono di effettuare molteplici considerazioni:

L'irrigazione climatizzante soprachioma conferma il suo effetto benefico nella modificazione del microclima del frutteto: durante il trattamento irriguo, infatti, la temperatura dell'aria diminuisce e l'umidità relativa aumenta. Questa situazione porta ad una condizione più favorevole alla crescita del frutto in momenti particolarmente caldi, in quanto crea una riduzione dei fattori di stress che possono gravare sulla pianta. Ciò può essere osservato dai valori ottenuti durante la rilevazione dei parametri di temperatura della foglia e deficit di pressione di vapore nel giorno 9 agosto in cui è effettuato il trattamento SC. I due parametri Tleaf e VpD sottolineano come in SC sia presente un microclima più adatto allo svolgimento di funzioni fisiologiche come fotosintesi, per la minor temperatura della foglia, e ridurre lo stress da calore evitando un'eccessiva traspirazione (causata da alti valori di Vpd). Tali parametri, maggiori nel trattamento C, corrispondono a piante che risentono maggiormente dello stress da calore e, in linea teorica, meno attive e produttive rispetto a SC. Allo stesso modo è stato verificato che questo effetto microclimatico si protrae per qualche ora (circa 2) dalla fine del trattamento e ciò può risultare molto interessante nel caso in cui piante potenzialmente stressate avessero difficoltà a superare le ore più calde della giornata. Non è stato verificato nessun effetto residuo nel giorno seguente al trattamento.

Un ulteriore aspetto interessante riguardante il microclima e la temperatura sottorete: in entrambi i trattamenti le temperature sono infatti leggermente maggiori rispetto a quelle registrate dal coordinatore fuori rete; probabilmente ciò è dovuto al minor ricircolo di aria che si ha al di sotto della rete rispetto all'esterno del frutteto.

Lo stato idrico di entrambi i trattamenti non ha mostrato essenziali differenze; se è evidente a livello microclimatico una differenza, l'efficacia climatizzante del trattamento SC non ha fatto rilevare potenziali idrici differenti. Questo indica una probabile assenza di stress dovuti alla carenza irrigua ed un'ulteriore informazione riguardante l'inefficacia del trattamento SC in un clima umido come quello della provincia ferrarese.

Per quanto riguarda gli scambi gassosi, nel trattamento SC è stata rilevata una maggior attività della pianta contrariamente al trattamento C (tabella 1). Quest'ultimo ha probabilmente risentito maggiormente del calo delle temperature avvenuto in SC presentando valori inferiori per i parametri P_n , G_s , ed E , nel giorno 9 agosto. In questo caso tale effetto può essere valutato come di tipo benefico a favore del trattamento SC. Le differenze nei principali parametri di scambio gassoso stanno a indicare una maggiore attività delle piante, infatti piante che presentano una maggior conduttanza stomatica possono avere livelli di traspirazione maggiori con conseguente aumento negli scambi gassosi ed un possibile aumento della fotosintesi. Ciò è avvenuto nel trattamento SC. Anche in questo caso l'effetto di SC si è limitato alla giornata di trattamento e non si presenta alcun effetto residuo nel giorno seguente.

L'obiettivo nella valutazione della crescita del frutto intra-giornaliera è insita nel fatto che esso risulta un ottimo indicatore dello stato di salute della pianta, adattandosi tramite restringimenti o incrementi del diametro in base al livello dei flussi vascolari (floema e xilema) e traspiratori ad esso relativi (Lang, 1990; Morandi et al., 2007) che sono positivamente correlati allo stato di benessere (stato idrico, nutritivo, fisiologico) della pianta e alla variazione delle condizioni ambientali; quindi fenomeni di shrinkage e swelling del frutto e tronco dipendono anche da stato idrico e condizioni ambientali (Berger and Selles, 1993; Garnier and Berger, 1986; Jones and Higgs, 1982; Tromp et al., 1984) e ne possono indicare alterazioni valutabili come positive o negative per la pianta. Come si può notare dai dati rilevati nella giornata in cui è stato effettuato SC il frutto tende ad accrescersi in modo più rapido durante l'irrigazione (vista la maggior pendenza nella curva del grafico) ed anche per più tempo nella giornata come si nota dal blocco di crescita posticipato di circa 1,5 ore rispetto a C e dalla ulteriore crescita serale-notturna nei frutti di SC. Questa differenza sta ad indicare come le piante del trattamento SC siano teoricamente meno stressate e condizionate dall'ambiente

rispetto al trattamento C che blocca la crescita dei frutti fino alla giornata successiva, ciò dovrebbe portare ad un maggior accrescimento nei frutti sottoposti a SC. La crescita del frutto è quella che risente maggiormente dell'effetto di SC infatti è l'unico tra i parametri misurati a mostrare anche effetti residui nella notte e nel giorno successivo al trattamento; in questi momenti successivi i frutti di SC continuano ad accrescersi disponendo quindi di un numero maggiore di ore per la propria crescita rispetto a C in cui i frutti risultano "fermi" negli stessi momenti.

Da queste valutazioni si può dedurre che, in questo esperimento, SC ha mostrato un effetto positivo in relazione a maggiore attività della pianta, accrescimento del frutto e condizioni microclimatiche favorevoli al processo produttivo in particolare nel giorno di trattamento; da ciò si presume che SC presenti migliori performance produttive a fine stagione. Queste performance però non si sono presentate ed anzi in seguito alla raccolta dei dati produttivi il trattamento C (non irrigato) si è presentato con stessa produzione di SC ed è risultato maggiormente produttivo nella classe di pezzatura 65+ (la più pagata). Quindi nonostante parametri fisiologici e di crescita del frutto confermano che SC porta ad una maggiore attività e accrescimento dei frutti nei giorni di trattamento, questo correla né con una maggior produzione (che dovrebbe essere dovuta alla maggior attività fotosintetica) né con un maggiore pezzatura delle pere prodotte (che dovrebbe conseguire dal maggior accrescimento rilevato nei frutti SC). Inoltre, valutando il consumo idrico è importante sottolineare come il trattamento SC porta un utilizzo del 19% di acqua maggiore (450,9mm/Ha vs 365,4mm/Ha) che si riflette, in questo esperimento, in una produzione aumentata di solo uno 0,05% (19 Kg/Ha in più di C) e con un 5% di produzione in meno nel calibro maggiormente pagato. Si può quindi dire che, in questo caso particolare, l'irrigazione climatizzante soprachioma porta ad uno uso inefficiente delle risorse oltre che ad una perdita di capitale.

I valori di potenziale idrico del tronco hanno mostrato inoltre che, nonostante il maggior utilizzo di acqua in SC, l'effetto del trattamento SC non porta a variazione dello stato idrico delle piante che presentano quindi pari livello di idratazione; allo stesso modo la mancanza di differenze significative anche nei potenziali idrici fogliari conferma come il trattamento SC, nonostante raffreschi l'apparato fogliare di qualche grado, non migliori lo stato idrico della pianta e dei suoi organi.

La contrapposizione tra dati che favoriscono l'ipotesi di un migliore stato della pianta (maggior attività fotosintetica, accrescimento del frutto, condizioni microclimatiche e disponibilità di acqua) e quelli che la smentiscono (stessi potenziali idrici e funzionalità fotosintetica e stessa produzione) porta a pensare che, probabilmente, ciò dipenda dalla particolare situazione climatica della zona. Nella provincia ferrarese, infatti, si

presenta un clima tipicamente caldo e umido in cui le differenze tra C e SC possono essere fortemente mitigate dall'elevata umidità già presente nell'aria (nei grafici 1, 2 è evidente come nelle ultime ore della notte e la mattina presto si raggiungano umidità relative pari al 100%). Questa situazione crea condizioni meno avverse e stressanti per la pianta rispetto a zone in cui a stesse temperature si associano umidità relative molto inferiori. Di conseguenza i potenziali idrici di C possono non essersi discostati di molto da quello di SC dal momento che l'elevata umidità dell'aria (presente in tutte le 24 ore) può ridurre anche di molto la traspirazione fogliare e quindi il consumo di acqua. Diretta conseguenza riguarda i livelli di stress misurati che possono risultare minori di quelli rilevabili in altre zone climatiche a parità di condizioni di esperimento. Questo fatto pone le piante (del trattamento C) in condizioni tali da non risentire eccessivamente delle differenze apportate con l'irrigazione climatizzante e quindi avere livelli produttivi molto simili tra i trattamenti.

CONCLUSIONI DEL PRIMO ANNO DI SPERIMENTAZIONE

Anche alla luce dei rilievi fisiologici sulle piante e microclimatici all'interno del frutteto condotti da Unibo e CNR IBMET, 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 (calo di temperatura e aumento di umidità dell'aria) che favorisce una maggior attività fotosintetica, e un maggior accrescimento del frutto oltre che a ridurre fenomeni di eccessi di calore.
- l'effetto della climatizzazione risulta essere tuttavia limitato nel tempo alla sola giornata di irrigazione (forse anche a causa del clima caldo umido della zona); solo per la crescita del frutto si individuano effetti residui positivi ma non prolungati, come dimostrano le produzioni a fine stagione, che non si discostano dal controllo non climatizzato,
- nell'esperimento per entrambe le specie indagate, pero e melo, la climatizzazione non ha ridotto in modo significativo i livelli di stress idrico valutati attraverso la misura dei potenziali idrici e degli scambi gassosi al di fuori dei momenti di irrigazione soprachioma; le piante con e senza climatizzazione sono risultate probabilmente con pari livello di potenziale idrico ed efficienza fotosintetica nell'arco stagionale.
- la climatizzazione non ha indotto incrementi di produzione, come ci si poteva aspettare considerando anche i maggiori volumi irrigui apportati. Solo su melo si è registrato un incremento di pezzatura intorno al 10%, tuttavia statisticamente non

significativo, ed un aspetto più giovanile dei frutti, con un minore percentuale di scottature, ma una minor intensità di colore.

Queste considerazioni preliminari evidenziano, se confermate, come l'irrigazione climatizzante soprachioma possa essere interessante per favorire la produzione in zone caldo-aride sulla base dei risultati riportati in letteratura. I primi risultati sembrerebbero mostrare che nell'areale ferrarese questa tecnica risulti, ad oggi, una pratica poco sostenibile sia in termini economici che di risparmio idrico.

Per ulteriori conferme, la sperimentazione proseguirà nella stagione 2018, con lo stesso protocollo sperimentale.

RISULTATI 2018

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nelle figure 1 e 2 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ETo), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei trattamenti a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 1 aprile al 29 agosto e 3 ottobre rispettivamente per pero e melo).

Nelle tabelle 1 e 2 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi delle colture, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo; in tabella 3 sono invece riportate le date degli interventi climatizzanti.

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	totale
piogge (mm)	8,7	54,9	62,0	29,7	59,9	215,2
Eto (mm/giorno)	3,7	4,5	5,5	5,7	5,1	Media 4,9
Ete (mm/mese) climatizzato	51,6	86,3	118,7	125,7	116,4	498,6
deficit (mm) climatizzato	42,9	31,4	56,7	96,0	56,5	283,4
Ete (mm/mese) Test	51,6	86,3	119,4	127,2	116,4	500,9
deficit (mm) Test	42,9	31,4	57,4	97,5	56,5	285,7
Irrigazione Test (mm)	4,9	0,0	19,8	76,6	84,9	186,2
Irrigazione climatizzato (mm)	4,9	0,0	10,2	74,1	88,0	177,2

Tab. 1 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Mazzoni nel 2018

	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	totale
piogge (mm)	8,7	47,2	62,8	32,3	55,0	50,6	9,3	265,9
Eto (mm/giorno)	3,7	4,4	5,4	5,6	5,0	3,4	2,2	4,3
Ete (mm/mese) climatizzato	46,9	73,8	109,1	117,3	122,0	63,1	1,5	533,7
deficit (mm) climatizzato	38,2	26,6	46,3	85,0	67,0	12,5	-7,8	267,8
Ete (mm/mese) Test	46,9	73,8	109,1	117,3	122,0	63,1	1,5	533,7
deficit (mm) Test	38,2	26,6	46,3	85,0	67,0	12,5	-7,8	267,8
Irrigazione Test (mm)	0,0	0,0	34,3	147,4	107,4	49,1	1,7	340,0
Irrigazione climatizzato (mm)	0,0	0,0	24,9	139,6	106,7	49,1	1,7	322,0

Tab. 2 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il melo presso l'az. Mazzoni nel 2018

PERO	ore	mm	MELO	ore	mm
27/07/2018	6,0	27	30/06/2018	2	9,0
08/08/2018	6,0	27	10/07/2018	3	13,5
22/08/2018	5,5	25	13/07/2018	3	13,5
-	-	-	18/07/2018	3	13,5
-	-	-	25/07/2018	3	13,5
-	-	-	28/07/2018	3	13,5
-	-	-	04/08/2018	3	13,5
-	-	-	08/08/2018	3	13,5
-	-	-	11/08/2018	3	13,5
-	-	-	18/08/2018	3	13,5
totale	17,5	79	totale	29	130,5

Tab. 3 – irrigazioni climatizzanti per pero e melo presso l'az. Mazzoni nel 2018

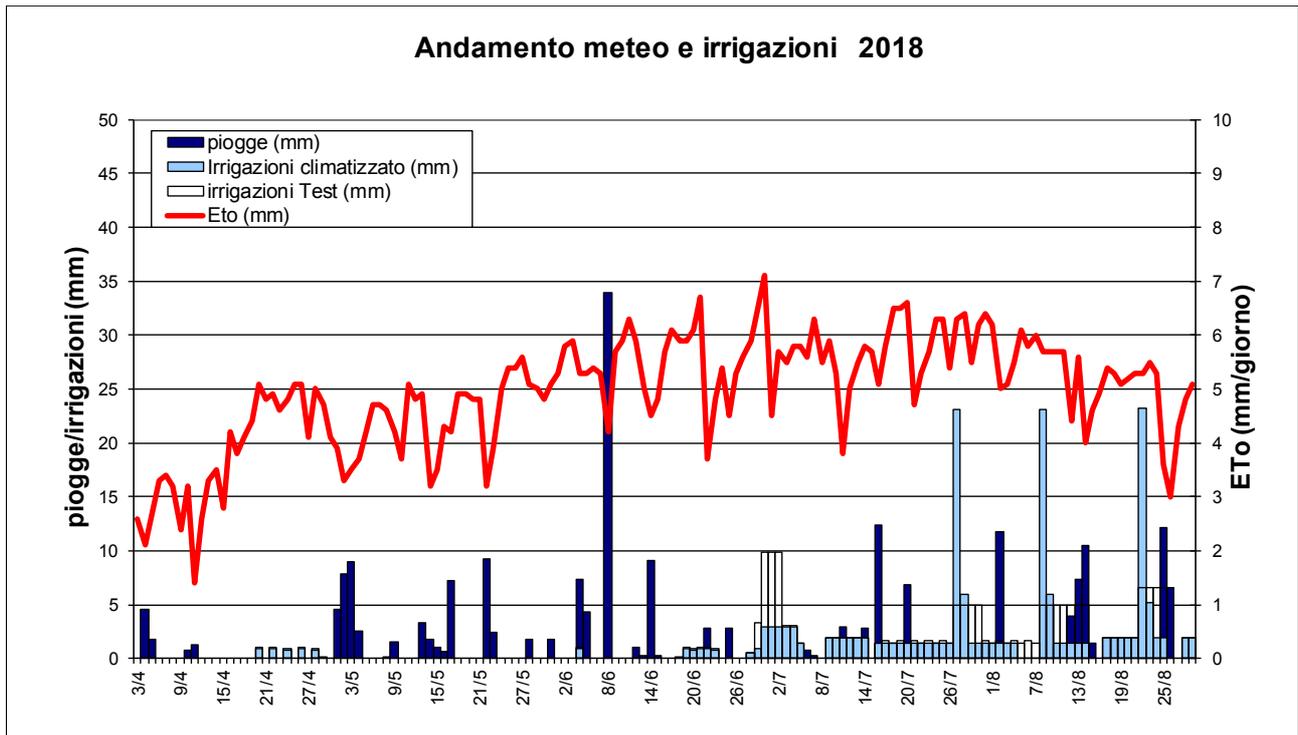


Fig. 1 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del pero presso l'az. Mazzoni nel 2018

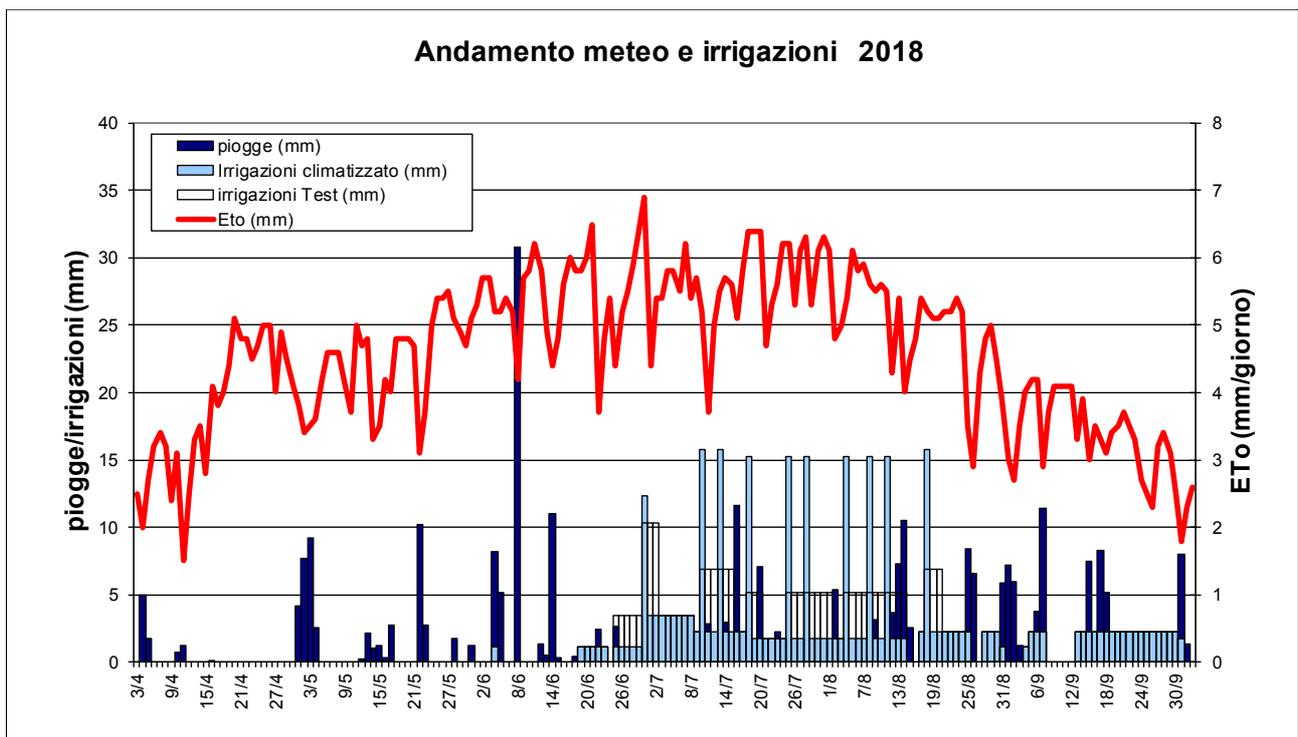


Fig. 2 – andamento meteo giornaliero e irrigazioni del melo presso l'az. Mazzoni nel 2018

L'andamento climatico dell'estate 2018 è stato significativamente diverso dall'anno precedente, con un numero decisamente inferiore di ondate di calore come si può vedere dal grafico sottostante (Fig. 3) e conseguentemente il numero di interventi

climatizzanti è stato più ridotto rispetto al 2017 specialmente nell'appezzamento del pero nel quale sono stati effettuati solo tre interventi, contro i 10 del melo. Nel 2018 si è riusciti a compensare i trattamenti climatizzanti impiegando tre ali gocciolanti nei controlli irrigati solo a goccia, dando indicativamente gli stessi volumi irrigui stagionali ai due trattamenti, 180 mm al pero e 320 al melo.

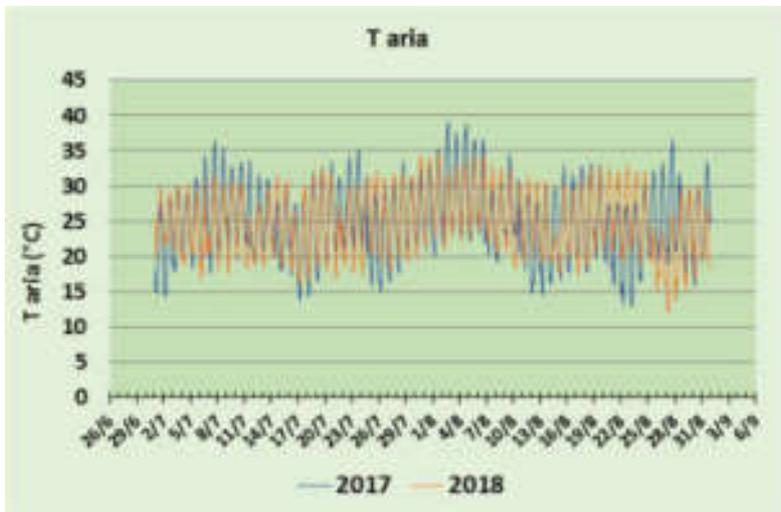


Fig. 3 - Andamento delle temperature dell'aria nei mesi di luglio e agosto del biennio 2017-18, nel 2018 si è superata per 10 volte la soglia dei 35 gradi, nel 2018 mai.

Anche le precipitazioni (Fig. 4) sono state molto diverse nei due anni, nel bimestre luglio-agosto: nel 2017 sono caduti circa 40 mm contro i 90 nel 2018, con un evento superiore ai 10 mm nel 2017 e tre eventi nel 2018.

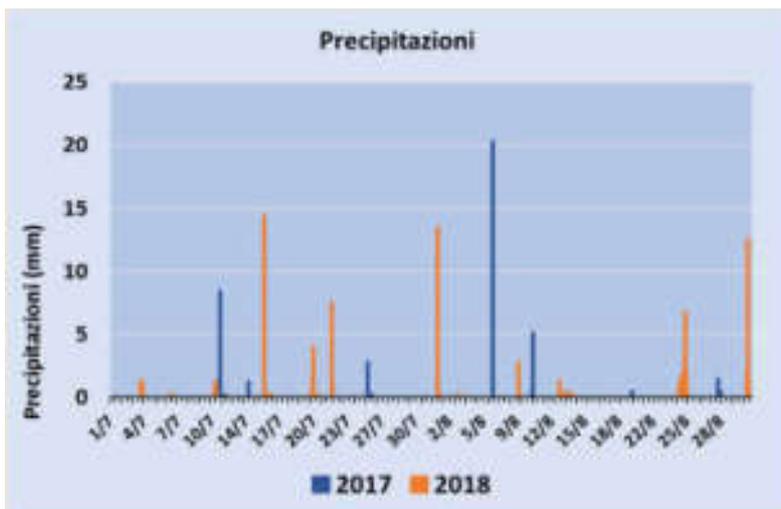


Fig. 4 - Precipitazioni avvenute nei due anni.

Nelle figure 5 e 6 sono invece riportati gli andamenti dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguenti alle piogge e alle irrigazioni con i due sistemi irrigui

a confronto: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Si è cercato di mantenere le dotazioni idriche dei due trattamenti il più possibile allineate, compensando nel controllo le irrigazioni climatizzanti con una maggiore apporto a goccia, grazie alle tre ali gocciolanti abbinate.

La falda ipodermica (fig. 7) è passata da 60 a 136 cm di profondità e Irrinet ha tenuto conto dell'apporto per risalita capillare nel bilancio idrico delle due colture

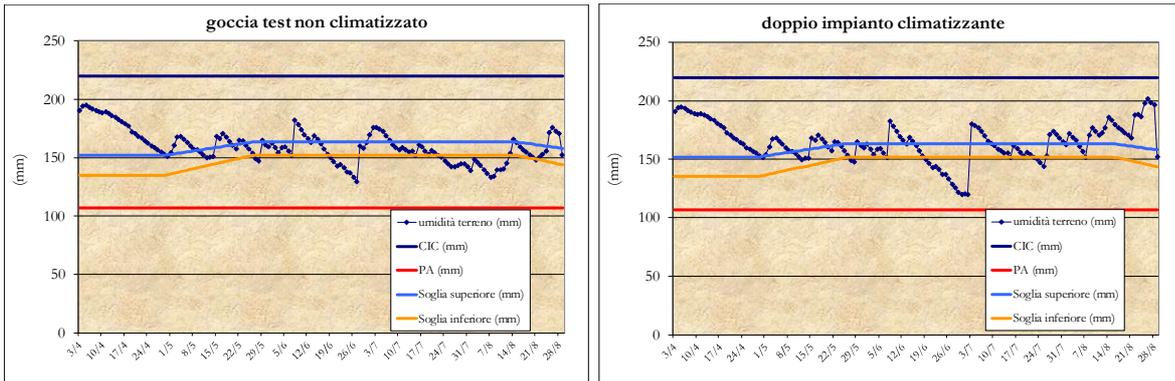


Fig. 5 –umidità del terreno del pero irrigato a goccia e climatizzato nel 2018

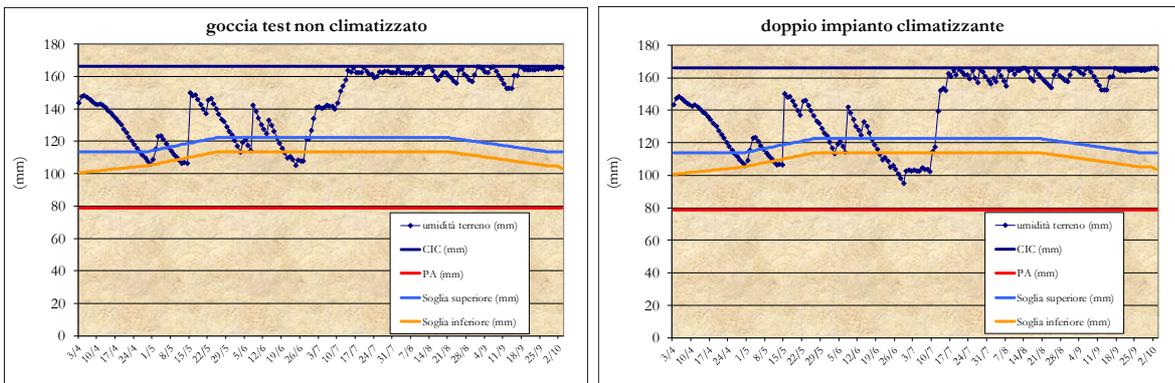


Fig. 6 –umidità del terreno del melo irrigato a goccia e climatizzato nel 2018

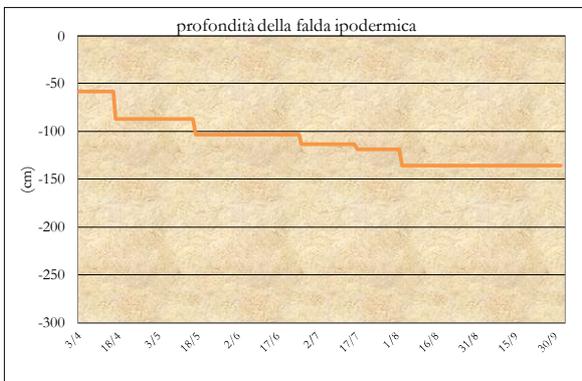


Fig. 7 – andamento della falda ipodermica nel 2018 nella zona di Medelana

Nelle figure 8 e 9 sono infine riportati gli andamenti dell'umidità (%) e della tensione (kPa) del terreno, misurati nel corso della stagione con sensori capacitivi (a 20 e 45 cm di profondità) e tensiometro (a 30 cm di profondità), collegati ad un data-logger in grado di registrare i valori del contenuto e del potenziale idrico del suolo a passo giornaliero. Nel pero le differenze tra i trattamenti sono minime, avendo fatto solo tre interventi climatizzanti. Nel melo, invece, si osserva una maggior efficienza di applicazione delle tre ali gocciolanti, a parità d'acqua distribuita, rispetto all'irrigazione soprachioma che mostra valori di umidità inferiori e tensioni più negative fino alla metà di agosto.

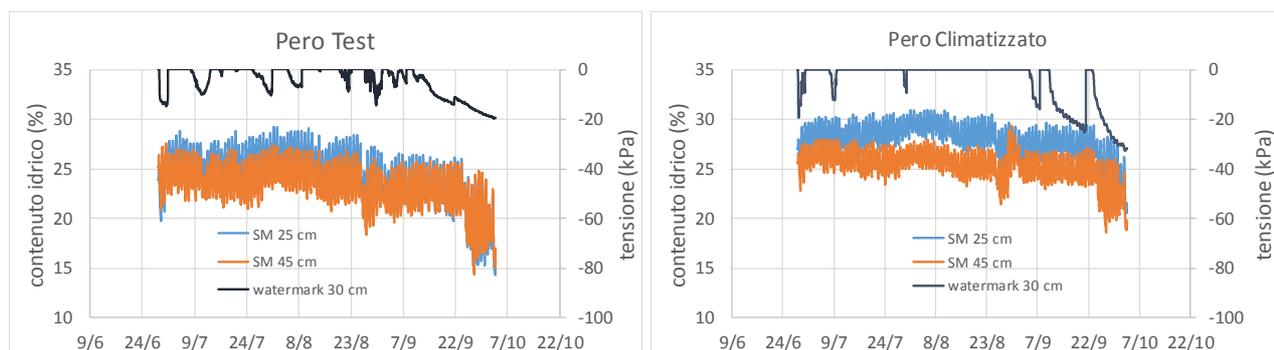


Fig. 8 – andamento dell'umidità e della tensione del terreno misurata nel pero 2018

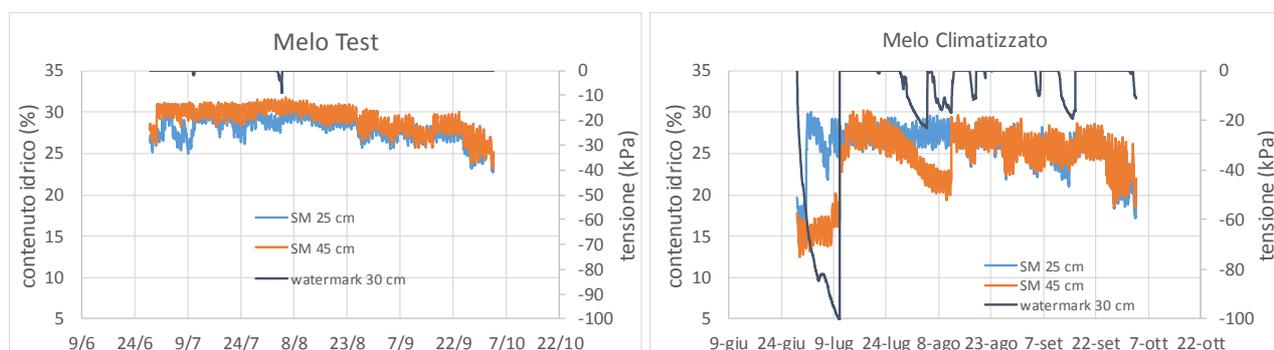


Fig. 9 – andamento dell'umidità e della tensione del terreno misurata nel pero 2018

Rilievi di temperatura sulla vegetazione (a cura di CNR-IBIMET)

Anche per il 2018, come concordato durante le riunioni tecniche con gli altri partners del progetto, nell'ambito del progetto GOI, l'unità operativa dell'Istituto di Biometeorologia del CNR sede di Bologna, ha pre-installato le quattro postazioni di monitoraggio per la temperatura dei frutti e delle foglie nei due appezzamenti di melo e pero afferenti all'Azienda Mazzoni di Medelana. È stato mantenuto lo stesso assetto sperimentale dell'anno precedente con l'inserimento di 8 termocoppie nella tesi di controllo (4 nei frutti e 4 nelle foglie) e 16 nella tesi sottoposta a climatizzazione (8 nei frutti e 8 nelle foglie) sia nel melo che nel pero. Le piante scelte sono state le stesse

dell'anno precedente per non modificare, soprattutto nella tesi climatizzata, la copertura degli irrigatori.

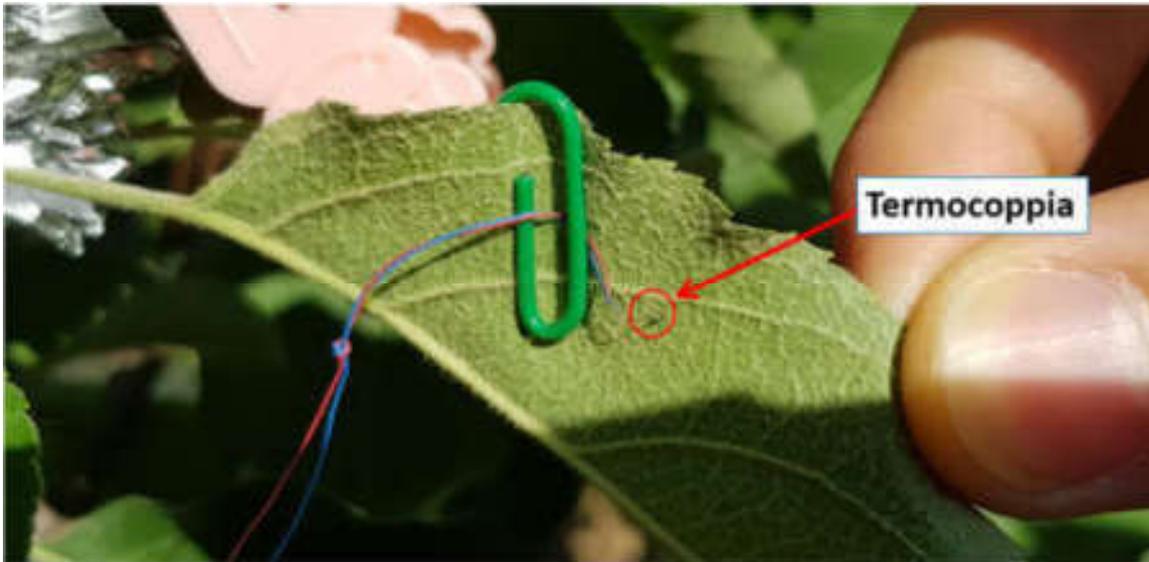


Fig. 10 - Termocoppia inserita nella pagina inferiore della foglia di melo.

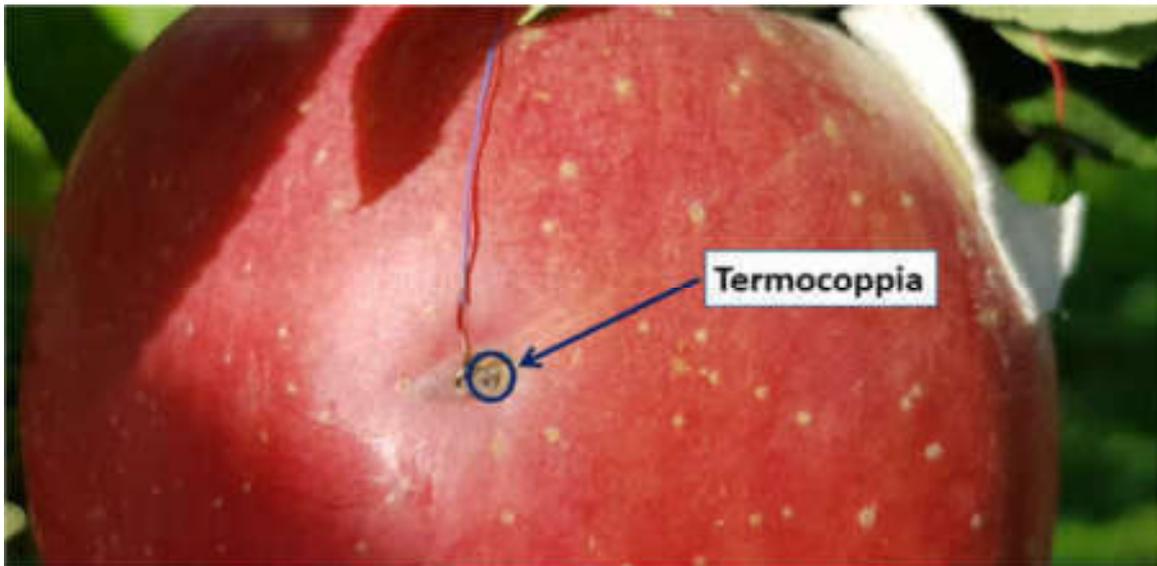


Fig. 11 - Termocoppia inserita nel frutto di melo.

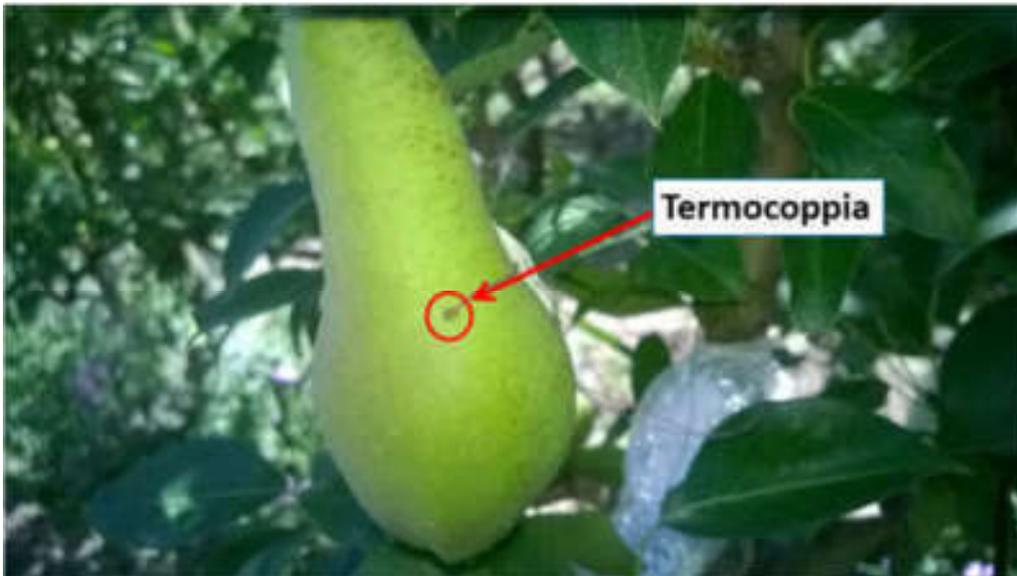


Fig. 12 - Termocoppia inserita nel frutto di pero.

Il monitoraggio delle parcelle sotto esame è iniziato in giugno ed è terminato in settembre, ma gli interventi di climatizzazione sono stati eseguiti solamente nei mesi di luglio ed agosto.

I dati raccolti sono stati elaborati e nei grafici successivi vengono riportati a titolo esplicativo i dati sulla specie melo, analoghe elaborazioni sono effettuate sul pero, il cui comportamento non si è discostato in maniera significativa.

Per meglio valutare l'effetto dell'irrigazione climatizzante si è ritenuto di effettuare i confronti sia sui frutti che sulle foglie prendendo in considerazione due giorni contigui nella parcella climatizzata, cioè il giorno in cui è avvenuto l'intervento ed il giorno precedente o successivo a seconda che l'andamento climatico di questo giorno sia stato più simile a quello dell'intervento.

Questa procedura è stata scelta per poter confrontare organi (foglie e frutti) che sono nella stessa posizione spaziale sia quando è stato effettuato l'intervento climatizzante che il giorno senza tale intervento; quindi sono stati sottoposti alla stessa irradiazione solare durante il giorno. La parcella di controllo è servita per determinare le eventuali differenze in qualità e quantità della produzione dovuta ai due diversi trattamenti confermando comunque il range di temperatura raggiunto dai frutti e dalle foglie.

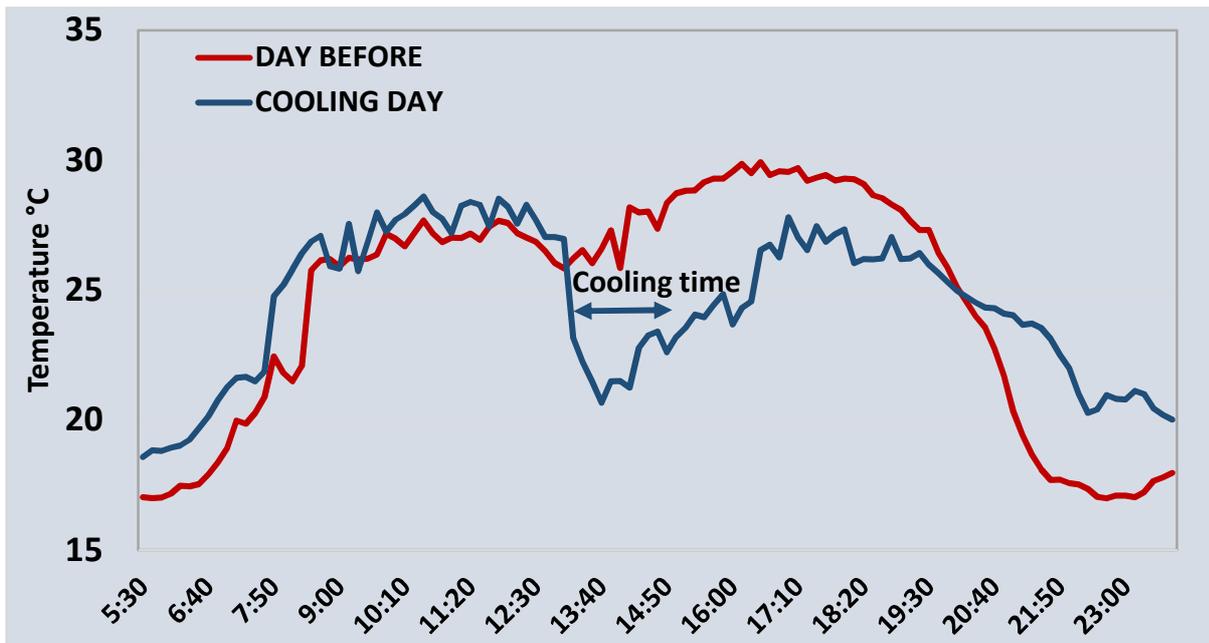


Fig. 13 - Media oraria della temperatura delle foglie di melo il 9 e 10 luglio.

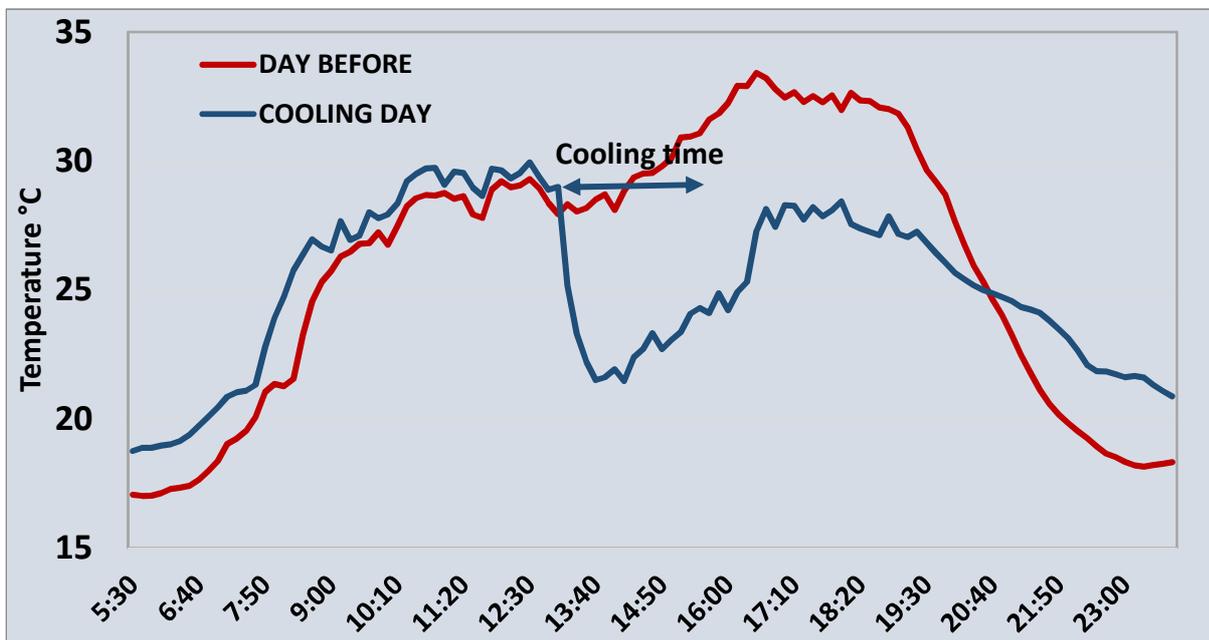


Fig. 14 - Media oraria della temperatura dei frutti di melo il 9 e 10 luglio.

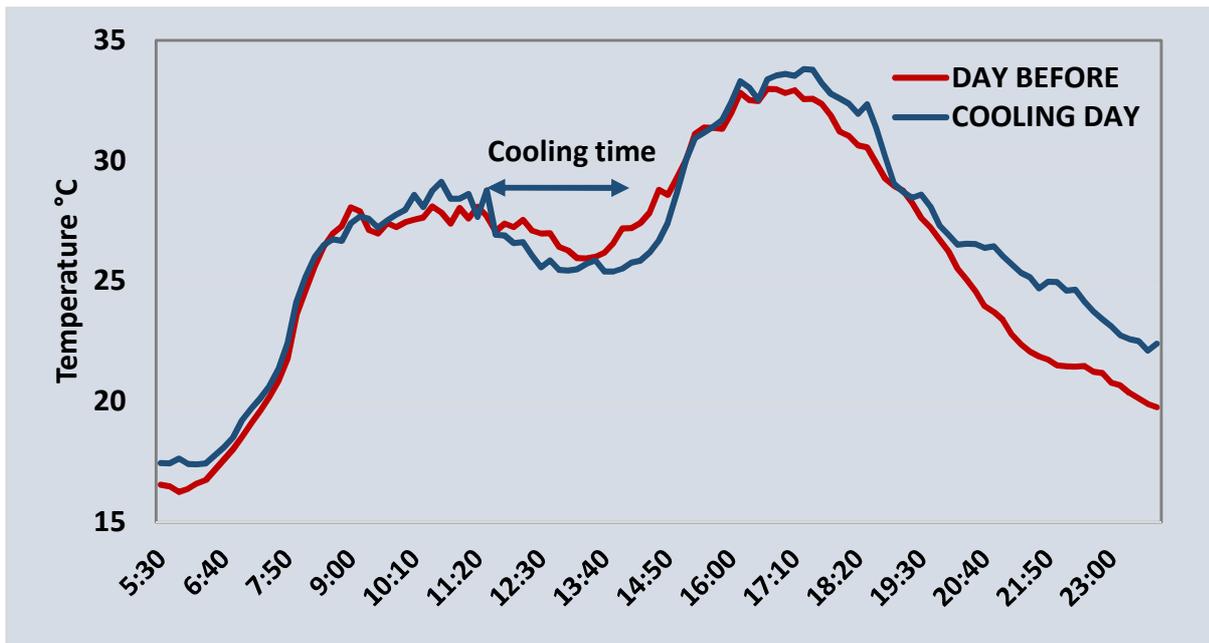


Fig. 15 - Media oraria della temperatura delle foglie di melo il 27 e 28 luglio.

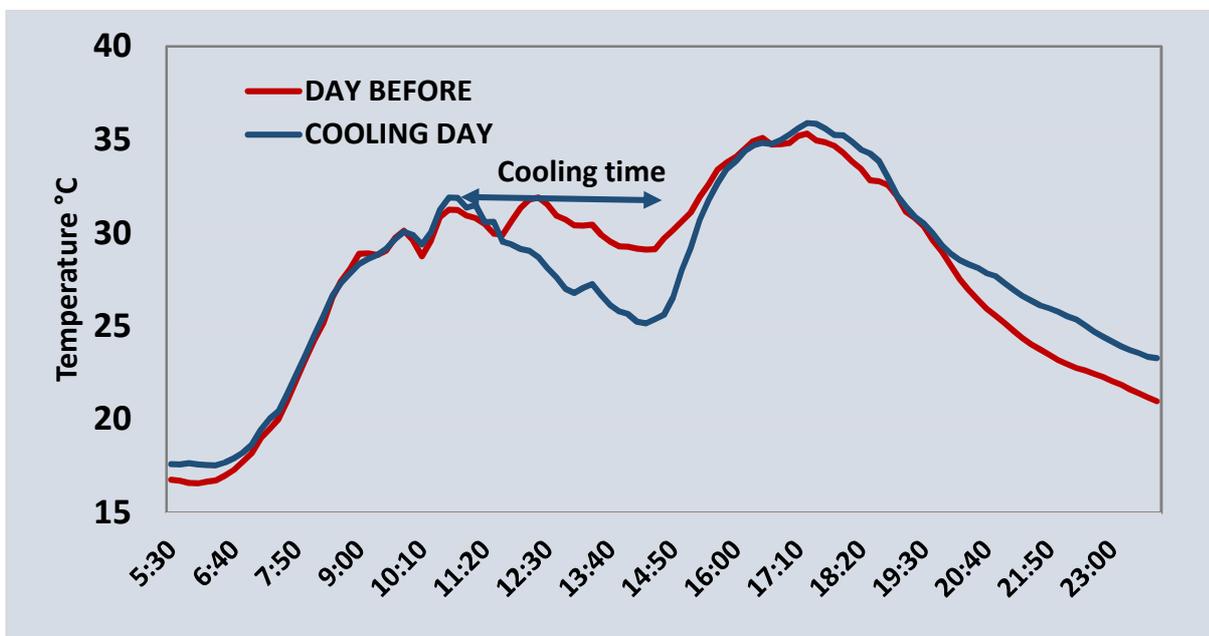


Fig. 16 - Media oraria della temperatura dei frutti di melo il 27 e 28 luglio.

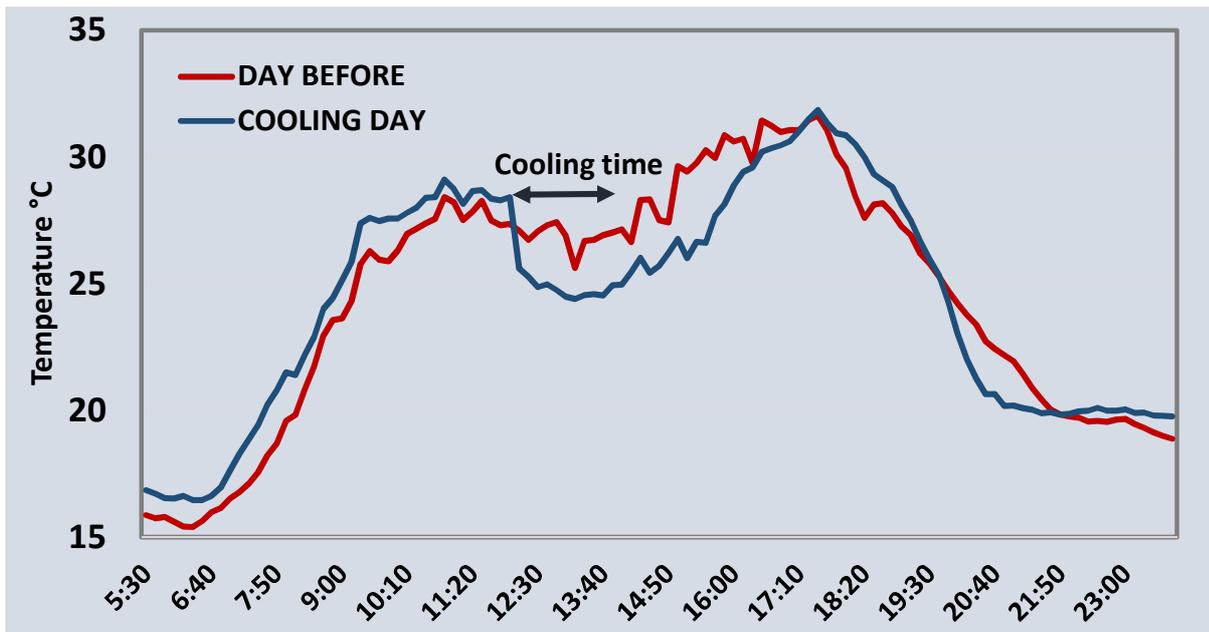


Fig. 17 - Media oraria della temperatura delle foglie di melo il 17 e 18 agosto.

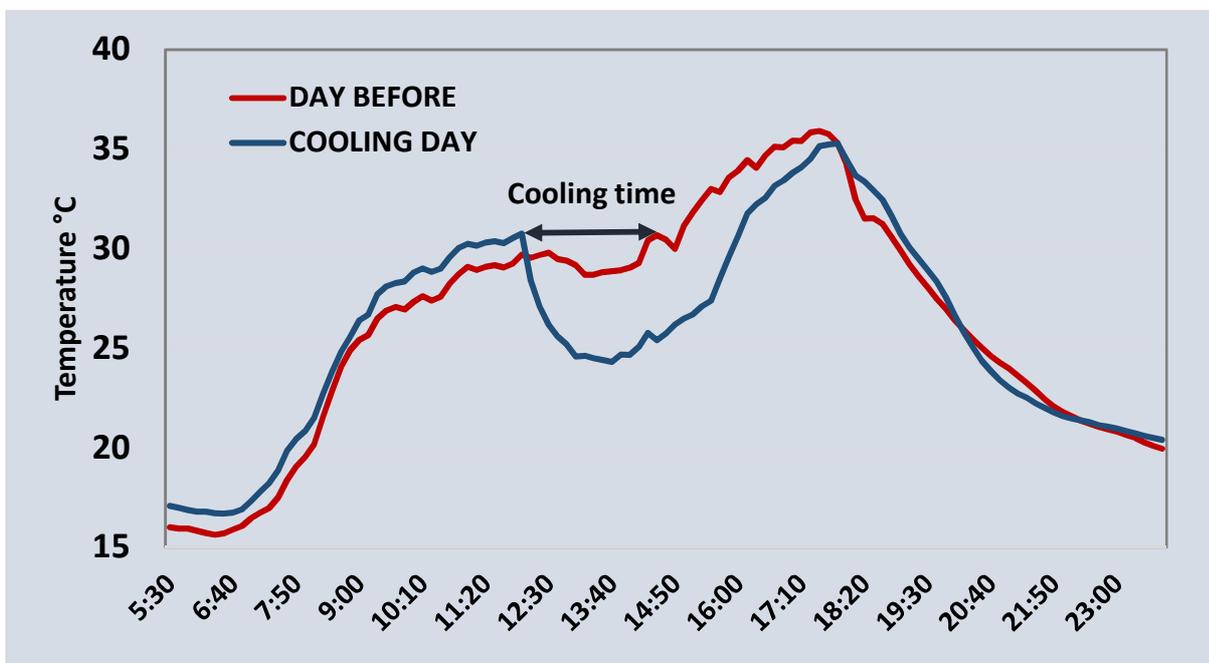


Fig. 18 - Media oraria della temperatura dei frutti di melo il 17 e 18 agosto.

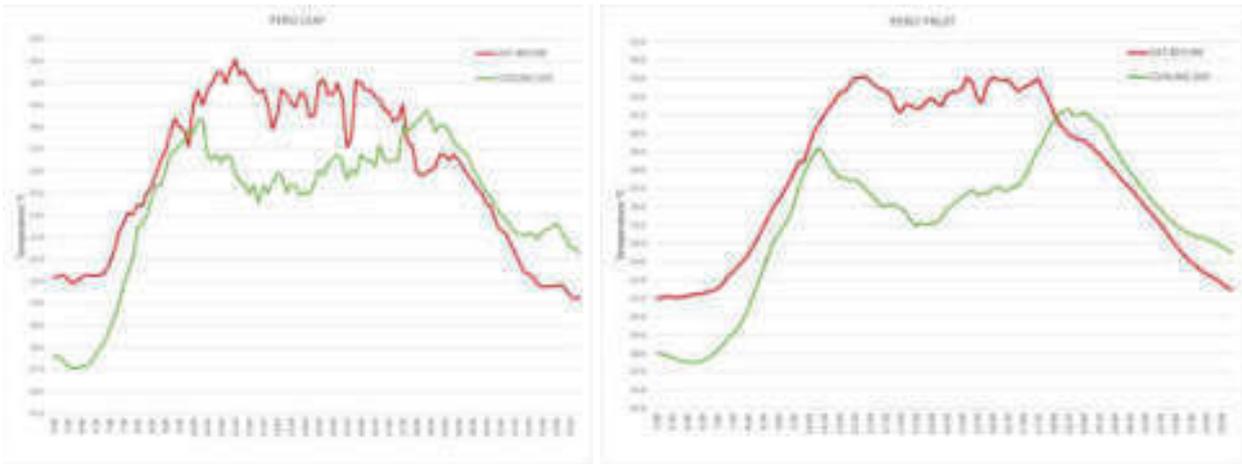


Fig. 19 - Media oraria della temperatura di foglie e frutti di pero il 26 e 27 luglio.

I rilievi 2018 confermano quanto si era osservato nella stagione precedente, nonostante le condizioni meno estreme per quanto riguarda le ondate di calore.

Nei grafici precedenti (fig. 13-18) si possono osservare gli andamenti della temperatura sulle foglie e sui frutti di melo in alcuni giorni dei mesi di luglio e agosto in cui è stata effettuata l'irrigazione climatizzante. Come si può notare dai grafici, sulle foglie l'irrigazione climatizzante non ha avuto un effetto rilevante (solo 2-2,5 °C di differenza) tranne il 10 luglio in cui l'effetto è stato più marcato.

Sui frutti invece, che non traspirano quanto le foglie, l'abbassamento di temperatura è stato quasi doppio; in entrambi i casi però l'effetto climatizzante si è protratto solo per poche ore (da 2 fino ad un massimo di 5-6 ore), fino a completa asciugatura della vegetazione. Una volta cessato sia le foglie che i frutti hanno in breve tempo raggiunto la stessa temperatura degli organi non sottoposti a climatizzazione.

Risultati analoghi si sono osservati per il pero (fig. 19).

Rilievi effettuati dal gruppo di ecofisiologia dell'università di Bologna relativamente alla coltura del pero e melo.

Nel 2018 è stato ripetuto il protocollo di rilievi all'interno del frutteto, come nella passata stagione, monitorando a cadenza oraria, gli andamenti di temperatura e umidità dell'aria a tre altezze, interni ed esterni alla chioma e l'accrescimento dei frutti in continuo, mediante sensori automatici, che evidenziano l'andamento orario del diametro dei frutti ed il loro accrescimento, in corrispondenza della fase di espansione cellulare, i potenziali idrici e gli scambi gassosi fogliari prima e dopo l'irrigazione climatizzante al fine di valutare gli eventuali effetti positivi e la loro durata

sulle performance fotosintetiche della chioma (conduttanza stomatica, fotosintesi e traspirazione).

I rilievi hanno avuto inizio nella giornata di giovedì 28 giugno, nello stesso giorno sono stati posizionati tutti gli strumenti ed effettuati i primi rilievi degli scambi gassosi e dei potenziali idrici. Di seguito si riportano in dettaglio, a titolo esemplificativo, i risultati su pero, che non mostrano differenze sostanziali nel comportamento fisiologico delle piante, come già visto nel 2017, in condizioni di stress termici decisamente più elevati.

Scambi gassosi

SCAMBI GASSOSI				
DAY	PARAMETRO MISURATO	TRATTAMENTO	DISCR.	VALORE
28-giu	FOTOSINTESI	SOPRA	A	8,51
		CTRL	A	10,74
	CONDUTTANZA	SOPRA	A	0,06
		CTRL	A	0,11
	TRASPIRAZIONE	SOPRA	A	3,57
		CTRL	A	5,59
8-ago	FOTOSINTESI	SOPRA	A	10,78
		CTRL	A	8,43
	CONDUTTANZA	SOPRA	A	0,20
		CTRL	A	0,13
	TRASPIRAZIONE	SOPRA	A	10,13
		CTRL	A	6,30
9-ago	FOTOSINTESI	SOPRA	A	14,65
		CTRL	A	13,04
	CONDUTTANZA	SOPRA	A	0,20
		CTRL	A	0,18
	TRASPIRAZIONE	SOPRA	A	8,81
		CTRL	A	7,11

Tabella 4 - Scambi gassosi a livello fogliare su pero; i dati sono espressi come: Fotosintesi netta Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conduttanza stomatica gs ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), traspirazione fogliare E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Negli scambi gassosi relativi al pero (tab. 4) i parametri che sono stati presi in considerazione sono la fotosintesi (Pn), la conduttanza stomatica (gs) e la traspirazione (E): la fotosintesi nella giornata del 28 giugno, quando sono stati posizionati gli strumenti e non è stato effettuato alcun trattamento, risulta essere maggiore nel sottochioma rispetto al soprachioma, senza però che i due trattamenti siano statisticamente differenti.

Nelle giornate dell'8 e 9 agosto, in seguito ad irrigazione soprachioma, non si sono osservate differenze statistiche, però si può osservare dalla tabella che i valori di fotosintesi sono maggiori nel SC rispetto al C.

Anche nella conduttanza e traspirazione si può notare il medesimo trend, ovvero che in tutte e tre le giornate dei rilievi non sono state osservate differenze statistiche tra i due i trattamenti. Questi due parametri assumevano valori maggiori nel C rispetto al SC nella giornata del 28 giugno, mentre nelle giornate dell'8 e 9 agosto risultava essere maggiore nel SC rispetto al C.

Potenziali idrici

Analizzando i potenziali idrici del pero (tab. 5) è possibile notare che, nella giornata del 28 giugno, momento in cui sono stati posizionati tutti i vari strumenti sulle piante, senza però effettuare alcuna irrigazione, i valori di potenziale idrico sia sul tronco che sulle foglie rimangono statisticamente uguali, mentre osservando i dati raccolti l'8 e il 9 agosto, dopo aver effettuato le irrigazioni, si rilevano differenze contrastanti e non particolarmente rilevanti, con potenziali idrici più negativi nel controllo rispetto al climatizzato solo nel tronco l'8 agosto, al contrario solo sulle foglie il 9.

POTENZIALI IDRICI								
DAY	PARAMETRO MISURATO	TRATTAMENTO	PIANTA 1	PIANTA 2	PIANTA 3	PIANTA 4	DISCR.	MEDIA
28-giu	STEM WP	SOPRA	-1,56	-2,02	-1,58	-1,18	A	-1,58
		CTRL	-1,44	-1,60	-1,66	-1,58	A	-1,52
	LEAF WP	SOPRA	-2,70	-1,67	-2,42	-2,12	A	-2,22
		CTRL	-2,20	-2,48	-2,50	-1,28	A	-2,12
8-agosto	STEM WP	SOPRA	-1,33	-1,24	-1,21	-1,17	A	-1,24
		CTRL	-1,22	-1,34	-1,90	-1,32	B	-1,50
	LEAF WP	SOPRA	-1,70	-1,37	-2,00	-1,97	A	-1,76
		CTRL	-1,30	-1,89	-1,99	-1,70	A	-1,74
9-agosto	STEM WP	SOPRA	-1,68	-1,11	-1,12	-1,18	A	-1,27
		CTRL	-1,02	-0,95	-1,04	-1,72	A	-1,18
	LEAF WP	SOPRA	-2,40	-1,92	-0,29	-1,37	A	-1,55
		CTRL	-2,45	-2,84	-2,78	-1,98	B	-2,51

Tabella 5 - Potenziali idrici di foglie e fusto del pero nei due trattamenti Controllo e Soprachioma espressi in Mpa; sono riportate anche le medie dei dati sulle quali si basano i discriminanti statistici.

Accrescimento dei frutti

Nel grafico di fig. 20 sono state rappresentate le variabili climatiche, umidità relativa (espressa in %) e temperatura (espressa in °C) e la crescita dei frutti (espressa in mm) del giorno dell'intervento climatizzante (8 agosto) e di quello precedente e successivo.

Per quanto riguarda la temperatura si nota che nella giornata del 7 agosto si sono registrate temperature massime di quasi 37,6°C a differenza invece delle temperature registrate nel giorno dell'irrigazione, con massime di circa 34,6°C, il giorno successivo i valori massimi della temperatura risultavano essere intorno ai 33,4°C.

L'umidità relativa ha avuto valori minimi il 7 agosto di circa il 38,9%, nel giorno dell'irrigazione e quello successivo si sono registrati rispettivamente valori minimi di circa 52,6% e 49,1%.

Osservando l'andamento dell'accrescimento del frutto, relativo al pero, si registra un picco di crescita di 0,38 mm dalle ore 03:00 alle ore 14:00 del giorno 8 agosto, in corrispondenza della climatizzazione, ma l'andamento sembrerebbe stabilizzarsi per poi riiniziare a crescere dalle 03:00 alle 10:00 del 9 agosto, con una crescita di circa 0,16mm analoga a prima dell'irrigazione.

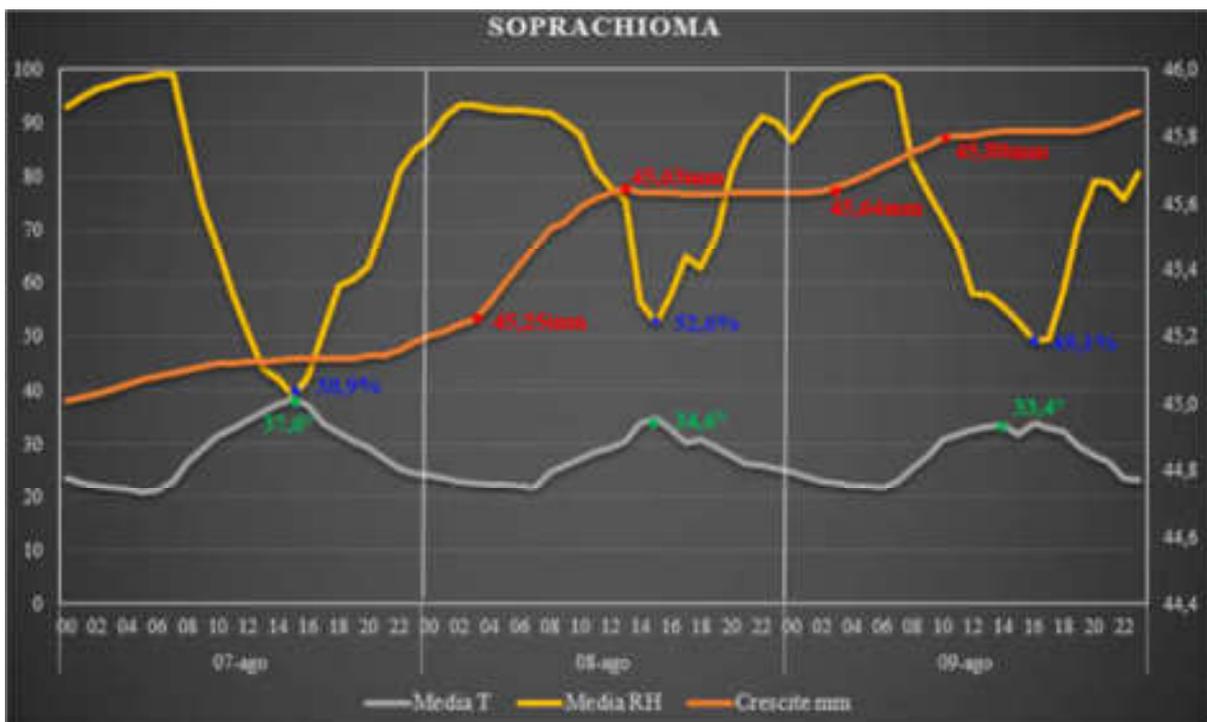


Fig. 20 - Microclima nel trattamento soprachioma con temperature espresse in °C e umidità relativa espressa in %; Accrescimento del frutto espresso in mm (pero).

Risultati produttivi e qualitativi

Di seguito vengono riportati i dati di resa e pezzatura delle due colture: come nell'anno precedente è stato utilizzato un campione di 3 piante in 4 blocchi per trattamento (totale 12 piante/trattamento), ricavati all'interno delle aree con e senza impianto di climatizzazione, per la valutazione dei carichi produttivi medi (kg/pianta) e la quantità di produzione commerciale (frutti di pezzatura superiore a 65-70 mm). Questi indici di produzione sono stati ponderati alla dimensione dell'appezzamento per ottenere le produttività per ettaro.

È stata fatta anche una valutazione qualitativa rilevando peso medio e numero frutti/pianta, °Brix, durezza, sostanza secca e sovracoloro (per il melo).

Per il pero (tab. 6 e 7) non si rilevano differenze significative tra i trattamenti, né in termini di resa totale, che di pezzatura dei frutti, che dei parametri qualitativi: il controllo non climatizzato presenta solo un maggior tenore di sostanza secca.

DATI PRODUTTIVI				
DAY	PARAMETRO MISURATO	TRATTAMENTO	DISCR.	VALORE
29-ago	N° FRUTTI PER PIANTA	SOPRA	A	85,75
		CTRL	A	87,08
	PESO MEDIO PER PIANTA [Kg]	SOPRA	A	17,42
		CTRL	A	17,98
	MEDIA PESO DEI FRUTTI [g]	SOPRA	A	213,27
		CTRL	A	218,46
	PRODUZIONE [t/ha]	SOPRA	A	52,79
		CTRL	A	54,47

Tab. 6 – pero: dati produttivi 2018

DATI QUALITATIVI				
DAY	PARAMETRO MISURATO	TRATTAMENTO	DISCR.	VALORE
29-ago	CALIBRI [mm]	SOPRA	A	62,21
		CTRL	A	62,35
	GRADO BRIX [°brix]	SOPRA	A	15,14
		CTRL	A	15,70
	SOSTANZA SECCA	SOPRA	B	15,23
		CTRL	A	21,56

Tab. 7 – pero: dati qualitativi 2018

Anche nel melo (tab. 8) non si rilevano differenze significative tra i trattamenti, né in termini di resa totale, che di carica di frutti e peso medio.

MELO	resa totale (t/ha)	n. frutti pianta	Peso medio (gr.)
controllo	58,1	104	243,8
climatizzato	61,2	108	243,1
significatività	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 8 – melo: dati produttivi 2018

Per quanto riguarda gli aspetti qualitativi (tab. 9), non si rilevano differenze in misura significativa di durezza, sostanza secca, sovracoloro e °Brix, mentre l'annata con pochi picchi di temperature elevate non ha determinato insorgenza di difetti (scottature, cracking, lenticellosi), indipendentemente dai trattamenti.

MELO	Durezza (kg)	Sostanza secca %	sovracoloro %	°Brix	Assolato %	Crepato %	Lenticellosi %
Controllo	6,94	17,1%	53,5%	15,0	-	-	-
Climatizzato	6,60	17,1%	55,7%	15,8	-	-	-
Significatività	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 9 – melo: qualità merceologica 2018

CONCLUSIONI

Anche alla luce dei rilievi fisiologici sulle piante e microclimatici all'interno del frutteto condotti da Unibo e CNR IBMET, 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 (calo di temperatura e aumento di umidità dell'aria) che favorisce una maggior attività fotosintetica, e un maggior accrescimento del frutto oltre che a ridurre fenomeni di eccessi di calore.
- l'effetto della climatizzazione risulta essere tuttavia limitato nel tempo alla sola giornata di irrigazione (forse anche a causa del clima caldo umido della zona); solo per la crescita del frutto si individuano effetti residui positivi ma non prolungati, come dimostrano le produzioni a fine stagione, che non si discostano dal controllo non climatizzato,
- nell'esperimento per entrambe le specie indagate, pero e melo, la climatizzazione non ha ridotto in modo significativo i livelli di stress idrico valutati attraverso la misura dei potenziali idrici e degli scambi gassosi al di fuori dei momenti di irrigazione soprachioma; le piante con e senza climatizzazione sono risultate probabilmente con pari livello di potenziale idrico ed efficienza fotosintetica nell'arco stagionale.
- la climatizzazione non ha indotto incrementi di produzione in entrambe le annate, come ci si poteva aspettare, in particolare nel 2017 considerando anche i maggiori volumi irrigui apportati. Solo su melo e solo nel 2017, anno decisamente caldo e siccitoso, si è registrato un incremento di pezzatura intorno al 10%, tuttavia statisticamente non significativo, ed un aspetto più giovanile dei frutti, con un minore percentuale di scottature, ma una minor intensità di colore.

Queste considerazioni evidenziano come l'irrigazione climatizzante soprachioma possa essere interessante per favorire la produzione in zone caldo-aride sulla base dei risultati riportati in letteratura. **I risultati del biennio tuttavia sembrerebbero mostrare che nell'areale ferrarese questa tecnica risulti, ad oggi, una pratica poco sostenibile sia in termini economici che di risparmio idrico, che non produce effetti evidenti su resa e qualità delle specie indagate.**

Diverso è il discorso dell'impiego dell'impianto a pioggia se si vuole favorire il colore delle mele, ampiamente adottato in Trentino-Alto Adige: la tecnica in questo caso va applicata diversamente, nel periodo in prossimità della raccolta, bagnando i frutti un'ora prima del tramonto, per aumentare il numero di ore fresche e l'escursione termica con il giorno, che è notoriamente il fattore principale per la colorazione dei frutti.

Anche per le pere sono noti i vantaggi dell'impiego dell'irrigazione ad aspersione per "lavare" le piante dalla psilla: in annate umide come il 2018, tuttavia, sono stati maggiori gli svantaggi dell'adozione degli impianti a pioggia, che hanno favorito l'insorgenza di fitopatie, in particolare l'alternaria, in quanto l'acqua a contatto con i frutti è essa stessa veicolo di diffusione delle spore.

AZIONE 3.4 RISPARMIO IDRICO SULL'ACTINIDIA MEDIANTE MIGLIORAMENTO DELL'USO DELL'ACQUA

DESCRIZIONE DEL LAVORO SVOLTO:

L'actinidia è una coltura tra le più idroesigenti con volumi irrigui stagionali che possono raggiungere i 4.500-5.000 mc/ha: l'utilizzo idrico in agricoltura deve essere reso efficiente al fine di ridurre sia i costi di produzione che gli sprechi di questa risorsa. Dal momento che l'acqua è molto importante per l'Actinidia, sia per ottenere produzioni di quantità che di qualità esiste la necessità di capire come i flussi vascolari da/verso il frutto e le performance fotosintetiche possano essere ottimizzati attraverso la regolazione precisa dell'irrigazione in termini di quantità e momento di applicazione. Fattori come l'accumulo di calcio, il contenuto in solidi solubili e la pezzatura del frutto dipendono dai flussi vascolari che devono essere ottimizzati al fine di aumentare la qualità della produzione. Questo GO si propone di ottimizzare i protocolli di irrigazione dell'Actinidia in modo da migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua di questa specie, estremamente esigente, ed ottenere ripercussioni positive sulla disponibilità e la gestione della risorsa idrica a livello di intero comprensorio irriguo.

L'attività è stata svolta nel biennio 2017-18, presso l'Azienda Giuliani sita in località Pieve Quinta, in provincia di Forlì, ad opera di CER e UniBo DISTAL, in un actinidiето della cv. Hayward, impiantato nel 2004, con le piante disposte a 2 metri sulla fila e distanza tra le fila di 5 metri (1000 piante/ha, in ragione di 1 maschio ogni 7 femmine, per un totale di 125 maschi e 875 femmine). Lo stato idrico del suolo, e le performance fisiologiche e produttive di piante irrigate secondo le indicazioni Irrinet, sono state confrontate con piante stressate (irrigate al 70% delle indicazioni Irrinet). Per entrambi i regimi irrigui, sono stati differenziati due orari di partenza delle irrigazioni: nelle prime ore del mattino (dalle 03:00 alle 09:00 circa) e nelle ore centrali della giornata (a partire dalle 11:00, fino alle 17:00), momento della giornata in cui normalmente si verificano le maggiori condizioni di stress per la pianta di actinidia, con chiusura degli stomi e riduzione della fotosintesi (Torres Ruiz et al., 2016). Contemporaneamente in queste ore il frutto perde acqua per traspirazione. Sulla base di risultati precedentemente ottenuti (Morandi et al., 2010), l'acqua somministrata più verso le ore pomeridiane aiuta l'albero di actinidia a ripristinare la conduttanza stomatica fogliare e quindi la fotosintesi, e permette al flusso xilematico di essere più efficacemente diretto verso i frutti, in quanto hanno un maggior potenziale negativo, avendo perso acqua in precedenza per effetto della traspirazione.

Lo schema della prova è stato impostato a blocchi randomizzati, con quattro ripetizioni per ciascun trattamento, per un totale di 16 parcelle di 5 piante ciascuna:

Avvio irrigazione alle ore 3:00

Restituzione del 100% dei consumi (bilancio idrico secondo Irrinet)

Restituzione del 70% dei consumi (bilancio idrico secondo Irrinet)

Avvio irrigazione alle ore 11:00

Restituzione del 100% dei consumi (bilancio idrico secondo Irrinet)

Restituzione del 70% dei consumi (bilancio idrico secondo Irrinet)

Per la stima dei fabbisogni irrigui della coltura è stato applicato un bilancio idrico indifferenziato per tutti i trattamenti, tenendo conto degli apporti idrici delle piogge e degli apporti della falda ipodermica e dell'evapotraspirazione di riferimento (ET₀).

È stato adottato il modello di bilancio idrico IRRINET, messo a punto dal CER per gli aspetti idrologico-agronomici, che rappresenta lo standard previsto anche nei Disciplinari di Produzione Integrata della Regione Emilia-Romagna.

Per i parametri meteorologici IRRINET si avvale dei dati del Servizio Meteorologico Regionale di ARPA-SIMC, che suddivide l'intero territorio regionale in quadranti di 5 x 5 chilometri quadrati e fornisce i valori giornalieri delle piogge e dell'evapotraspirazione di riferimento (ET₀), calcolata con la formula di Hargreaves, per il quadrante in cui ricade l'azienda Giuliani (1947 Carpinello Est); gli apporti della falda ipodermica sono quelli forniti dalle stazioni della rete di rilevamento regionale (la 10 FC nel caso dell'azienda in esame), le costanti idrologiche sono ricavate con apposite pedofunzioni derivate dai parametri di tessitura del terreno rilevati nell'azienda in prova: il terreno in prova è di tipo franco-limoso, con percentuali di sabbia, limo e argilla rispettivamente di 17, 61 e 22%, a cui corrisponde un contenuto idrico pari al 38.9% del volume, alla capacità di campo, calcolata a 0.33 bar, e al 18.6% al punto di appassimento, a 15 bar. Su uno strato di terreno di 50 cm, in considerazione della profondità dell'apparato radicale del pero, equivale ad un contenuto idrico di 194.6 mm e 93.1 mm rispettivamente alla CIC e al PA.

Per la stima dell'evapotraspirazione effettiva (E_{te}) ci si avvale della relazione $E_{te} = E_{T0} \times K_c$. I coefficienti colturali (K_c) per il pero con interfilare inerbito sono di seguito riportati.

Fenofase	Kc
gemme in riposo invernale	0,40
gemme ingrossate: fase piena (> 50%)	0,50
fioritura piante femminili: fase piena (> 50%)	0,75
allegagione: fase piena (> 50%)	0,83
accrescimento dei frutti: inizio fase (0-5%)	1,00
accrescimento dei frutti: fase piena (> 50%)	1,00
maturazione di raccolta: inizio fase (0-5%)	1,00
maturazione di raccolta: fase piena (> 50%)	1,00
caduta foglie: inizio fase (0-5%)	1,00
caduta foglie: fase piena (> 50%)	0,00

Per ogni coltura la lunghezza del ciclo colturale, l'approfondimento dell'apparato radicale e il cambio delle fenofasi è funzione della sommatoria gradi giorno (per il kiwi lo zero termico è pari a 5°C e lo strato di terreno considerato raggiunge un massimo di 50 cm).

Le soglie irrigue corrispondenti alla partenza e fine delle irrigazioni, e di conseguenza turni e volumi di intervento, sono in funzione del tipo di terreno e dell'impianto irriguo, e variano durante la stagione in funzione della sensibilità all'irrigazione delle diverse fenofasi della coltura: nel caso dell'actinidia irrigata a goccia il sistema prevede di mantenere l'umidità del terreno tra il 55 e il 65% dell'acqua disponibile, in modo da garantire turni irrigui frequenti e con volumi ridotti.

L'irrigazione a goccia è stata effettuata impiegando ali gocciolanti autocompensanti, con punti goccia distanti 40 cm lungo le linee adacquatrici, in modo da ottenere una striscia uniformemente bagnata sotto le piante, evitando in questo modo indesiderati effetti di percolazione dell'acqua in profondità.

Per differenziare le tesi con restituzione del 70% e del 100% Etc, sono state impiegate ali gocciolanti con portate rispettivamente di 1.6 e 2.3 l/ora per ciascun punto goccia, in modo da ottenere volumi irrigui differenziati a parità di orario di funzionamento dell'impianto. Le pluviometrie corrispondenti sono state di 0.8 e 1.15 mm/ora. La partenza differenziata delle

irrigazioni è stata invece ottenuta con l'impiego di una centralina elettronica dedicata, impostando 2 settori irrigui, con start alle 3:00 e alle 11:00 di ogni giorno e durata delle irrigazioni in funzione dei consumi giornalieri da restituire.

Rilievi sperimentali effettuati

Per ogni trattamento sono state scelte alcune piante in cui è stato monitorato l'andamento giornaliero dei seguenti parametri:

- 1) Andamento giornaliero del contenuto idrico del suolo (CER)
- 2) Monitoraggio delle principali variabili ambientali come temperatura e umidità relativa (UNIBO).
- 3) Potenziali idrici di foglia, ramo e frutto mediante tecnica della camera a pressione (UNIBO).
- 4) Scambi gassosi (fotosintesi, traspirazione, conduttanza stomatica) a livello di singola foglia mediante LI-COR (LI6400) (UNIBO).
- 5) Accrescimento del frutto in continuo attraverso sensori automatici (UNIBO).

Su ognuna delle 4 tesi a confronto (start 3:00 e 11:00, restituzioni del 70 e 100% ETc) sono state misurate le umidità del suolo durante l'intero ciclo colturale, sia mediante campioni gravimetrici, (17/5, 25/5 e 25/10 nel 2017, 10/5, 3/7, 20/7 e 7/8 nel 2018) che impiegando sensori.

Sono stati posizionate 4 stazioni, una per ciascuna delle quattro tesi. Pur con le difficoltà di misurazione corretta di un profilo di umidità in suoli soggetti a irrigazione a goccia, sono state effettuate misurazioni tese a verificare le variazioni della disponibilità idrica per la pianta durante la giornata.

Ogni stazione era costituita da un acquisitore di dati a cadenza oraria (Watch-dog della ditta Spectrum, alimentati a batteria), a cui sono stati connessi due sensori capacitivi di umidità di tipo FDR (modello Spectrum SC100) e un tensiometro (modello watermark).

I sensori di umidità del tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry), sono in grado di convertire un segnale elettrico in funzione del contenuto idrico del terreno, basandosi sul valore della costante dielettrica dell'acqua, che è molto superiore a quello della frazione solida e di quella gassosa degli interstizi tra le particelle del terreno: restituiscono un valore in millivolt, a cui corrisponde un differente contenuto volumetrico % di acqua, in funzione delle costanti idrologiche dei diversi tipi di terreno.

Prima della posa è stata fatta una taratura sito specifica dei sensori, prelevando un volume noto di terreno degli appezzamenti in prova, sottoposto ad un ciclo di bagnatura e asciugatura con volumi noti di acqua, rilevando l'umidità misurata e i corrispondenti valori in mvolt dei sensori.

Il sensore Watermark misura invece la tensione con cui l'acqua viene trattenuta dal terreno, funzione del suo contenuto idrico. Il valore, espresso in KPa o cbar, rappresenta la pressione negativa che le radici devono vincere per assorbire acqua: sono sensori di tipo resistivo, ovvero misurano la resistenza elettrica tra due elettrodi incorporati in una matrice di materiale poroso avvolta da una membrana sintetica, e non risentono della tipologia di suolo, a condizione però che lo strumento aderisca perfettamente al terreno e che trascorra un tempo sufficiente affinché entri in equilibrio. Il range del segnale di questa tipologia di sensori va da tensione 0 cbar, quando il terreno è alla capacità idrica massima, ovvero alla saturazione e l'acqua non è

trattenuta dal terreno, a 20-30 cbar alla capacità idrica di campo, per salire progressivamente man mano che il terreno si asciuga, fino ad un fondo scala di 200 cbar.

Come noto, per ogni tipo di terreno esiste una precisa curva di ritenzione, definita come relazione tra contenuto idrico volumetrico e tensione corrispondente.

I sensori FDR sono stati posizionati a due profondità, rispettivamente a 25 cm, nello strato maggiormente colonizzato dalle radici, e a 45 cm in corrispondenza della profondità massima dello strato utile considerato da IRRINET per il kiwi (50 cm); i tensiometri sono invece stati posizionati a 30 cm.

I potenziali idrici di foglia, fusto e frutto sono stati determinati il 19 giugno, il 13 luglio ed il 13 settembre 2017, attraverso misure circadiane effettuate prima dell'alba ed alle ore 9:00, 12:00 e 15:30, mediante il metodo della camera a pressione. Le giornate di misura corrispondevano a 6, 9 e 18 settimane dopo la fioritura. Nel 2018 l'andamento giornaliero dei potenziali idrici di fusto, foglie e frutto è stato monitorato nelle giornate del 03 Luglio, 20 Luglio, 7 Agosto e 13 Settembre, corrispondenti rispettivamente a 7,9,12,17 settimane dopo la piena fioritura (SPF) con rilievi giornalieri effettuati alle ore 06:00, 09:00, 12:00, 16:00.

I rilievi sono stati effettuati mediante un'apposita strumentazione chiamata camera di Sholander (Soilmoisture Equipement Corp. Santa Barbara U.S.A) dotata di una camera a pressione, di un apposito misuratore di pressione in bar (manometro) e collegata ad una bombola contenente azoto liquido ad alta pressione, il quale viene immesso nella camera mediante una valvola. Queste misurazioni hanno l'obiettivo di fornire alcune indicazioni sulle variazioni dei gradienti di potenziale idrico durante il giorno con i quali confrontare i principali parametri di crescita del frutto, misurati in continuo, a cadenza oraria, mediante strumenti autocostruiti.

In concomitanza dei rilievi di potenziale idrico, sono state effettuate misure di scambi gassosi su diverse foglie ben illuminate, mediante analizzatore di gas LI-6400 (LI-COR). Grazie a queste misure è stato possibile valutare l'effetto di diversi regimi di irrigazione sulla disponibilità di assimilati a livello di source.

L'effetto del protocollo irriguo sulla produttività e la qualità dei frutti è stato valutato alla raccolta, in data 25/10/2017 e 24/10/2018 (resa, pezzatura, valutazione a campione della sostanza secca dei frutti e Water Use Efficiency - sostanza secca prodotta per litro d'acqua impiegata) in collaborazione tra il Consorzio per il Canale Emiliano Romagnolo (CER) e i tecnici di APOFRUIT.

RISULTATI 2017

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 1 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 12 marzo fino al 25 ottobre).

In tabella 1 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2017 è stato caratterizzato da precipitazioni concentrate nei mesi primaverili, con 124.8 mm caduti nel trimestre aprile-giugno, ed in settembre (60.3 mm),

mentre nel bimestre luglio-agosto il clima è stato molto caldo e siccitoso, con valori di evapotraspirazione che, seppur nella media climatologica, hanno tuttavia spesso superato i 6 mm/giorno: il volume irriguo stagionale è stato di conseguenza molto elevato, pari a 559.7 mm in ben 139 irrigazioni, a cadenza spesso giornaliera, con volumi variabili da 1 a 5.6 mm per intervento.

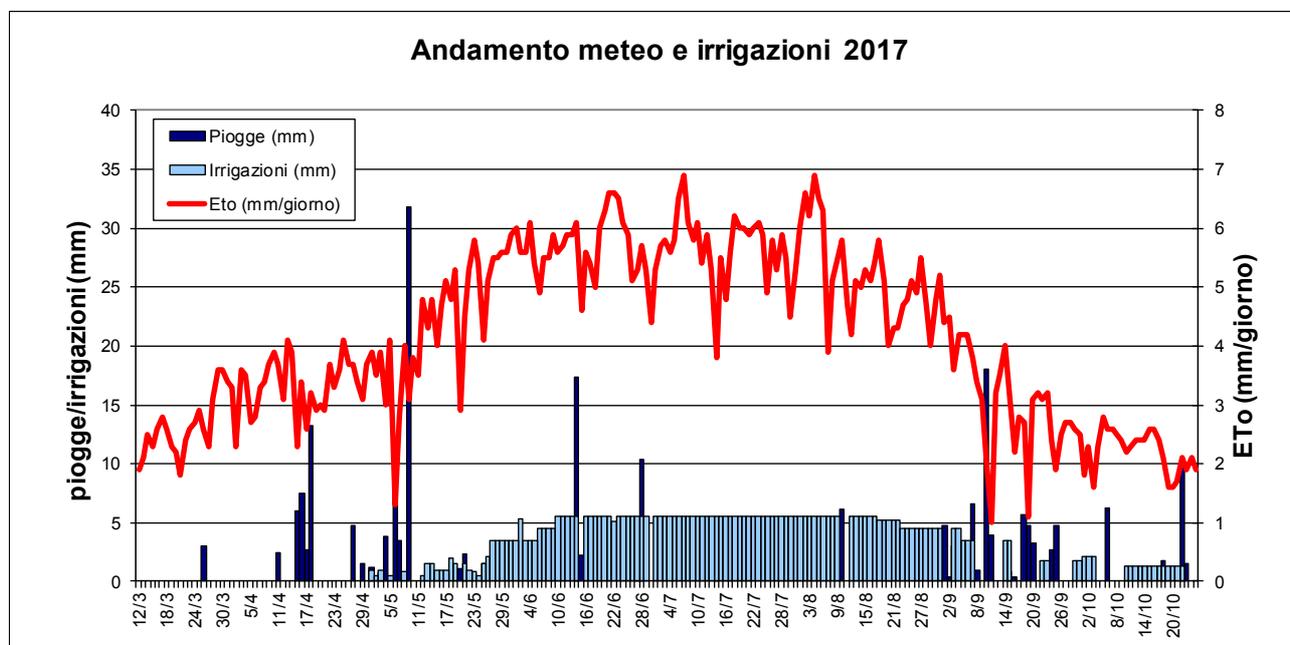


Fig. 1 – andamento meteo e irrigazioni del pero presso l’az. Giuliani nel 2017

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	totale
piogge (mm)	3,0	38,3	56,1	30,4	4,0	7,4	60,3	19,3	218,8
Eto (mm/giorno)	2,6	3,3	4,4	5,7	5,7	5,2	3,0	2,2	Media 4,0
Ete (mm/mese) TR	30,1	73,4	113,0	165,3	175,2	160,8	91,1	52,9	861,8
deficit (mm) TR	27,1	35,1	56,9	134,9	171,2	153,4	30,8	33,6	643,0
Irrigazione TR (mm)	0,0	0,0	38,4	142,2	172,3	149,8	33,2	23,8	559,7

Tab. 1 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l’az. Giuliani nel 2017

Nella figura 2 è invece riportato l’andamento dell’umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguente alle piogge e alle irrigazioni: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall’apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere una umidità del suolo compresa tra il 55 e il 65% dell’Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione, in modo garantire un turno irriguo giornaliero con volumi ridotti da distribuire.

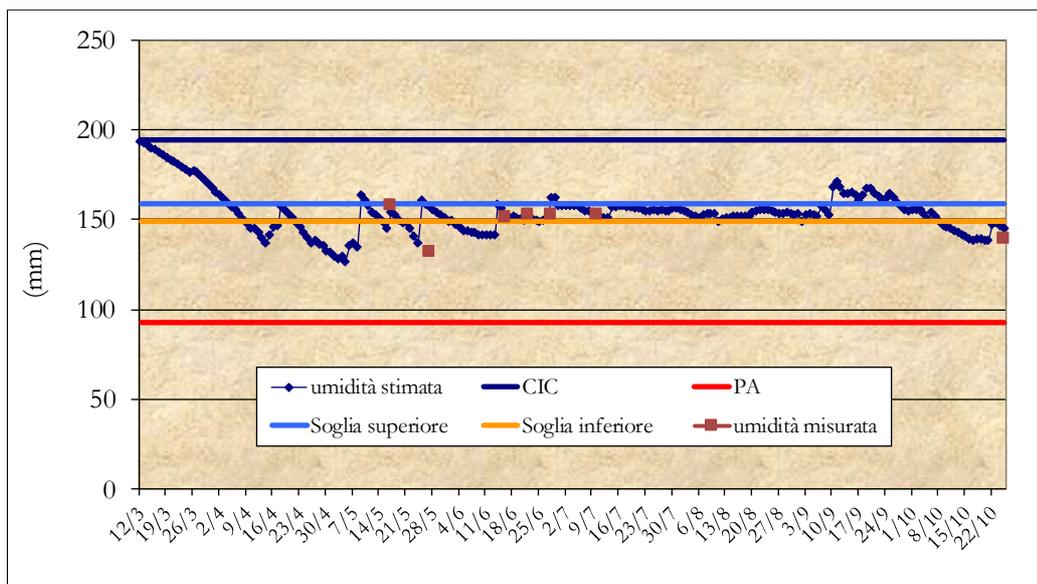


Fig. 2 – andamento dell'umidità del terreno in prova nel 2017

Si è partiti da una condizione di umidità del terreno prossima alla capacità di campo in marzo per poi iniziare le irrigazioni da fine aprile: l'umidità si è mantenuta costantemente entro le soglie previste da Irrinet da giugno fino quasi alla raccolta del 25 ottobre. Unica eccezione le settimane centrali di settembre in cui è piovuto in maniera consistente portando l'umidità a valori superiori.

I frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni del grafico) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Nei grafici 3 e 4 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (25 e 45 cm) nei diversi trattamenti.

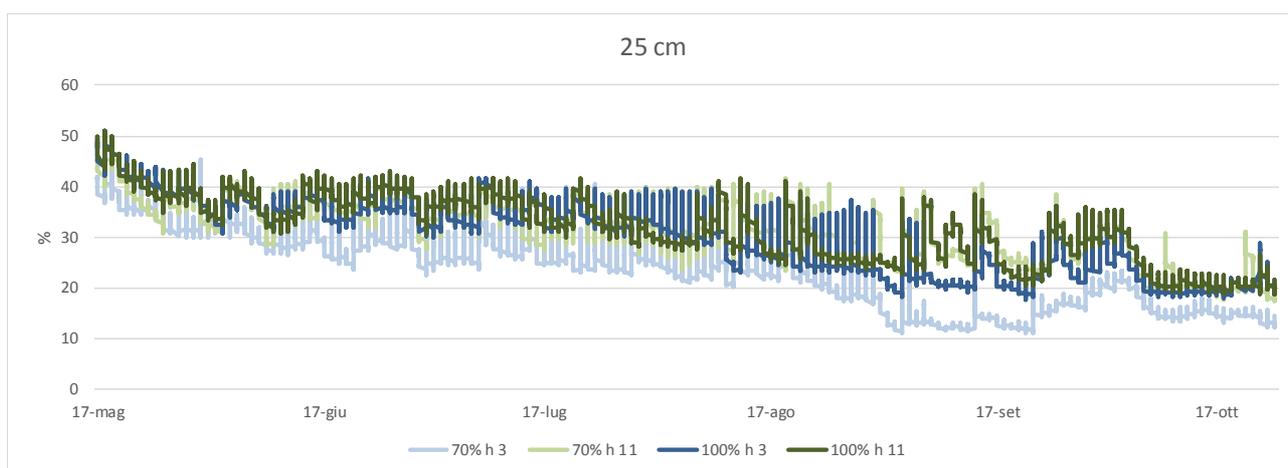


Fig. 3 – Kiwi: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 25 cm di profondità

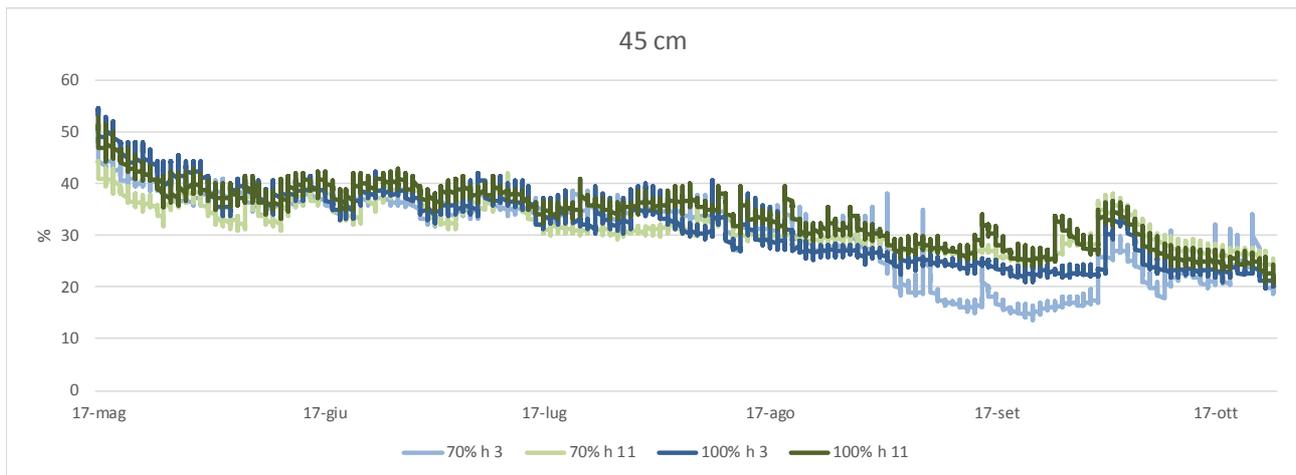


Fig. 4 – Kiwi: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 45 cm di profondità

L'umidità è rimasta abbastanza costante per tutto il periodo estivo, mediamente intorno al 30%, sia a 25 cm che più in profondità a 45 cm, per effetto delle irrigazioni giornaliere, valore corrispondente al 55-65% dell'acqua disponibile come da bilancio idrico di Irrinet; analogamente in termini di tensione (fig. 5), i valori si sono attestati mediamente intorno a 40-60 cbar poco sotto la CIC, con oscillazioni tra inizio irrigazione (non più di 80 cbar) e fine irrigazioni intorno allo zero (terreno prossimo alla saturazione). Non si osservano variazioni di rilievo tra la piena restituzione dei consumi e il 70%, che sembrano più legate alla posizione dei singoli sensori, che non ad una reale situazione di stress: i sensori di umidità del 70% ore 3 per esempio risultano leggermente più asciutti, ma non il tensiometro, che invece mostra tensioni più negative nel 70% ore 11, che ha la stessa umidità delle tesi 100%.

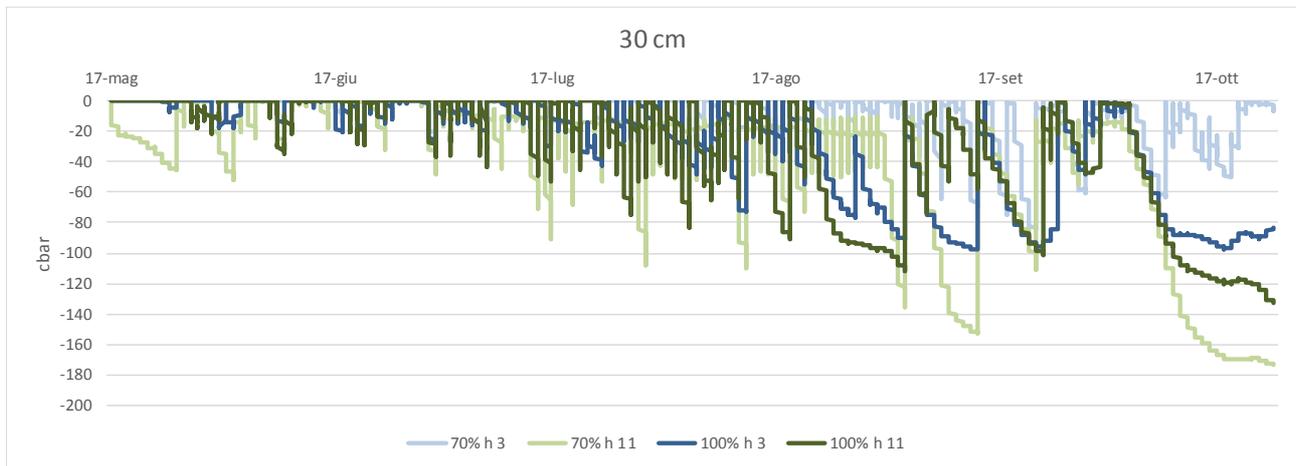


Fig. 5 – Kiwi: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

Se guardiamo invece l'andamento dell'umidità all'interno di una giornata tipo in luglio, in cui sono stati distribuiti 5.6 mm in 4:50 ore, si vede bene come cambia il picco del contenuto idrico nel corso della giornata in funzione dello sfasamento dell'orario di avvio delle irrigazioni (fig. 6).

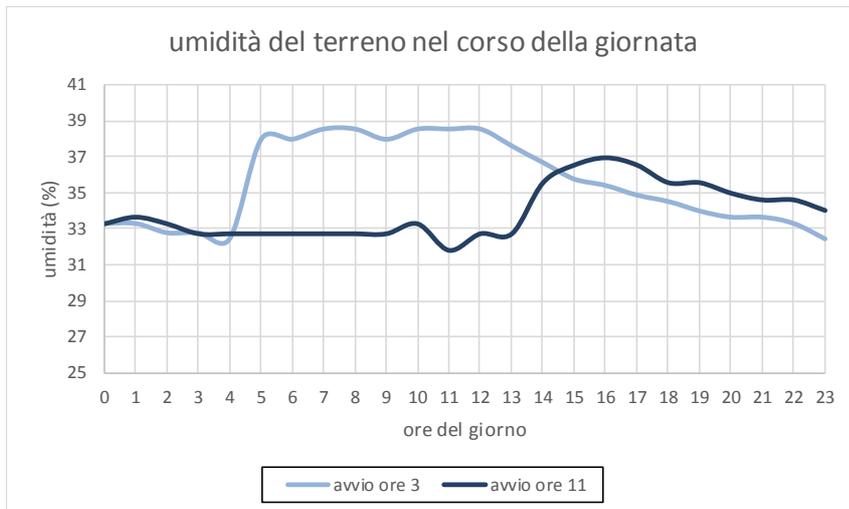
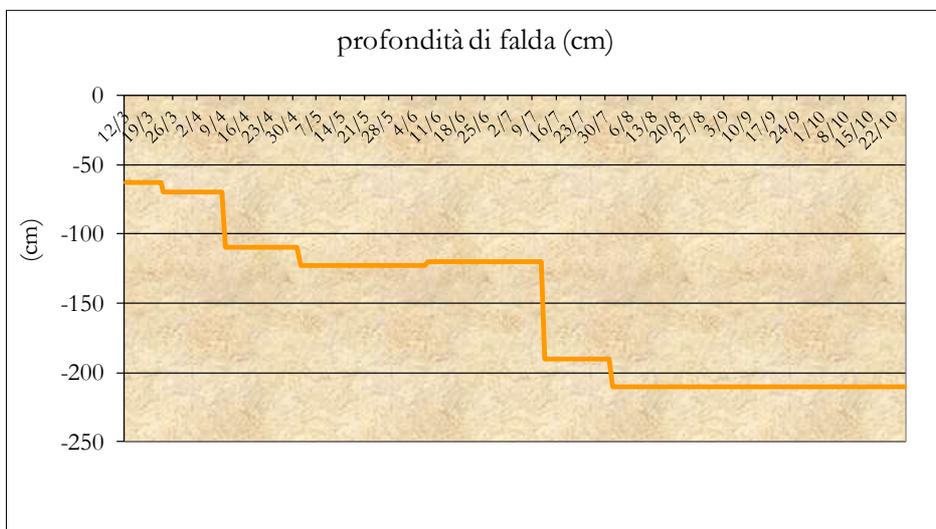


Fig. 6: andamento dell'umidità del terreno in funzione dell'orario di avvio delle irrigazioni

In figura 7 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: in seguito alle precipitazioni invernali e primaverili la falda è partita da 63 cm dal piano di campagna alla ripresa vegetativa, per scendere poi progressivamente fino a oltre due metri, diventando influente ai fini del bilancio idrico dalla metà di luglio in avanti.



Risultati produttivi

Di seguito vengono riportati i risultati dei rilievi produttivi, rilevati alla raccolta del 25 ottobre 2017: a lettere diverse corrispondono differenze minime significative a $p < 0.05$ (test S.N.K.).

Nella tabella 2 sono riportati i risultati di resa, totale e commerciale, il numero di frutti per pianta, il loro peso medio, e la WUE (water use efficiency), grammi di prodotto per litro di acqua irrigua e di pioggia.

Replica	TESI	produzione totale (q/ha)	prod.com. >65 gr. (%)	prod.com. >65 gr. (q/ha)	peso medio (gr)	n. frutti/pianta	P+I (mm)	WUE (g/l)
1	h11 70%	301,09	93,05	280,15	84,52	407,13	610,6	4,930
1	h3 100%	326,64	95,31	311,33	87,76	425,38	778,5	4,196
1	h3 70%	365,72	88,12	322,26	78,52	532,33	610,6	5,990
1	h11 100%	275,78	96,02	264,79	87,52	360,12	778,5	3,543
2	h3 100%	330,58	91,96	304,01	79,38	475,92	778,5	4,246
2	h3 70%	335,91	94,89	318,73	87,33	439,60	610,6	5,502
2	h11 100%	303,01	87,23	264,31	80,35	430,98	778,5	3,892
2	h11 70%	290,41	96,39	279,93	89,03	372,79	610,6	4,756
3	h3 70%	271,08	90,09	244,22	84,39	367,10	610,6	4,440
3	h3 100%	358,84	94,35	338,57	88,53	463,22	778,5	4,610
3	h11 70%	202,91	93,22	189,16	90,36	256,64	610,6	3,323
3	h11 100%	229,86	91,64	210,65	78,63	334,10	778,5	2,953
4	h3 100%	252,08	91,56	230,80	86,51	333,00	778,5	3,238
4	h11 70%	307,57	86,81	267,01	76,81	457,64	610,6	5,038
4	h11 100%	309,75	94,40	292,42	83,84	422,24	778,5	3,979
4	h3 70%	324,89	89,07	289,39	82,07	452,44	610,6	5,321
MEDIE								
	h11 100%	279,601	92,322	258,04	82,58	386,86	778,5	3,592 b
	h11 70%	275,497	92,367	254,06	85,18	373,55	610,6	4,512 ab
	h3 100%	317,031	93,298	296,18	85,55	424,38	778,5	4,073 b
	h3 70%	324,399	90,543	293,65	83,08	447,87	610,6	5,313 a

Tab. 2 – dati produttivi completi 2017

Dall'elaborazione delle medie non risultano differenze significative tra i trattamenti, anche se tendenzialmente le tesi che hanno ricevuto l'acqua nelle prime ore del mattino hanno presentato una resa superiore intorno al 15%, a parità di volume irriguo, rispetto a quelle che hanno avuto il picco di umidità del terreno a disposizione nelle ore pomeridiane e serali.

Questo risultato sembrerebbe smentire l'ipotesi di partenza, che nelle ore pomeridiane il frutto si avvantaggi del maggior potenziale negativo in seguito alla perdita d'acqua per traspirazione nelle ore centrali della giornata, diventando dominante nell'assorbimento dell'acqua rispetto a foglie e germogli, come si era osservato in precedenti sperimentazioni.

Non si rilevano differenze significative neanche per quanto riguarda la percentuale di restituzione dei consumi, dimostrando che la coltura non ha subito stress idrici anche con la parziale restituzione del 70% dei consumi stimati, pur in una stagione sostanzialmente siccitosa. A conferma di questo ne consegue una significativa maggiore efficienza d'uso dell'acqua delle tesi irrigate al 70% rispetto a quelle al 100%.

Se questo venisse confermato, potrebbe suggerire di introdurre una riduzione dei Kc dell'actinidia nei parametri di Irrinet.

La ripartizione % per classi di peso dei frutti è riportata in tabella 3: non si rilevano differenze statisticamente significative neanche nella pezzatura dei frutti, che non ha risentito né della parziale riduzione dei volumi irrigui, né dell'orario di avvio delle irrigazioni.

Replica	TESI	Sotto misura <60 gr.	60-65 gr.	65-70 gr.	70-75 gr.	75-85 gr.	85-95 gr.	95-105 gr.	105-115 gr.	115-125 gr.	125-150 gr.	+150 gr.
1	h11 70%	4,98	1,97	6,59	6,38	23,72	21,43	18,47	11,26	3,74	0,67	0,78
1	h3 100%	3,35	1,33	3,94	7,72	17,94	22,31	25,35	12,14	4,42	1,49	0,00
1	h3 70%	5,79	6,09	9,08	10,18	27,79	23,95	12,07	2,68	0,00	2,38	0,00
1	h11 100%	1,25	2,74	6,43	5,95	26,21	17,47	19,16	12,58	3,94	4,27	0,00
2	h3 100%	4,20	3,84	6,95	13,22	34,53	23,12	11,77	1,14	1,24	0,00	0,00
2	h3 70%	1,28	3,84	2,61	9,62	22,62	22,46	21,46	7,17	5,89	2,22	0,83
2	h11 100%	6,28	6,50	7,37	9,44	20,31	25,11	16,65	7,70	0,66	0,00	0,00
2	h11 70%	1,78	1,83	5,85	6,65	15,93	23,15	22,12	15,13	6,82	0,74	0,00
3	h3 70%	4,01	5,89	5,52	5,89	21,82	26,08	18,12	8,15	3,70	0,82	0,00
3	h3 100%	2,38	3,26	3,52	4,20	21,35	29,07	20,26	9,64	4,30	2,02	0,00
3	h11 70%	3,69	3,09	4,74	5,03	15,05	16,05	16,95	15,90	10,22	9,27	0,00
3	h11 100%	3,79	4,56	11,44	12,62	33,95	17,38	13,23	1,13	1,23	0,67	0,00
4	h3 100%	4,41	4,03	3,28	6,72	21,88	21,56	19,35	11,77	3,17	2,85	0,97
4	h11 70%	9,65	3,54	9,88	14,59	26,37	23,12	7,80	3,65	0,67	0,73	0,00
4	h11 100%	3,11	2,49	8,08	11,02	22,44	25,10	17,41	5,54	3,39	1,41	0,00
4	h3 70%	5,49	5,43	8,87	7,84	26,60	16,82	11,27	8,64	7,44	1,60	0,00
MEDIE												
h11 100%		3,607	4,071	8,330	9,759	25,727	21,267	16,611	6,736	2,304	1,588	0,000
h11 70%		5,025	2,608	6,762	8,164	20,269	20,939	16,336	11,485	5,362	2,855	0,195
h3 100%		3,586	3,116	4,422	7,964	23,925	24,015	19,182	8,673	3,284	1,590	0,242
h3 70%		4,143	5,314	6,519	8,381	24,708	22,327	15,728	6,660	4,257	1,754	0,208

Tab. 4 – ripartizione percentuale per classi di peso

Anche i parametri qualitativi non presentano differenze di rilievo tra i trattamenti, anche se il 70% con partenza alle 11 sembra tendenzialmente presentare frutti con una maggior % di sostanza secca e brix (tab. 5).

trattamenti	Sost.secca %	DUREZZA	° BRIX
h11 100%	15,770	6,680	7,450
h11 70%	16,490	7,180	7,470
h3 100%	15,870	6,960	7,350
h3 70%	15,700	6,950	7,360

Tab. 5 – qualità dei frutti

Rilievi fisiologici sulla vegetazione

RELAZIONI IDRICHE

I risultati dei rilievi effettuati durante la prima stagione (2017) non mostrano alcun effetto dell'orario di irrigazione né della quantità di restituzione irrigua sull'andamento giornaliero dei potenziali idrici di tronco, foglia e frutto nelle giornate del 19 giugno e 13 luglio, corrispondenti a circa 6 e 9 settimane dalla piena fioritura (Fig 8 e 9).

Inoltre, i dati mostrano un progressivo calo del potenziale idrico del tronco durante la stagione che mostra valori assoluti più negativi durante il rilievo di settembre, specialmente nel pomeriggio, mentre foglia e frutto sembrano mantenere valori costanti durante la stagione. A settembre, ultima data di rilievo, si registra l'unico effetto del trattamento sulle relazioni idriche dell'actinidia. Infatti, in figura 10 si nota come l'orario di irrigazione influenzi il potenziale idrico del tronco durante il pomeriggio con valori più negativi nelle piante irrigate alle 11:00 rispetto a

quelle irrigate alle 3:00. Questo comporta un aumento del gradiente di potenziale idrico tronco-frutto durante il pomeriggio (Fig 13) con potenziali effetti positivi sulla reidratazione dei frutti irrigati alle 11:00.

SCAMBI GASSOSI FOGLIARI

I dati di scambio gassoso fogliare mostrano come le piante in cui si sono svolte le prove, indipendentemente dal trattamento, mantengono tassi fotosintetici relativamente alti durante tutta la stagione (Fig 14,15 e 16), con punte di 22-23 $\mu\text{mol di CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nel mezzogiorno. Questi elevati valori di fotosintesi sono resi possibili da valori di conduttanza stomatica quasi sempre non limitanti (es: $>0.2 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) che rimangono tali durante tutta la giornata. A valori di apertura stomatica elevati corrispondono notevoli perdite idriche per traspirazione, con punte superiori a 9 mmol di $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nei rilievi di giugno e luglio, durante le ore del mezzogiorno e del pomeriggio. I valori elevati di traspirazione registrati in queste date sono dovuti agli elevati deficit di pressione di vapore tipici della stagione trascorsa, che sono risultati particolarmente elevati durante i mesi di giugno e luglio.

Come già mostrato per le relazioni idriche, non si registrano effetti significativi dei trattamenti (orario di irrigazione e quantità restituita) durante quasi tutti i rilievi effettuati se non nel rilievo del 19 di giugno a mezzogiorno, dove piante irrigate al 100% IRRIFRAME alle 3 del mattino mostrano tassi fotosintetici significativamente superiori rispetto alle piante irrigate al 70% IRRIFRAME alle 11 del mattino.

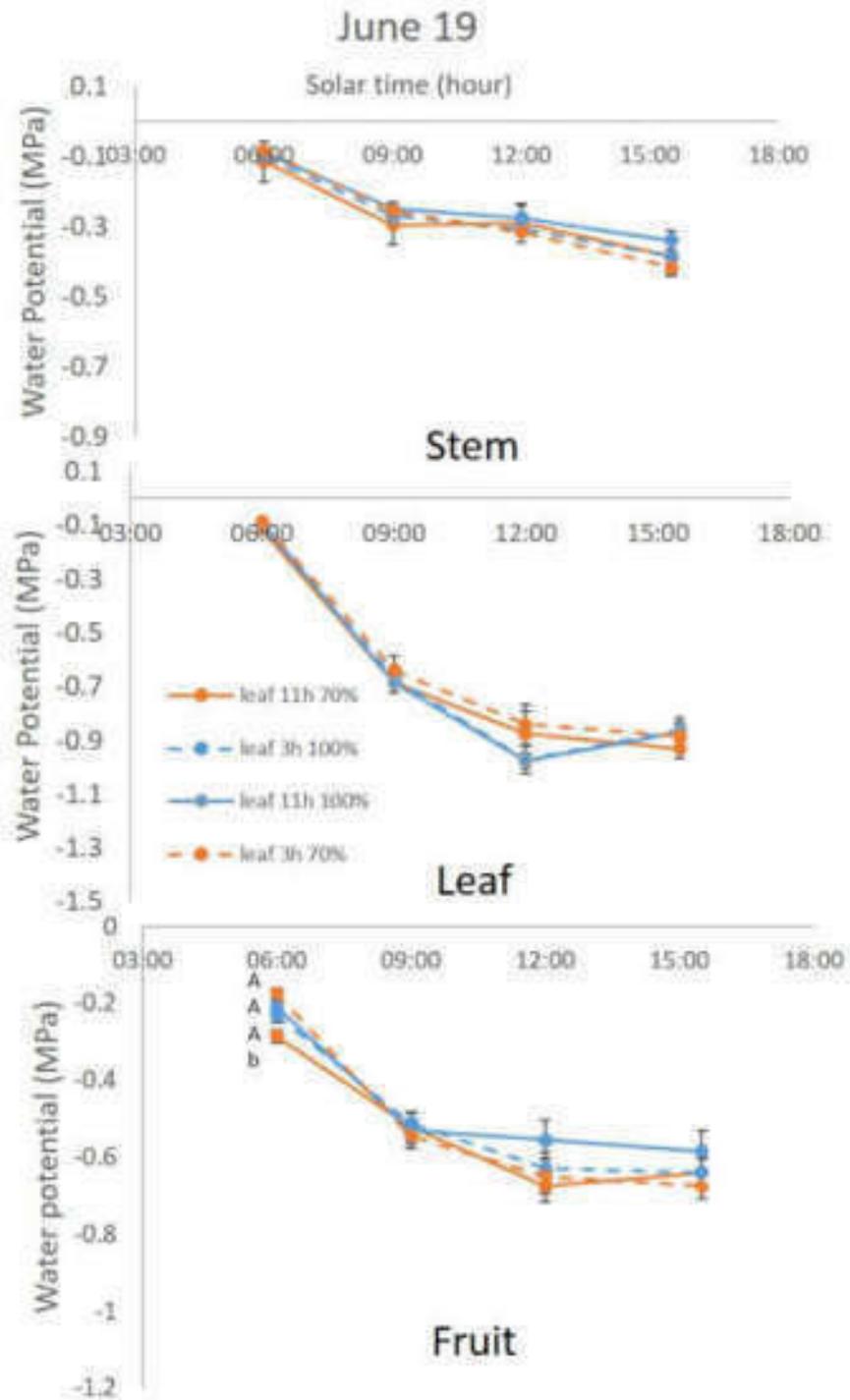


Figura 8. Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata, misurati il 19/6, corrispondente a 6 settimane dalla piena fioritura (SPF)). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

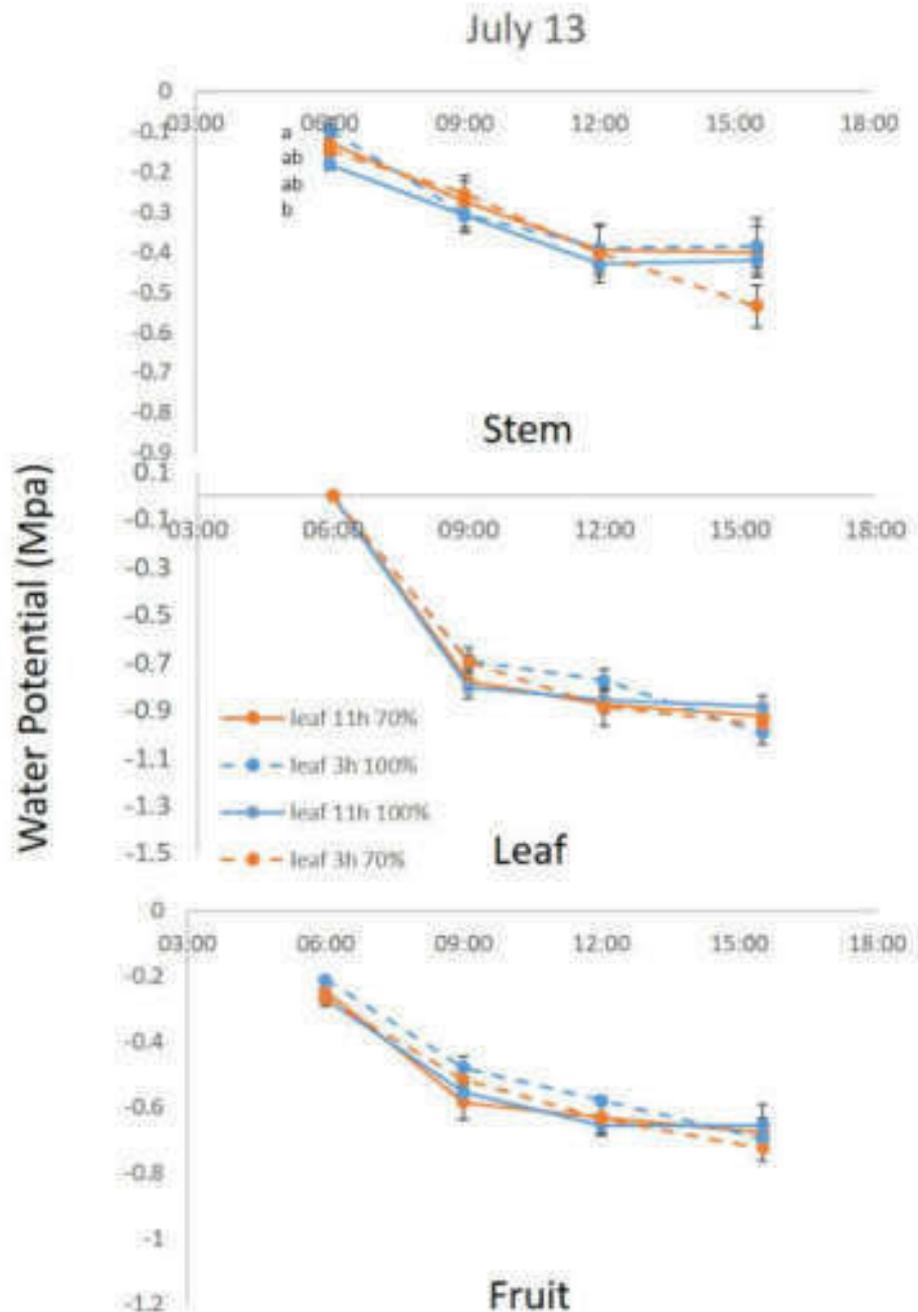


Figura 9. Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata, misurati il 13/7, corrispondente a 9 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

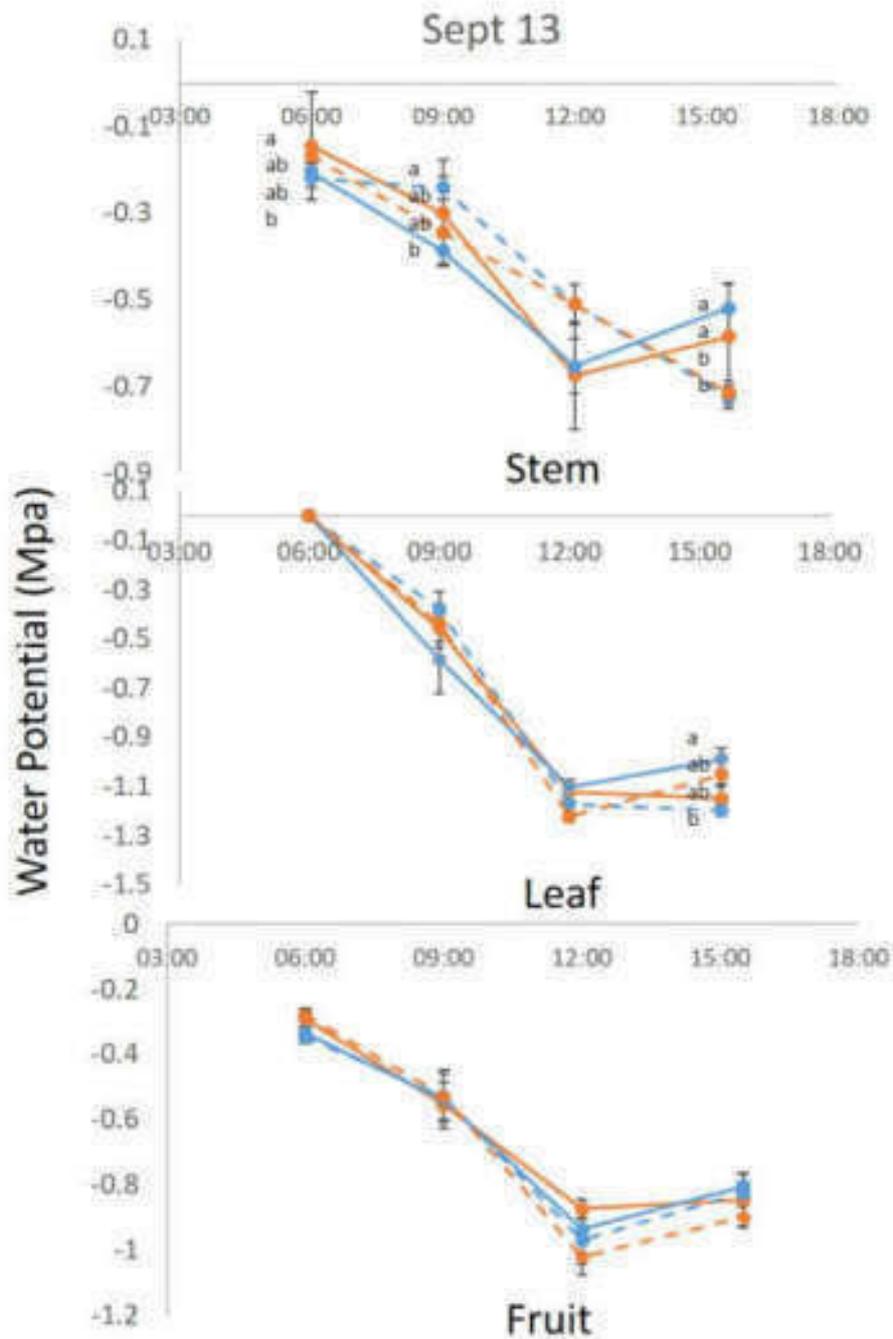


Figura 10. Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata, misurati il 13/9, corrispondente a 18 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

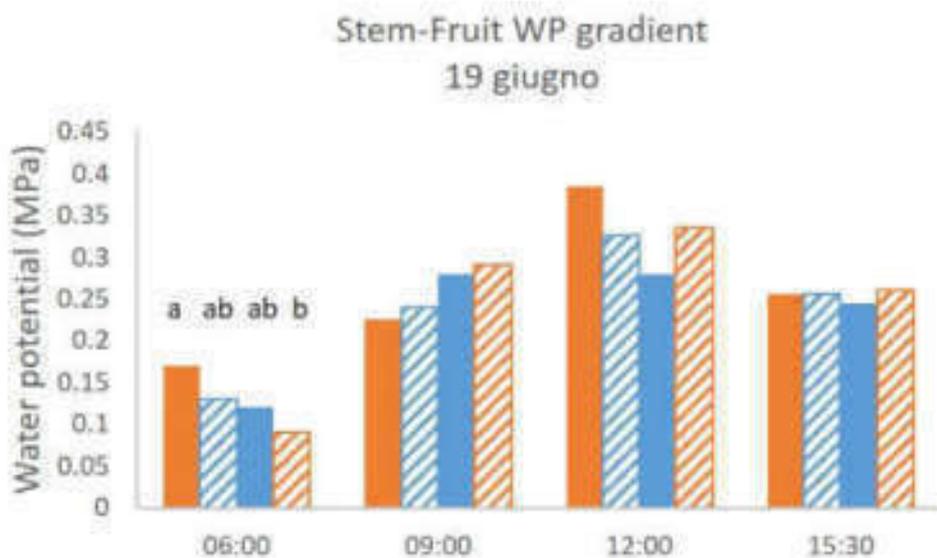


Figura 11. Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 19/6, corrispondente a 6 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

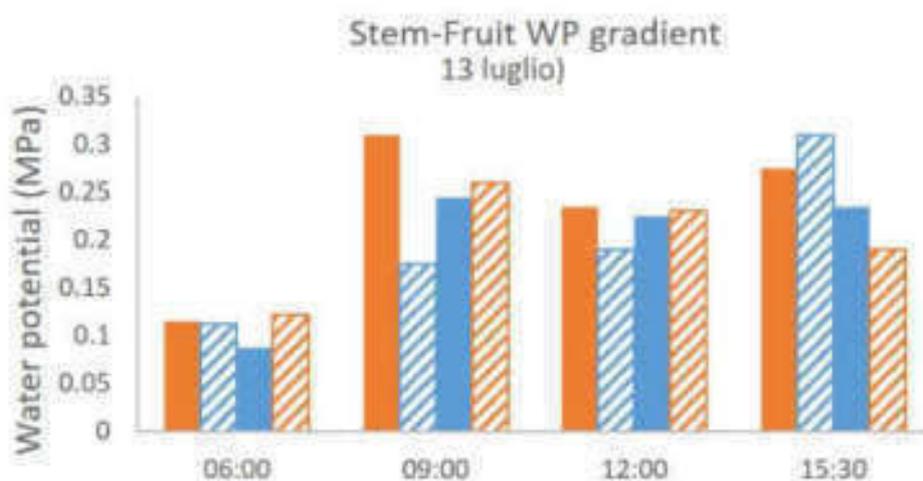


Figura 12. Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 13/7, corrispondente a 9 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

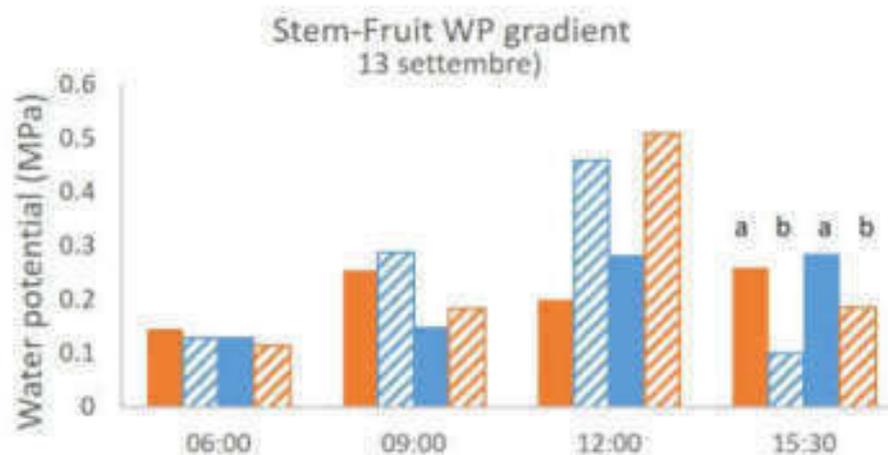


Figura 13. Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 13/9, corrispondente a 18 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

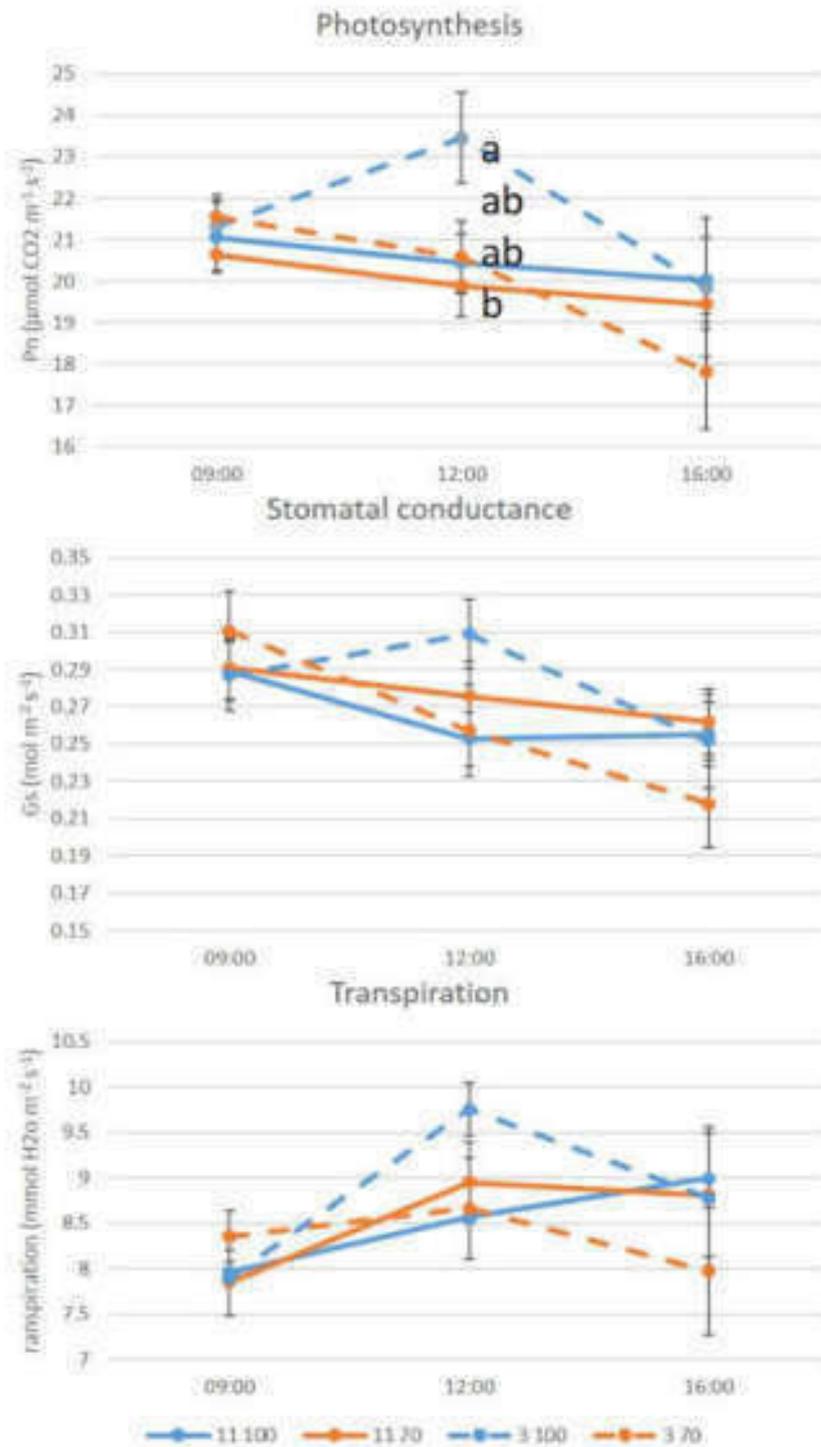


Figura 14. Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 19/6, corrispondente a 6 settimane dalla piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

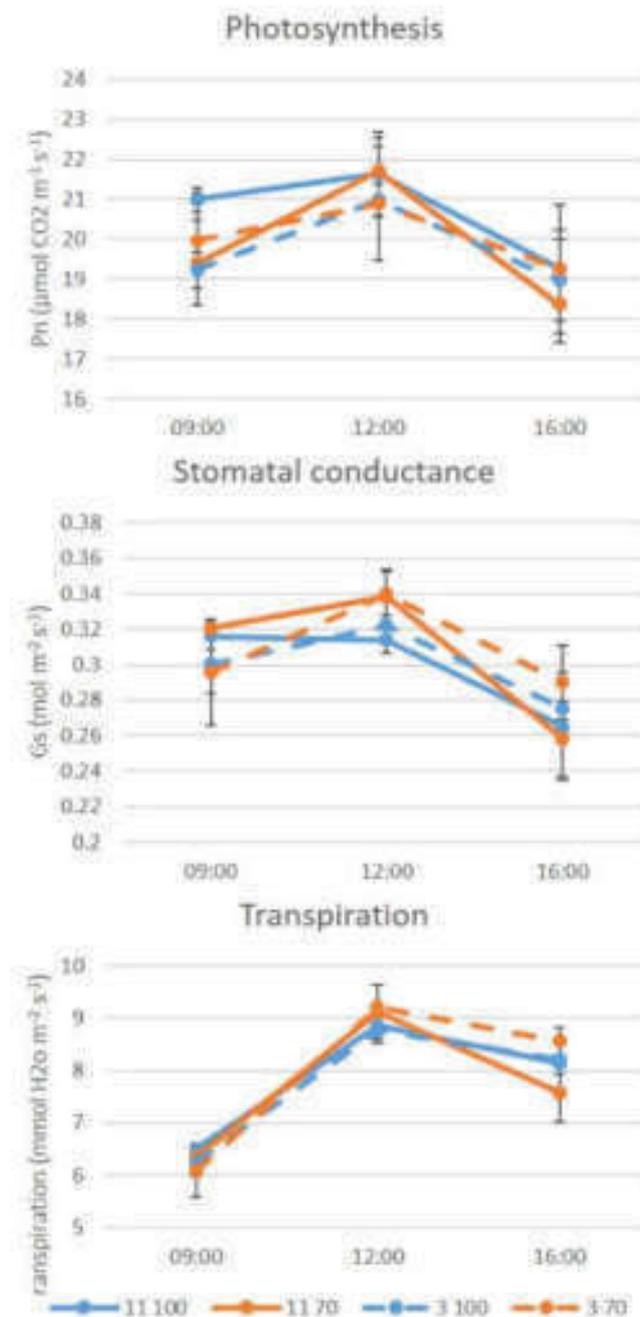


Figura 15. Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 13/7, corrispondente a 9 settimane dalla piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

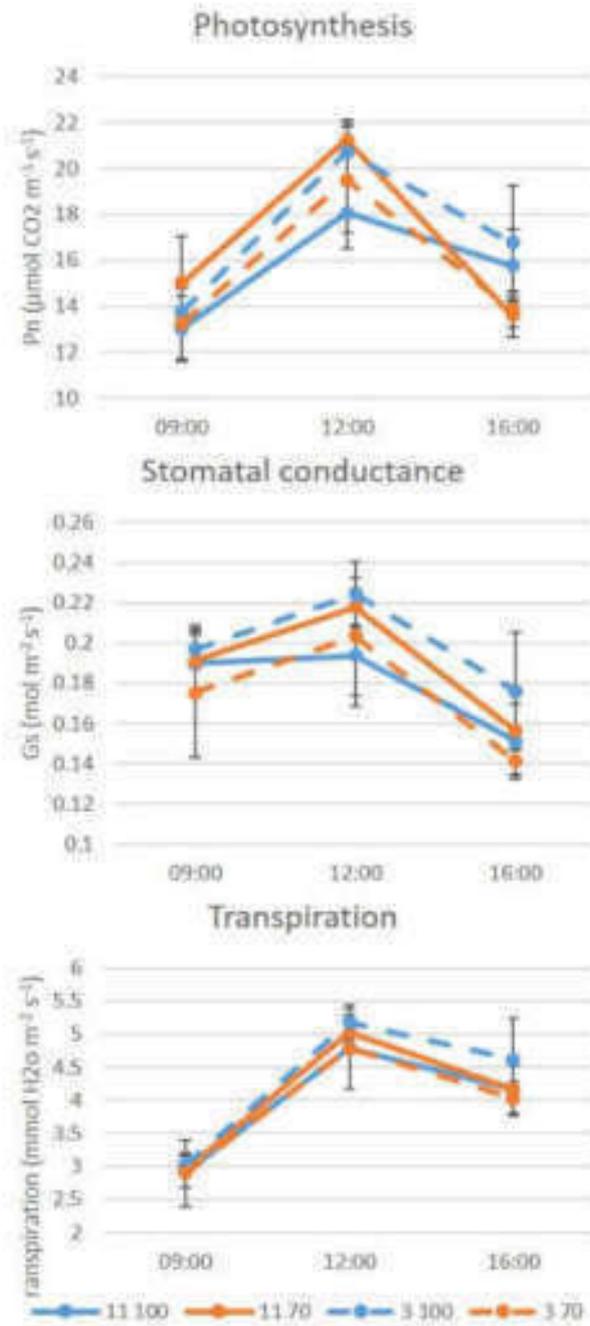


Figura 16. Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 13/9, corrispondente a 18 settimane dalla piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media (\pm ES) di 4 valori. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

ACCRESIMENTO GIORNALIERO DEI FRUTTI

Al momento è stata effettuata l'analisi di un periodo di crescita del frutto specifico, corrispondente a circa 7-8 settimane dopo la piena fioritura. Si tratta del momento di transizione tra la fase iniziale di crescita veloce ed il momento in cui il frutto rallenta la sua crescita in diametro ed in peso, senza però smettere di accumulare sostanza secca.

I dati mostrati in figura 17 mostrano come i frutti sulle piante soggette ai 4 trattamenti mostrino il tipico andamento giornaliero di crescita diametrica, caratterizzato da una crescita nelle prime ore della notte e del mattino, seguito da un periodo di restringimento durante le ore centrali della giornata. Questo restringimento del frutto è normalmente dovuto al fatto che il frutto perde acqua per traspirazione dell'epidermide ma queste perdite non sono bilanciate dai flussi vascolari verso il frutto quanto la maggior parte dell'acqua a livello di pianta viene diretta verso le foglie a causa della loro elevata conduttanza stomatica (Fig 15). Successivamente, a partire dalle 16:00-17:00, il frutto ricomincia a reidratarsi grazie al notevole calo nella conduttanza stomatica fogliare ed all'aumento del gradiente di potenziale idrico frutto-tronco che tende ad aumentare nella seconda parte della giornata (Fig 11, 12 e 13).

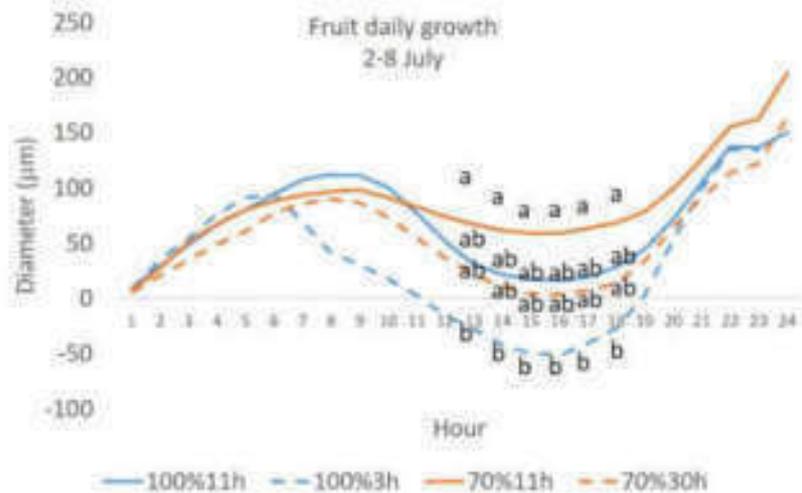


Figura 17. Andamento giornaliero della crescita diametrica del frutto di kiwi a partire dalla mezzanotte del giorno precedente, determinata mediante fruttometro per i trattamenti: 100% 11:00AM (linea blu continua), 100% - 3:00AM (linea blu tratteggiata), 70% 11:00AM (linea rossa continua), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati tra nell periodo 2-8 luglio, corrispondente a 7-8 settimane dalle piena fioritura (SPF). Ogni punto rappresenta la media oraria di almeno 4 frutti per trattamento per 7 giorni di rilievo. Per ogni momento della giornata le medie sono state separate mediante ANOVA ed i trattamenti confrontati mediante test Student Newman Keuls.

Nel periodo di riferimento, l'orario dell'irrigazione, ma non la quantità irrigua, sembrano influenzare la dinamica giornaliera di crescita del frutto, specialmente nelle ore centrali della giornata, quando il frutto risulta più disidratato a causa della suo restringimento diametrico. In particolare, i frutti su piante irrigate alle 3 del mattino sembrano subire un maggior restringimento. Questo può essere dovuto alla minor idratazione dell'albero nelle ore centrali della giornata delle piante irrigate durante la notte, rispetto a quelle irrigate nelle ore centrali

della giornata. Questa rimane tuttavia solo un'ipotesi in quanto i dati di potenziale idrico del tronco misurati qualche giorno dopo il periodo di riferimento (13 luglio) non mostrano differenze tra i trattamenti.

In sintesi, i risultati relativi alle relazioni idriche, agli scambi gassosi fogliari ed all'accrescimento dei frutti su piante di actinidia soggette a somministrazioni irrigue diverse per l'orario giornaliero e per la quantità dell'irrigazione ottenuti durante questa prima stagione di misura suggeriscono le seguenti considerazioni:

- 1) La prova è stata condotta in condizioni idriche decisamente non limitanti per la fisiologia della pianta, nonostante i deficit di pressione di vapore particolarmente elevati registrati durante la stagione vegetativa 2017.
- 2) L'irrigazione al 70% non ha mostrato effetti negativi sulle relazioni idriche e sugli scambi gassosi durante la stagione né sulla crescita del frutto a 7-8 SPF, suggerendo come sia possibile ridurre l'irrigazione di questa specie almeno del 30% rispetto a quanto suggerito, con possibili risparmi idrici ed eventuali ripercussioni positive sull'accumulo di sostanza secca nel frutto.
- 3) L'accrescimento del frutto mostra di essere influenzato dall'orario di irrigazione (ma non dalla quantità di acqua restituita) durante le ore centrali della giornata, anche se non mostra nessun effetto sulla crescita cumulata giornaliera, in quanto frutti che si restringono maggiormente, tendono anche ad idratarsi più velocemente nelle ore successive.
- 4) L'effetto dei trattamenti irrigui applicati in questa prova sui parametri fisiologici della pianta può essere stato parzialmente ridotto dall'irrigazione cimatizzante effettuata dal frutticoltore mediante sprinklers nelle ore centrali della giornata nei filari di bordo adiacenti la prova.

Questi risultati sono coerenti con i dati 2017, sia produttivi e qualitativi, rilevati alla raccolta, dove non sono emerse differenze significative tra i trattamenti.

RISULTATI 2018

Andamento meteorologico e irrigazioni

Nella figura 18 sono riportati gli andamenti giornalieri dell'evaporato di riferimento (ET_o), le precipitazioni e le irrigazioni effettuate secondo la metodologia descritta in funzione dei metodi a confronto, dalla ripresa vegetativa fino alla raccolta (dal 26 marzo fino al 24 ottobre 2018).

In tabella 6 sono invece riassunti i dati mensili delle precipitazioni, dei consumi della coltura, del deficit idrico conseguente e delle irrigazioni, distinti per metodo irriguo.

L'andamento meteorologico 2018 è stato caratterizzato da precipitazioni concentrate nei mesi primaverili, con 186.6 mm caduti nel trimestre aprile-giugno, ed in settembre-ottobre (115.8 mm), mentre nel bimestre luglio-agosto il clima è stato asciutto ma non eccessivamente caldo e, con valori di evapotraspirazione che, nella media climatologica, non hanno mai superato i 6 mm/giorno: il volume irriguo stagionale è stato di conseguenza più contenuto rispetto al 2017, pur avendo distribuito 445.7 mm in ben 127 irrigazioni, a cadenza spesso giornaliera, con volumi variabili da 0.8 a 5.5 mm per intervento.

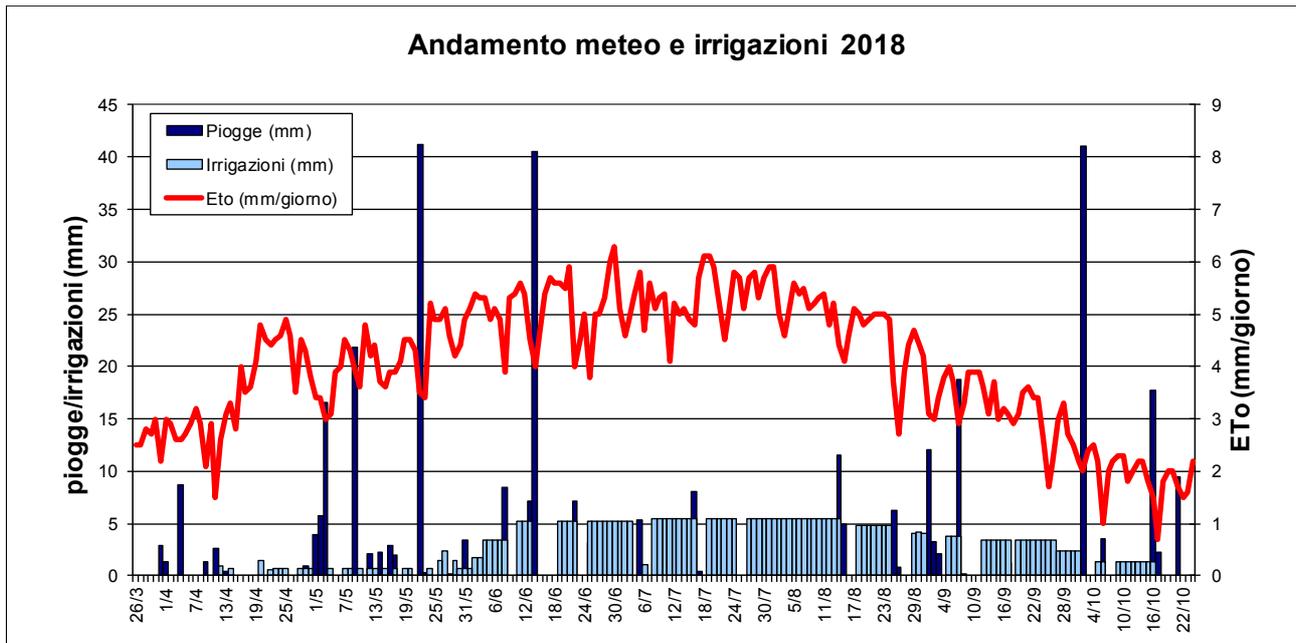


Fig. 18 – andamento meteo e irrigazioni del pero presso l'az. Giuliani nel 2018

	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	totale
piogge (mm)	2,9	15,4	102,9	68,3	29,1	24,9	38,3	77,5	359,3
Eto (mm/giorno)	2,6	3,5	4,1	5,1	5,3	4,8	3,2	1,9	Media 3,8
Ete (mm/mese) TR	8,2	71,3	104,3	148,0	164,5	148,8	96,5	46,1	787,7
deficit (mm) TR	5,3	55,9	1,4	79,7	135,4	123,9	58,2	-31,4	428,4
Irrigazione TR (mm)	0,0	8,2	15,4	88,7	125,9	122,5	69,1	15,8	445,7

Tab. 6 – andamento meteo e irrigazioni mensili per il pero presso l'az. Giuliani nel 2018

Nella figura 19 è invece riportato l'andamento dell'umidità del terreno, nel corso della stagione, conseguente alle piogge e alle irrigazioni: tutti i valori sono espressi in mm di acqua presenti nello strato interessato dall'apparato radicale. Il modello IRRINET calcola il bilancio idrico su uno strato utile di terreno di 500 mm (50 cm), ed è stato impostato per mantenere una umidità del suolo compresa tra il 55 e il 65% dell'Acqua Disponibile (linee arancioni e azzurre) nel caso della microirrigazione, in modo garantire un turno irriguo giornaliero con volumi ridotti da distribuire.

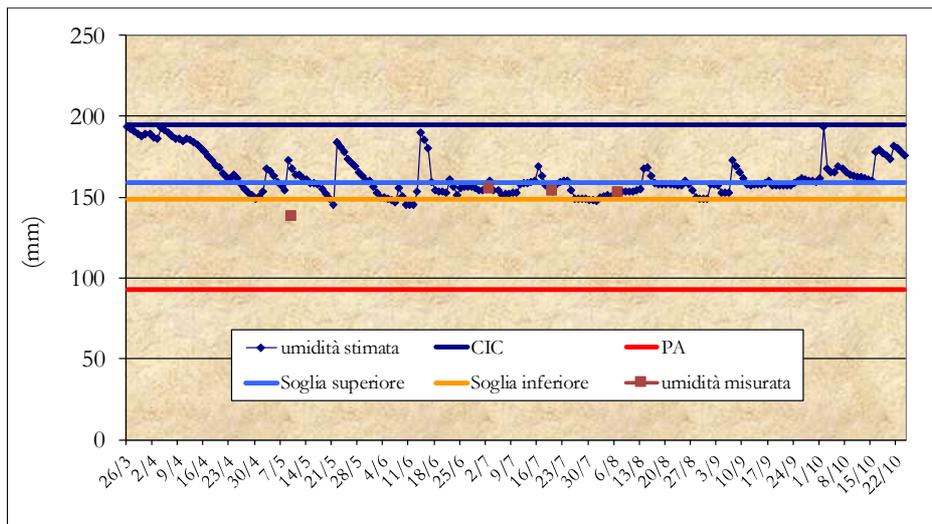


Fig. 19 – andamento dell'umidità del terreno in prova nel 2018

Si è partiti da una condizione di umidità del terreno prossima alla capacità di campo in marzo per poi iniziare le irrigazioni da fine aprile: l'umidità si è mantenuta costantemente entro le soglie previste da Irrinet da giugno fino quasi alla raccolta del 24 ottobre. Unica eccezione in corrispondenza delle precipitazioni primaverili e dei primi di ottobre in cui è piovuto in maniera consistente portando l'umidità a valori superiori.

I frequenti campioni gravimetrici effettuati durante la stagione (i punti marroni del grafico) hanno evidenziato una ottima corrispondenza tra umidità misurata e quella stimata dal modello di bilancio idrico.

Nei grafici 20 e 21 sono invece riportati gli andamenti orari dell'umidità del terreno rilevati dai sensori FDR alle due profondità (25 e 45 cm) nei diversi trattamenti.

L'umidità è rimasta abbastanza costante per tutto il periodo estivo, mediamente intorno al 25-30%, sia a 25 cm che più in profondità a 45 cm, per effetto delle irrigazioni giornaliere, valore corrispondente al 30-50% dell'acqua disponibile, in linea con il bilancio idrico di Irrinet; non si rilevano differenze tra le tesi irrigate al 70 e la 100% dei consumi stimati, a dimostrazione di una certa sovrastima dei consumi degli attuali coefficienti colturali adottati da Irrinet.

Anche il grafico della tensione dell'acqua nel terreno (fig. 22) non mostra variazioni di rilievo tra la piena restituzione dei consumi e il 70% dalla metà di giugno, quando si sono iniziate le irrigazioni con regolarità: i valori di tensione rimangono sempre compresi tra 0 e 20 cbar, corrispondenti a situazioni di terreno molto bagnato, anche nei trattamenti al 70% di restituzione dei consumi, ad indicare consumi di lusso da parte della coltura.

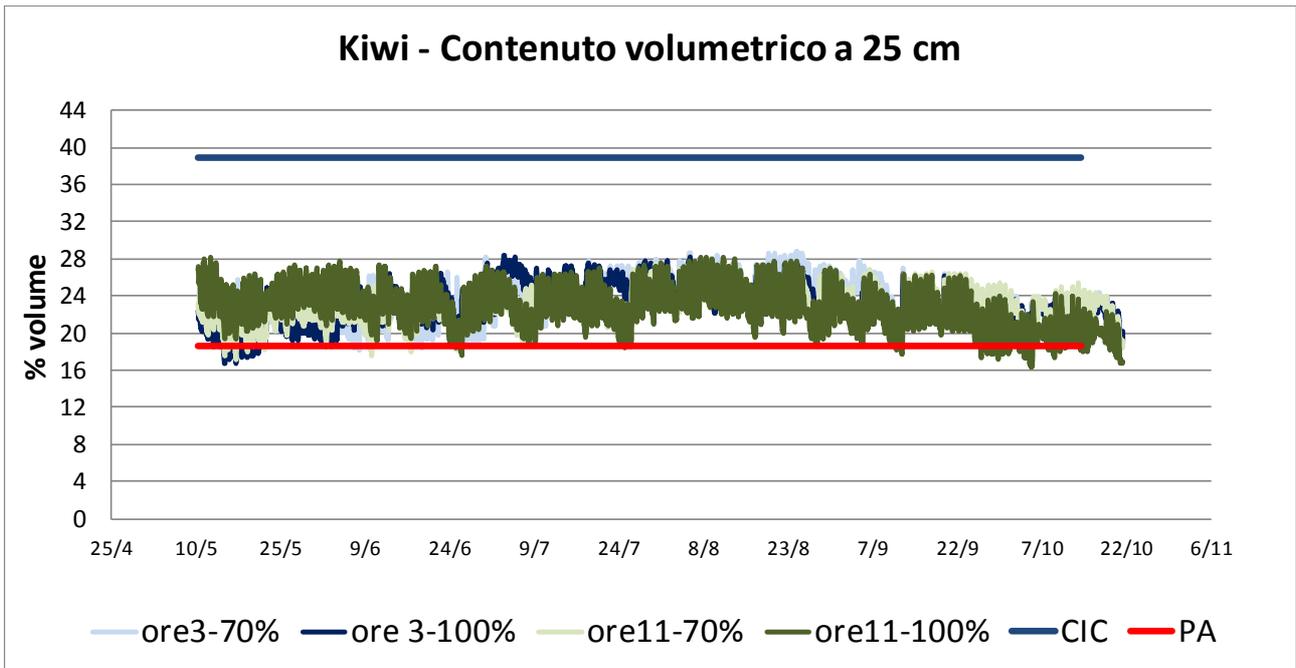


Fig. 20 – Kiwi: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 25 cm di profondità

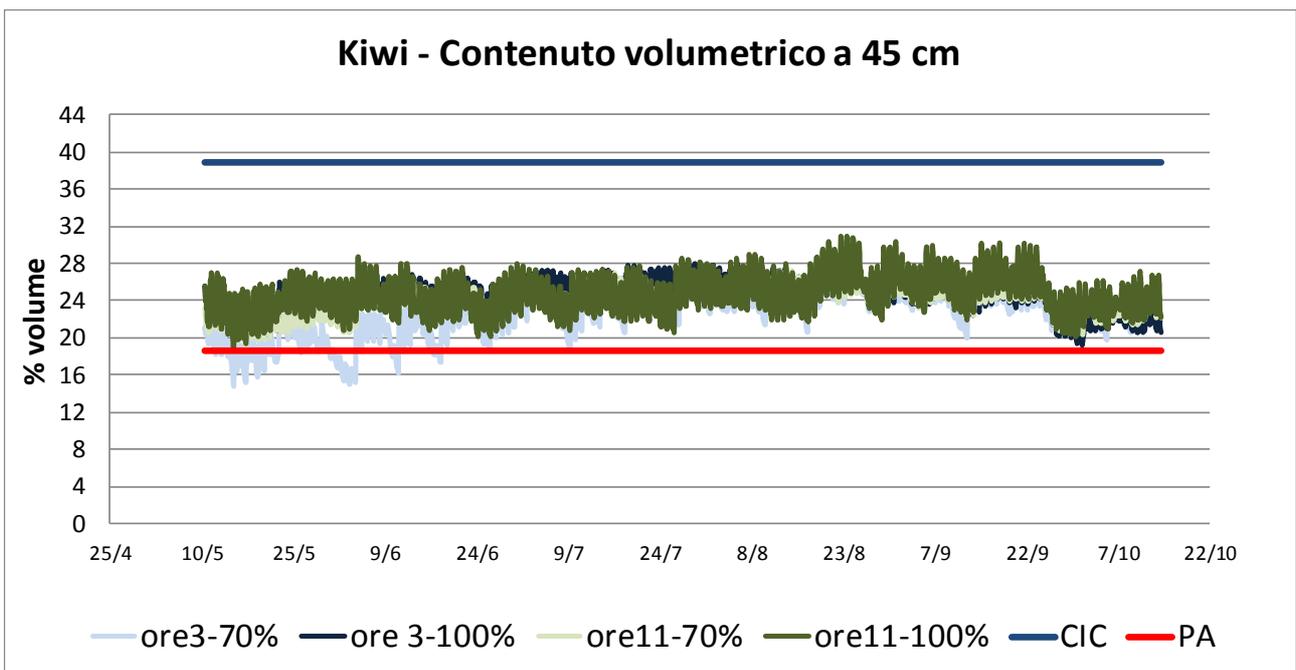


Fig. 21 – Kiwi: umidità del terreno misurata con i sensori FDR a 45 cm di profondità

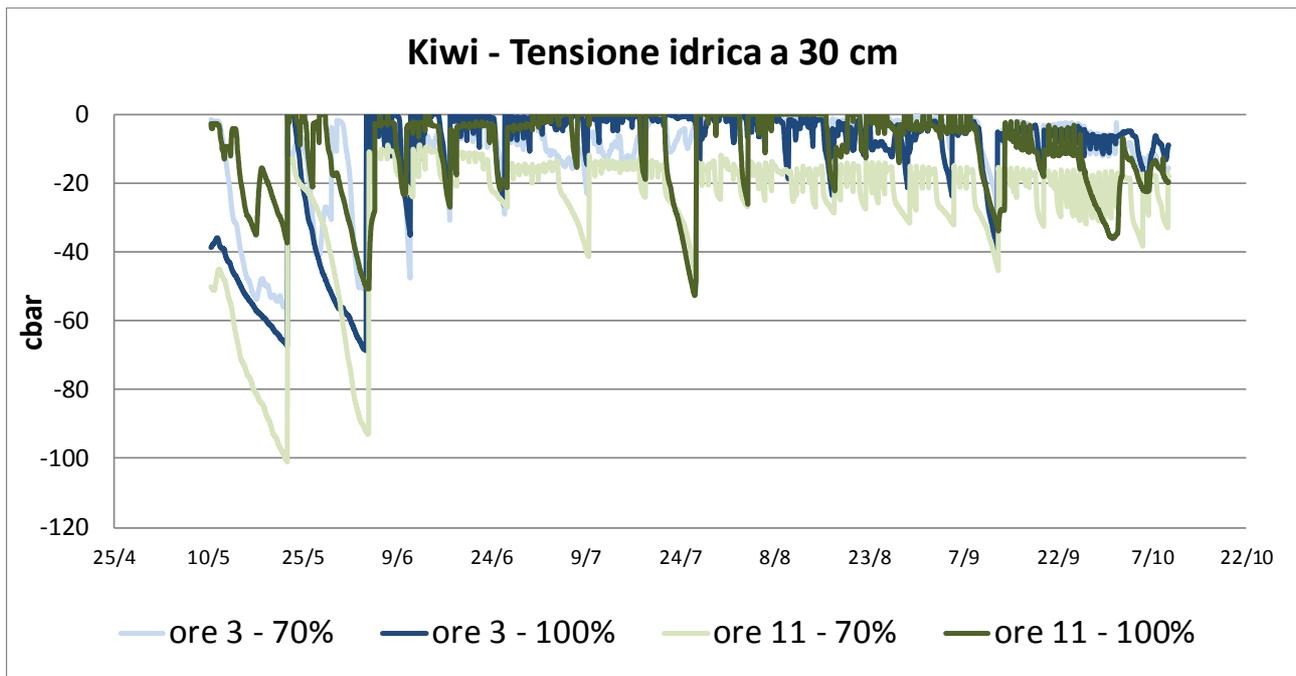


Fig. 22 – Kiwi: tensione del terreno misurata con i watermark a 30 cm di profondità

Se guardiamo invece l'andamento della tensione del terreno all'interno di una settimana tipo in settembre, indisturbato dalle precipitazioni, in cui sono stati distribuiti giornalmente 3.5 mm in 3 ore, si vede bene come cambia il picco del contenuto idrico nel corso della giornata in funzione dello sfasamento dell'orario di avvio delle irrigazioni (fig. 23): la minor tensione (terreno più bagnato) si ottiene alla 6 del mattino nella tesi con start alle 3 di notte, e intorno alle 14 per la tesi con partenza alle 11 del mattino.

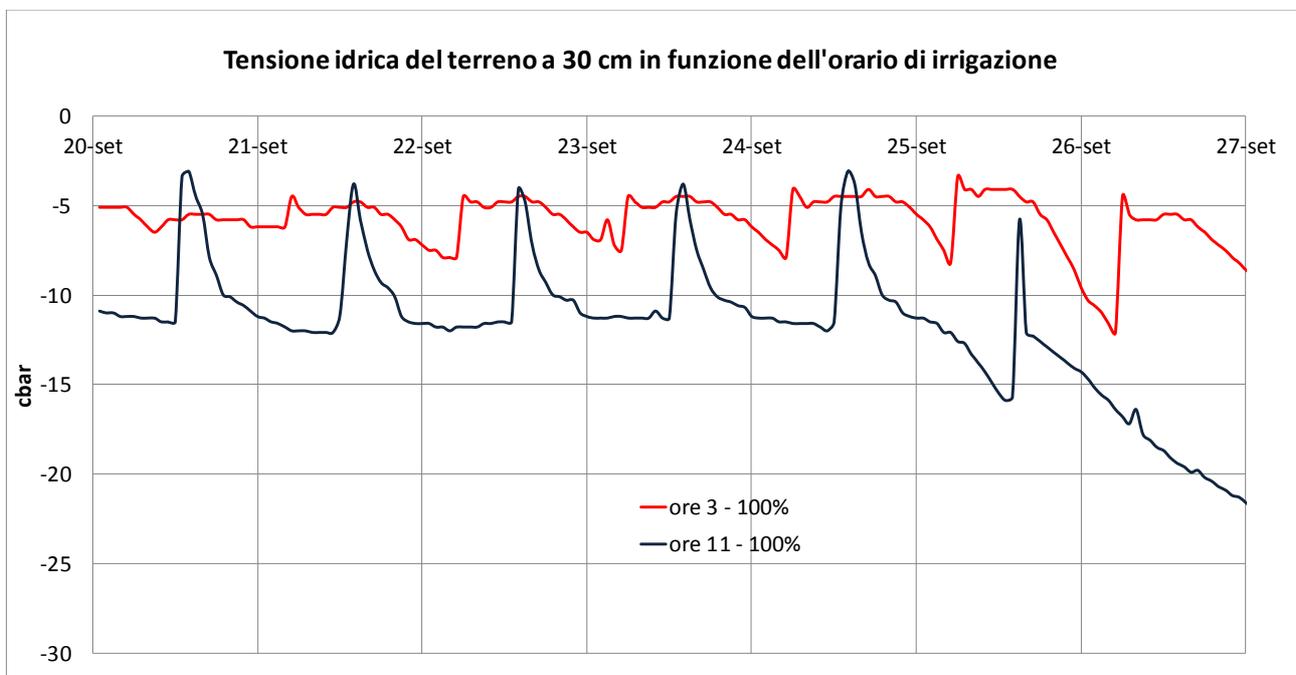
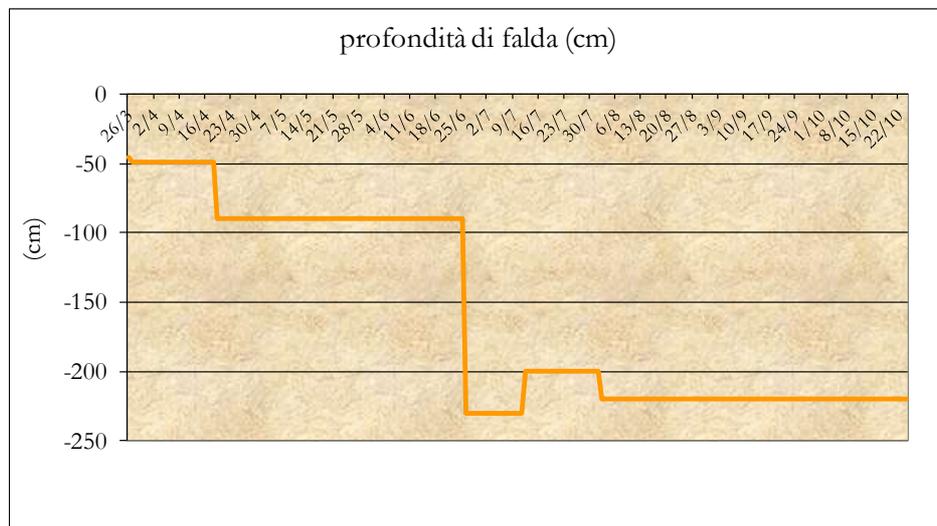


Fig. 23: andamento della tensione del terreno in funzione dell'orario di avvio delle irrigazioni

In figura 24 è infine riportato l'andamento della falda ipodermica rilevata dalla stazione di piezometri presenti in azienda: in seguito alle precipitazioni invernali e primaverili la falda è partita da 50 cm dal piano di campagna alla ripresa vegetativa, per scendere poi progressivamente fino a oltre due metri, diventando influente ai fini del bilancio idrico dalla fine di giugno in avanti.



I dati produttivi del biennio suggeriscono di introdurre una riduzione dei Kc dell'actinidia nei parametri di Irrinet.

Replica	TESI	produzione totale (q/ha)	prod.comm. >65 gr. (%)	prod.comm. >65 gr. (q/ha)	peso medio (gr)	n. frutti/pianta	P+I (mm)	WUE (g/l)
1	h11 70%	232,40	99,61	231,49	106,85	248,57	671,3	3,46
1	h3 100%	273,61	100,00	273,61	106,86	292,62	805,0	3,399
1	h3 70%	280,18	100,00	280,18	106,88	299,59	671,3	4,174
1	h11 100%	252,49	97,19	245,38	99,09	291,20	805,0	3,136
2	h3 100%	263,20	99,06	260,72	105,30	285,67	805,0	3,269
2	h3 70%	185,24	99,74	184,75	118,75	178,27	671,3	2,759
2	h11 100%	229,43	100,00	229,43	109,49	239,48	805,0	2,850
2	h11 70%	224,96	100,00	224,96	110,66	232,34	671,3	3,351
3	h3 70%	226,63	100,00	226,63	108,35	239,05	671,3	3,376
3	h3 100%	222,60	99,67	221,86	115,15	220,92	805,0	2,765
3	h11 70%	196,70	99,59	195,90	103,45	217,30	671,3	2,930
3	h11 100%	292,60	94,56	276,68	86,78	385,35	805,0	3,635
4	h3 100%	231,00	99,61	230,11	103,11	256,03	805,0	2,869
4	h11 70%	305,74	98,54	301,27	107,57	324,82	671,3	4,554
4	h11 100%	224,09	97,31	218,06	100,93	253,75	805,0	2,784
4	h3 70%	293,39	99,30	291,34	113,67	294,98	671,3	4,370
MEDIE								
h11 100%		249,649	97,264 b	242,39	99,07 b	292,44	805,0	3,101
h11 70%		239,949	99,435 a	238,40	107,13 a	255,76	671,3	3,574
h3 100%		247,603	99,584 a	246,57	107,61 a	263,81	805,0	3,076
h3 70%		246,356	99,760 a	245,72	111,91 a	252,97	671,3	3,670

Tab. 7 – dati produttivi completi 2018

La ripartizione % per classi di peso dei frutti è riportata in tabella 8. Non si rilevano differenze statisticamente significative neanche nella pezzatura dei frutti, che non ha risentito né della parziale riduzione dei volumi irrigui, né dell'orario di avvio delle irrigazioni.

Replica	TESI	Sotto misura <60 gr.	60-65 gr.	65-70 gr.	70-75 gr.	75-85 gr.	85-95 gr.	95-105 gr.	105-115 gr.	115-125 gr.	125-150 gr.	+150 gr.
1	h11 70%	0,00	0,39	0,92	2,36	9,03	11,39	15,77	13,68	21,27	24,21	0,98
1	h3 100%	0,00	0,00	0,48	1,50	3,96	11,13	18,99	32,99	15,51	14,34	1,09
1	h3 70%	0,00	0,00	0,00	0,00	5,91	17,58	21,17	21,10	14,20	17,78	2,26
1	h11 100%	1,28	1,53	0,80	1,35	12,66	13,27	22,51	16,76	17,68	12,17	0,00
2	h3 100%	0,13	0,82	0,44	0,44	6,04	10,31	22,64	24,21	25,53	8,43	1,01
2	h3 70%	0,26	0,00	0,00	1,45	1,58	6,51	11,84	17,37	12,43	34,21	14,34
2	h11 100%	0,00	0,00	0,47	1,47	2,73	8,40	22,67	24,13	16,87	23,27	0,00
2	h11 70%	0,00	0,00	0,00	0,99	4,29	9,63	16,09	24,60	23,09	20,32	0,99
3	h3 70%	0,00	0,00	0,00	1,04	8,47	9,37	13,95	23,59	24,15	19,43	0,00
3	h3 100%	0,33	0,00	0,00	0,00	2,74	3,67	12,83	27,99	22,38	26,99	3,07
3	h11 70%	0,41	0,00	0,00	1,02	4,36	19,13	30,09	21,78	9,73	12,39	1,09
3	h11 100%	1,79	3,65	6,91	9,22	23,11	19,01	14,60	10,50	6,85	4,35	0,00
4	h3 100%	0,00	0,39	0,00	3,21	8,29	14,00	17,92	23,83	22,22	10,15	0,00
4	h11 70%	1,06	0,40	1,39	0,46	2,79	9,03	16,14	31,61	21,45	15,67	0,00
4	h11 100%	1,05	1,64	1,31	4,27	6,96	16,14	20,60	17,91	14,04	14,11	1,97
4	h3 70%	0,32	0,38	0,44	1,84	2,03	4,62	10,25	22,22	27,28	28,67	1,96
MEDIE												
h11 100%		1,032 a	1,705 a	2,372	4,074	11,365	14,207	20,094	17,326	13,859	13,475	0,492
h11 70%		0,368 ab	0,198 b	0,578	1,208	5,116	12,294	19,523	22,918	18,885	18,148	0,765
h3 100%		0,115 b	0,301 b	0,230	1,289	5,256	9,781	18,094	27,256	21,410	14,977	1,293
h3 70%		0,145 b	0,095 b	0,111	1,081	4,494	9,522	14,303	21,070	19,516	25,024	4,640

Tab. 8 – ripartizione percentuale per classi di peso

Solo la tesi ore 11-100% ha mostrato un maggior percentuale di frutti di scarto, sottomisura e < di 65 grammi ($p < 0.10$), a conferma del peso medio inferiore.

La tesi ore 11-100% mostra anche un minor tenore di sostanza secca (n.s.) e una minor durezza ($p < 0.05$), mentre non si registrano differenze di rilievo tra i trattamenti per quanto riguarda il °brix (tab. 9).

trattamenti	Sost.secca %	DUREZZA	° BRIX
h11 100%	14,832	6,609 b	9,008
h11 70%	15,569	7,432 a	9,438
h3 100%	15,268	7,056 ab	9,320
h3 70%	15,623	7,076 ab	9,273

Tab. 9 – qualità dei frutti

Rilievi fisiologici sulla vegetazione - 2018

Prima giornata di rilievo: 03 Luglio (40° GPF).

Potenziali idrici

I dati di potenziali idrico (ψ) della foglia e del tronco e del frutto riportati nella figura 25 al 40° GPF mostrano un andamento giornaliero simile per tutti i trattamenti. Infatti, all'alba i due organi sono in equilibrio tra loro in seguito alla reidratazione che avviene durante la notte e quindi il potenziale idrico di entrambi ha valori poco negativi. Durante le ore centrali della giornata il potenziale idrico diminuisce, soprattutto per le foglie, a causa dell'aumento della temperatura e quindi del VPD. Questo andamento è tipico anche di altre specie come ad esempio il pesco (Morandi et al. 2007). Analizzando in dettaglio i grafici (fig. 25) si nota che non ci sono molte differenze tra le piante soggette a diverso regime irriguo nell'arco di tutta la giornata, presentando un andamento praticamente simile.

La direzione del flusso xilematico verso i frutti o le foglie dipende dal gradiente di potenziale idrico fra il tronco e questi organi. Quando la foglia chiude gli stomi, la traspirazione diminuisce. I frutti presentano un maggiore gradiente di potenziale idrico con il tronco rispetto alle foglie, ciò si verifica particolarmente nell'actinidia dove nelle prime fasi di crescita, il frutto perde parecchia acqua per traspirazione e quindi abbassa molto il proprio potenziale idrico. Durante le ore del giorno si assiste quindi ad una competizione fra questi organi per il richiamo di acqua e sostanze nutritive dal sistema vascolare della pianta. In figura 26, si può osservare soprattutto al pomeriggio come nel regime 100% h 11 il gradiente di potenziale idrico tra tronco e frutto è maggiore rispetto a tutti gli altri trattamenti, con valori maggiori di 0,2 MPa, di conseguenza i frutti stanno richiamando molta acqua a testimonianza di una grande disponibilità all'interno del tronco. Anche in questo caso, non si notano però differenze tra trattamenti indicando una condizione di buona disponibilità idrica per tutte le condizioni monitorate. Ciò è facilmente attribuibile alle frequenti piogge del periodo precedente la misura e dai valori di VPD atmosferico non particolarmente elevati.

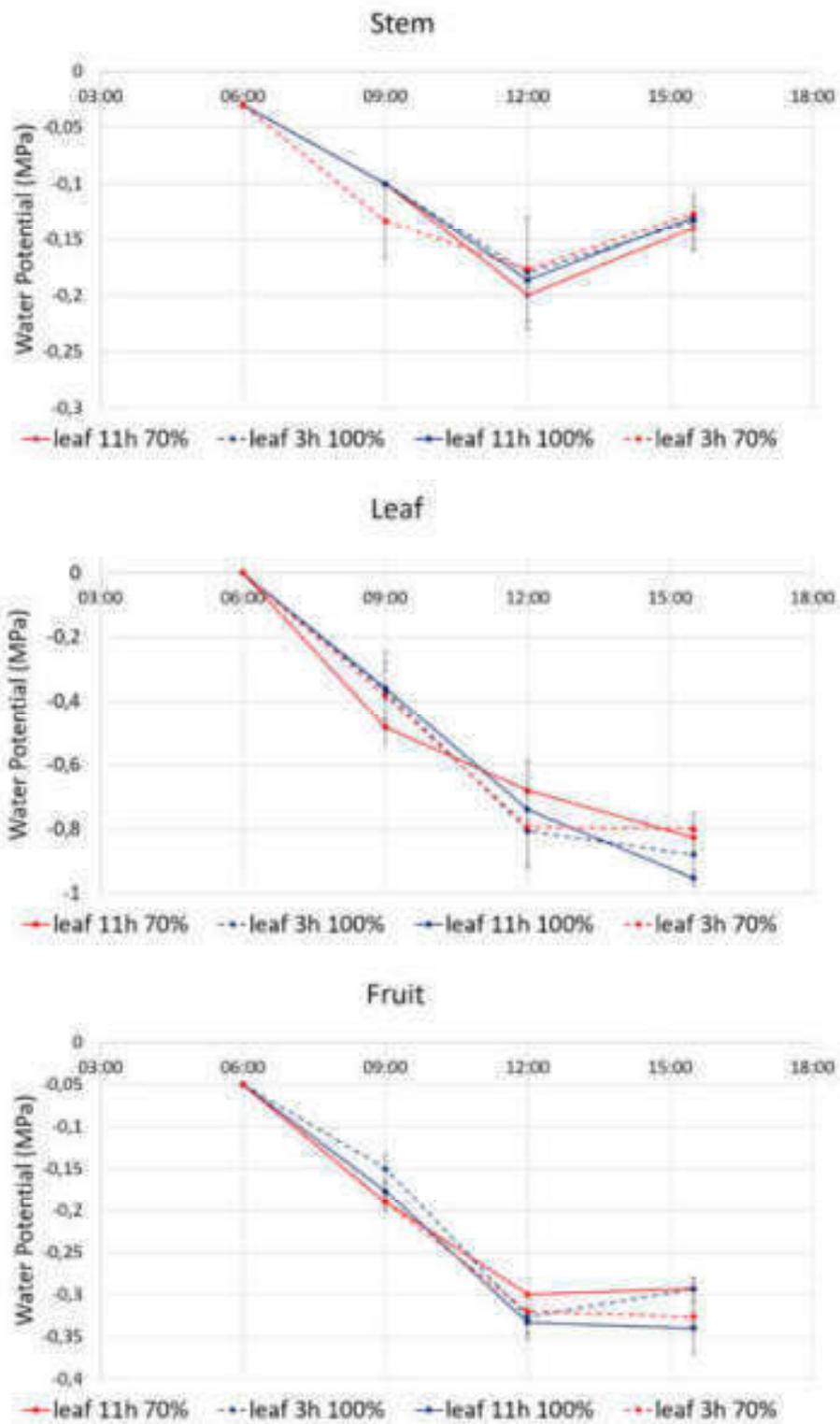


Figura 1 - Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio, corrispondente a 7 settimane dalla piena fioritura (SPF).

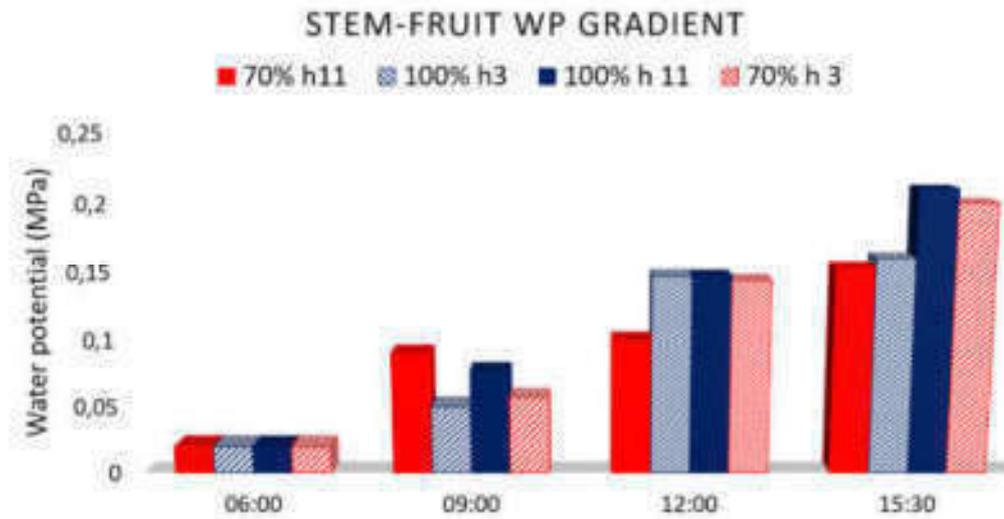


Figura 2 - Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio corrispondente a 7 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Scambi gassosi fogliari

I tassi fotosintetici rilevati alla 7° SDF (fig.27.1) per la maggior parte dei trattamenti, mostrano un trend di crescita con un picco raggiunto nelle ore centrali del giorno (ore 13:00) in corrispondenza dell'aumento di PAR (radiazione fotosinteticamente attiva), In particolare, il trattamento con un regime di acqua al 70% e con un'irrigazione a partire dalle 11 appare differente. Infatti, ciò è testimoniato dal fatto che raggiunge il picco di efficienza nelle ore pomeridiane, probabilmente in seguito ad un leggero stress durante le ore centrali della giornata, seguito dalla reidratazione della pianta. Il massimo tasso di assimilazione per i restanti trattamenti è raggiunto già nelle ore centrali della giornata con valori intorno a $23 \mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ rimanendo costante, mentre il regime 70% h11 raggiunge il picco massimo nel pomeriggio con un valore massimo di $21 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

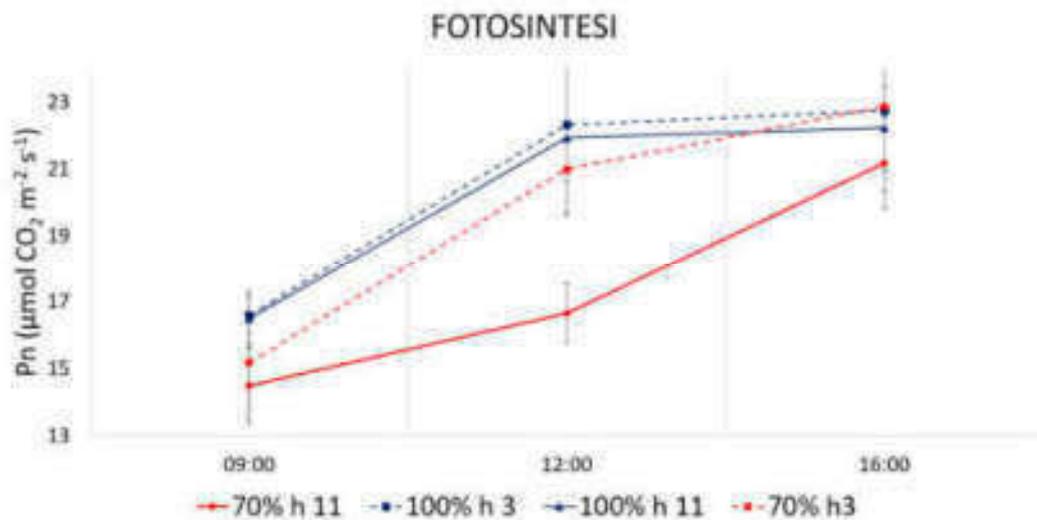


Figura 3.1 Andamento giornaliero della fotosintesi fogliare per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio, corrispondente a 7 settimane dalle piena fioritura (SPF).

La conduttanza stomatica indica il grado di apertura degli stomi ed è quindi in relazione con i processi fisiologici di traspirazione (perdita di acqua per evaporazione) e di fotosintesi (fissazione dell'anidride carbonica). Osservando la figura 27.2, si nota come il trend riscontrato nella fotosintesi sia confermato e la conduttanza stomatica risulti essere inferiore al mattino per il trattamento con regime di acqua 70% h11, risultando limitante nei confronti della fotosintesi. A partire dalle ore 12:00 l'andamento rimane costante per tutti i trattamenti in quanto la pianta riduce l'apertura stomatica per evitare un'eccessiva perdita di acqua per traspirazione. Nel pomeriggio si osserva un calo di conduttanza per tutti i trattamenti ad eccezione del regime 70% h11, ciò può essere testimoniato dal fatto che la pianta riesca a compensare gli scompensi, con l'irrigazione nelle ore centrali del giorno. Confrontando tutti i trattamenti, la conduttanza stomatica nell'arco della giornata risulta essere significativamente maggiore per i trattamenti 100%. I dati supportano il fatto che il regime con minor apporto idrico presenti meno efficienza, soprattutto alle ore 12 quando i valori non superano $0,21 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ contro i $0,31 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ degli altri trattamenti (fig.27.2).

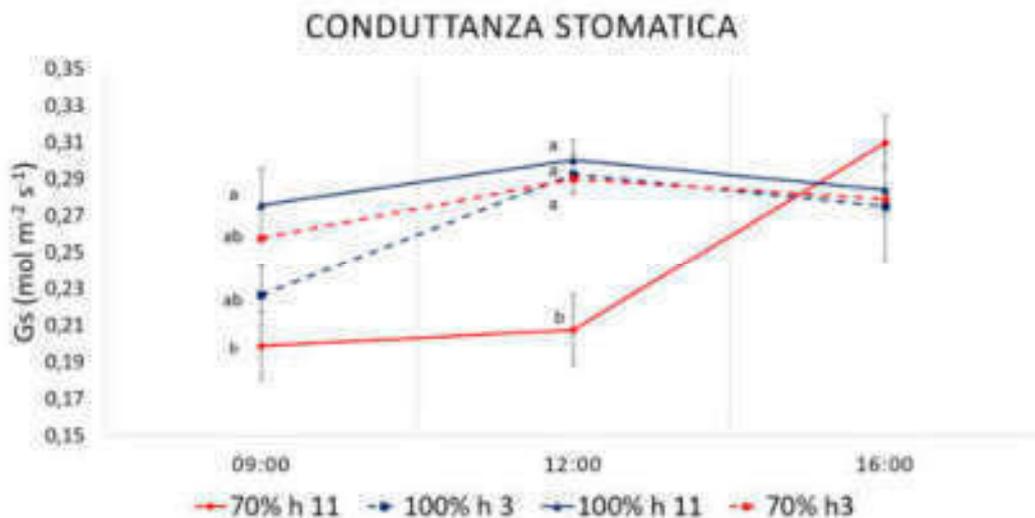


Figura 27.2 Andamento giornaliero della conduttanza stomatica per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio, corrispondente a 7 settimane dalla piena fioritura (SPF).

La traspirazione consiste in un flusso di vapore d'acqua dalle foglie all'atmosfera, che avviene attraverso gli stomi, per diffusione, ed è controllato da un gradiente di concentrazione del vapore acqueo fra l'aria nella camera sottostomatica e l'aria esterna. All'aumentare della temperatura aumenta il tasso di traspirazione, quindi la radiazione e la temperatura della foglia sono fattori determinanti nella velocità della traspirazione. La figura mostra un tasso di traspirazione più elevato al pomeriggio e minore al mattino e mostra una differenza significativa tra i trattamenti: infatti, in figura 27.3, nelle ore centrali della giornata, si osserva come il trattamento 70% h11 presenti un valore di $5 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, rispetto a valori di $7 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, raggiungendo un valore pressoché simile verso il pomeriggio. Dall'analisi dei dati si suppone come la conduttanza stomatica influisca sia sulla traspirazione che sulla fotosintesi anche se la differenza di quest'ultima non risulta essere significativamente maggiore. Dai dati emersi e in base allo stadio fenologico della pianta con il frutto ancora caratterizzato da una crescita relativamente elevata, il trattamento 70% h11 presuppone un quadro di minor efficienza e reattività ritardata nelle ore più critiche della giornata, almeno in questa fase di crescita.

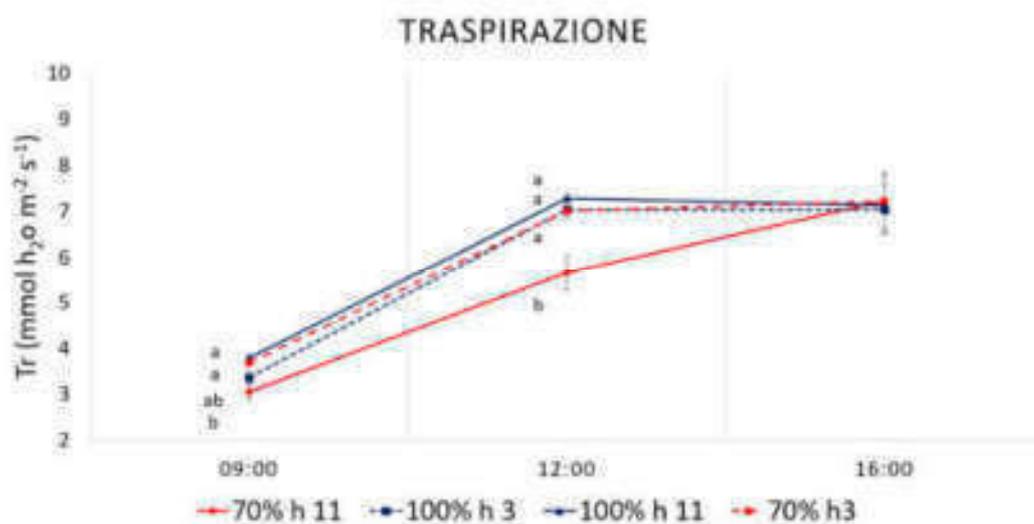


Figura 27.3 Andamento giornaliero della traspirazione fogliare per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio, corrispondente a 7 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Crescita dei frutti

L'andamento della crescita giornaliera del frutto viene espressa in peso (g). Osservando la figura 28 riferita al 40° GPF la crescita è costante per quasi tutti i trattamenti fuorché il regime al 70% h3 che presenta una curva decisamente diversa. La crescita media di quest'ultimo trattamento presenta un picco massimo di 1,1 g alle 15:00 contro gli altri trattamenti che si assestano ad un massimo di 0,3 g.

L'AGR rappresenta il tasso di crescita assoluto di un organo e quindi la sua velocità di crescita. Nella figura 28 si osserva l'andamento giornaliero dell'AGR del frutto. In particolare, si può osservare come il regime 70% h3 presenti similmente al grafico della crescita in peso, una crescita altalenante e discostata rispetto agli altri trattamenti, con un picco di crescita raggiunto nelle ore centrali della giornata significativamente più elevato rispetto agli altri trattamenti. Allo stesso modo si nota una significativa differenza per il regime 100% h 3 che presenta anche un picco negativo nelle ore centrali di giornata. Dai dati emersi si nota quindi una prima differenza nel periodo ancora di pieno sviluppo del frutto (7°SPF) tra i timing di irrigazione.

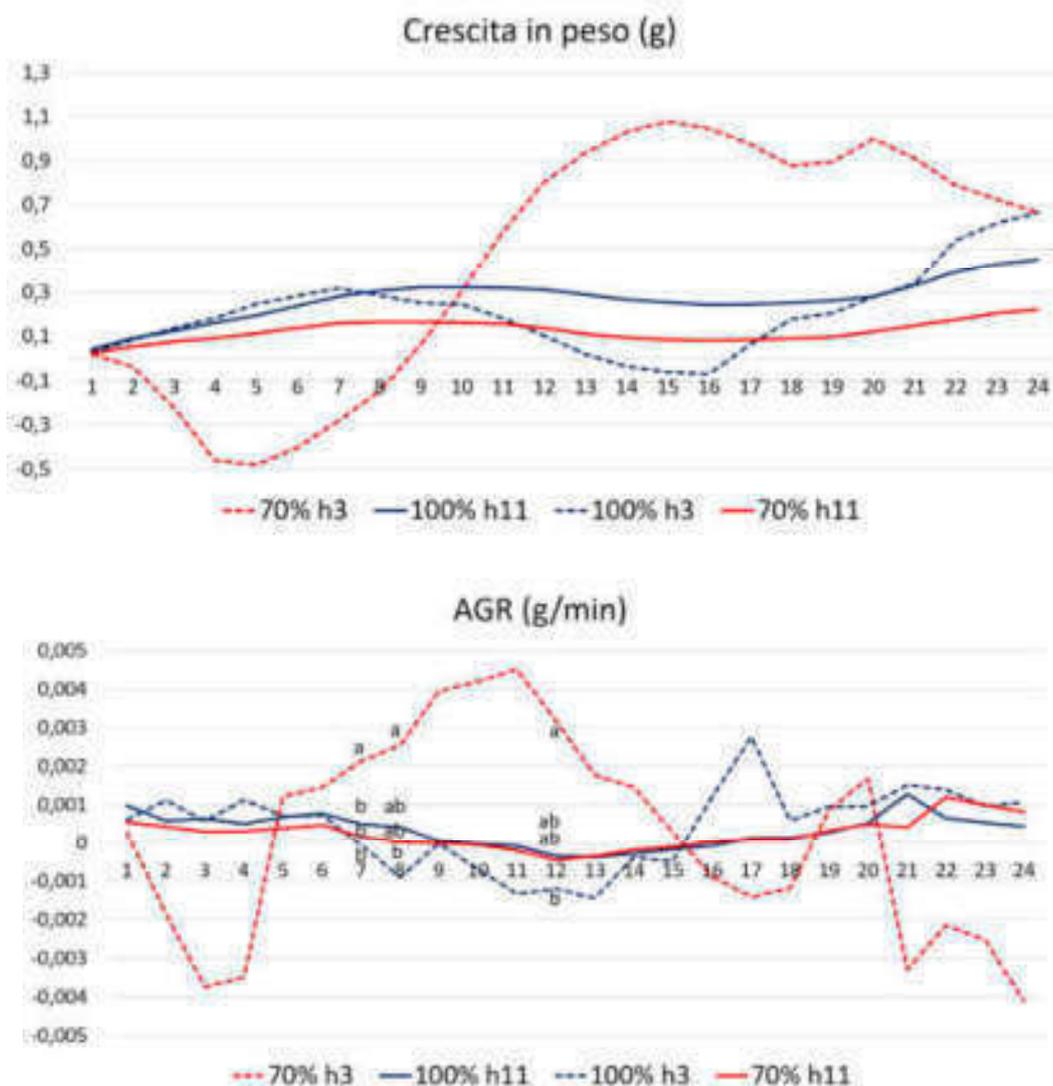


Figura 28 Andamento giornaliero della crescita in peso dei frutti e del tasso di crescita (agr) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 03 Luglio, corrispondente a 7 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Seconda giornata di rilievo: 20 Luglio

Potenziali idrici

Osservando la figura 29 si nota come l'andamento giornaliero dei potenziali idrici di tronco, foglie e frutto a 9 SPF risulti essere circa uguale per tutti i trattamenti mostrati già a 7 SPF, indicando come né il livello né l'orario di irrigazione abbiano minimamente influenzato le relazioni idriche della pianta. Come per la data precedente questo mancato effetto è da attribuirsi alle frequenti piogge avvenute nel periodo precedente, che hanno caratterizzato la maggior parte dell'estate 2018. Da questi dati si può quindi affermare come in ogni trattamento la disponibilità di acqua sia garantita, soprattutto nelle ore centrali quando la richiesta di acqua dalle radici è elevata. Come già delineato precedentemente, il flusso xilematico verso i frutti o le foglie dipende dal gradiente di potenziale idrico fra il tronco e questi organi. Quando la foglia chiude gli stomi, la traspirazione diminuisce, i frutti presentano un maggiore gradiente di potenziale idrico con il tronco rispetto alle foglie, ciò si verifica particolarmente nell'actinidia dove nelle prime fasi di crescita del frutto perde parecchia acqua per traspirazione. La figura 30 mostra come a 9 SPF il maggior gradiente tronco-frutto appaia nel mezzogiorno, periodo in cui i valori di potenziale idrico del frutto sono minimi (fig 29). Tuttavia, nessuna differenza viene riscontrata tra trattamenti, indicando una disponibilità idrica più che sufficiente anche nei trattamenti 70% e quindi la possibilità di ridurre l'apporto idrico anche del 30%.

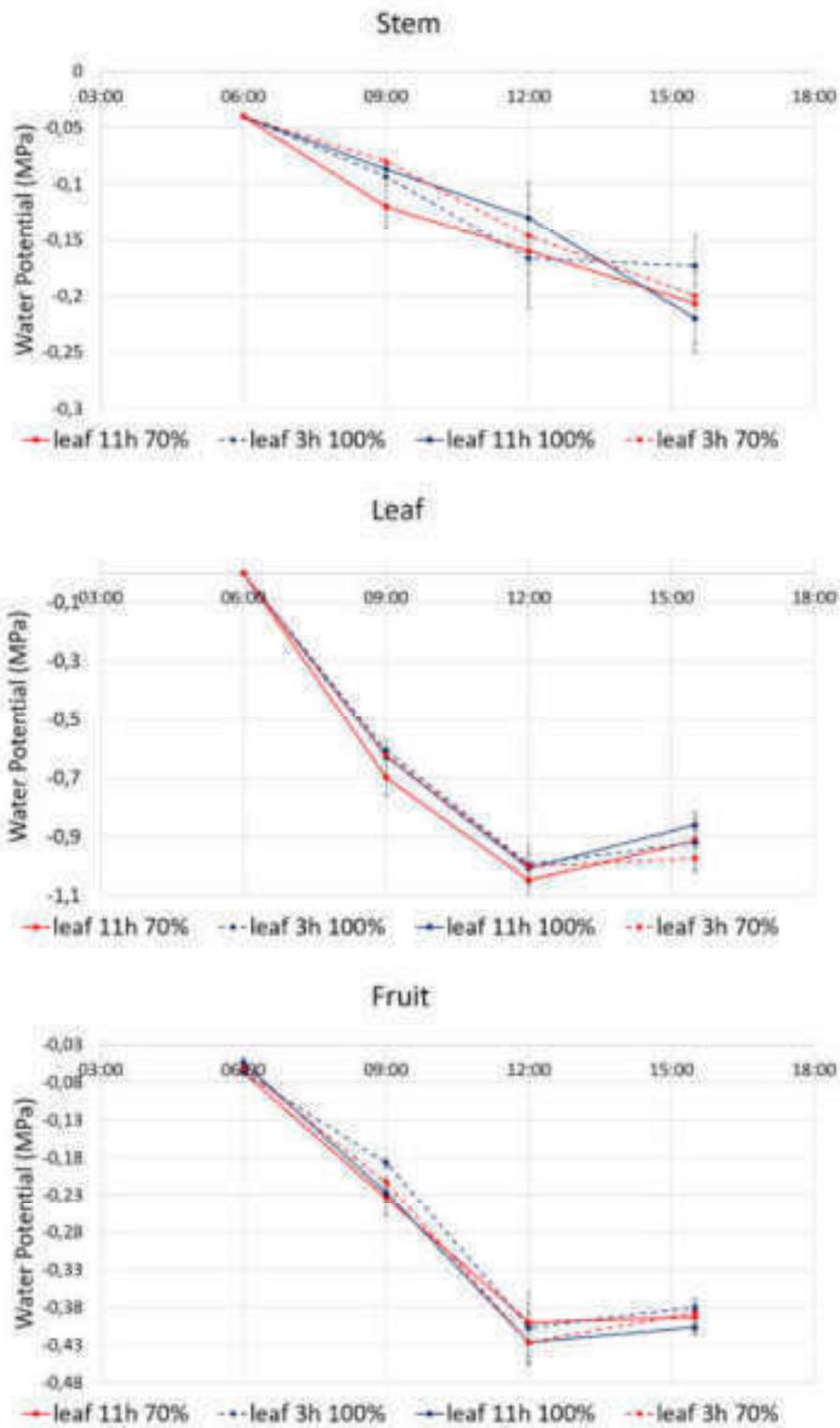


Figura 29 Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 20 Luglio, corrispondente a 9 settimane dalla piena fioritura (SPF).

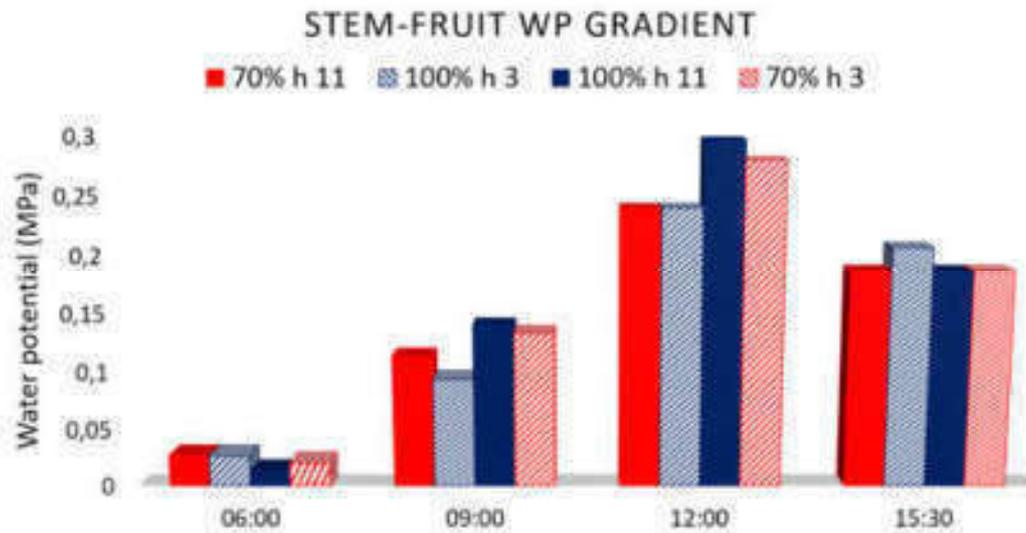


Figura 30 Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 20 Luglio corrispondente a 9 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Scambi gassosi fogliari

I tassi fotosintetici riscontrati a 57 GPF e, riportati in figura 31, mostrano un trend pressoché uguale per i trattamenti con adacquamenti alle ore 11, mentre mostrano un andamento quasi opposto per i regimi di trattamento delle ore 03. Infatti, nelle ore centrali della giornata alle 12:00, si riscontra un valore di $15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ per il trattamento al 100% contro un valore nettamente più alto di circa $21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nel trattamento al 70%. In ogni caso i tassi fotosintetici al 57°GPF sono simili a quelli riscontrati al 40°GPF. L'attività fotosintetica risulta invece limitata nelle ore centrali della giornata nel trattamento 100% h 3 che di fatto presenta il terreno più bagnato a quell'ora della giornata. Questo dato è supportato dal fatto che la conduttanza stomatica presenta un andamento speculare con una forte correlazione tra i due parametri e in questo caso rappresenta un fattore limitante per la pianta.

L'inaspettata riduzione nel tasso fotosintetico del trattamento 100% h3 (che teoricamente dovrebbe essere quello con il suolo maggiormente idratato) suggerisce la presenza di uno stress di anossia radicale dovuto al terreno troppo bagnato. È infatti noto come, quando le radici vanno in anossia, perdono la loro capacità di assorbimento, mostrando limitazioni tipiche delle situazioni di stress idrico e facilmente confondibili con esse, come in questo caso, la riduzione di fotosintesi.

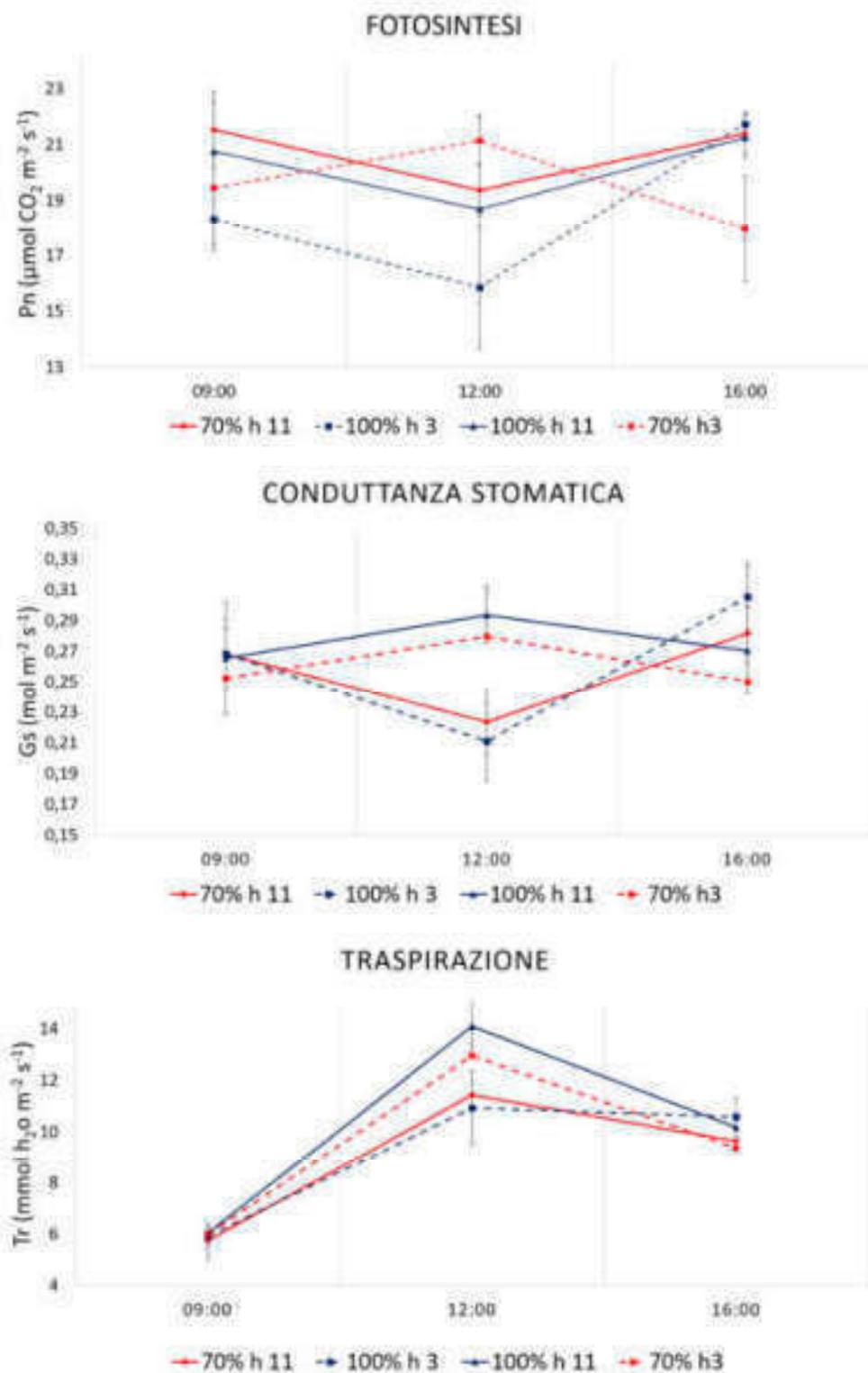


Figura 31 Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 20 Luglio, corrispondente a 9 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Crescita dei frutti

L'andamento della crescita giornaliera del frutto viene espressa in peso (g). Osservando la figura 32 riferita al 57° GPF, si nota come la crescita mostri lo stesso andamento giornaliero per quasi tutti i trattamenti, caratterizzato da un restringimento durante le ore centrali della giornata seguito da un successivo allargamento, tipico delle ore pomeridiane. Rispetto alla data di rilievo precedente si nota come il tasso di crescita giornaliero si riduca, passando da valori attorno a 0,7 g/giorno il 3 di luglio a valori di circa 0,5 g /giorno a 57 GPF. Questo calo è in linea con il cambiamento tipico della fisiologica di crescita del kiwi che progressivamente rallenta durante la stagione (Morandi et al., 2010). Si differenzia dagli altri il trattamento 70% h11 che, durante le ore centrali della giornata, presenta un picco massimo che raggiunge 0,4 g contro circa 0,2 g degli altri trattamenti. Per quanto riguarda l'AGR (che rappresenta il tasso di crescita assoluto di un organo e quindi la sua velocità di crescita), nella figura 32 si notano i picchi raggiunti durante l'arco della giornata. Rispetto al 40° GPF si nota come i massimi picchi di crescita vengano raggiunti dai regimi irrigui del 70%, in accordo con la crescita giornaliera che raggiunge i valori massimi di 0,6 g/giorno nel trattamento 70% h 11. Ciò potrebbe essere giustificato dal fatto che le piante misurate in questo trattamento siano casualmente più vigorose rispetto agli altri trattamenti, e comunque non evidenziano situazioni limitanti nelle restituzione del 70%Ete.

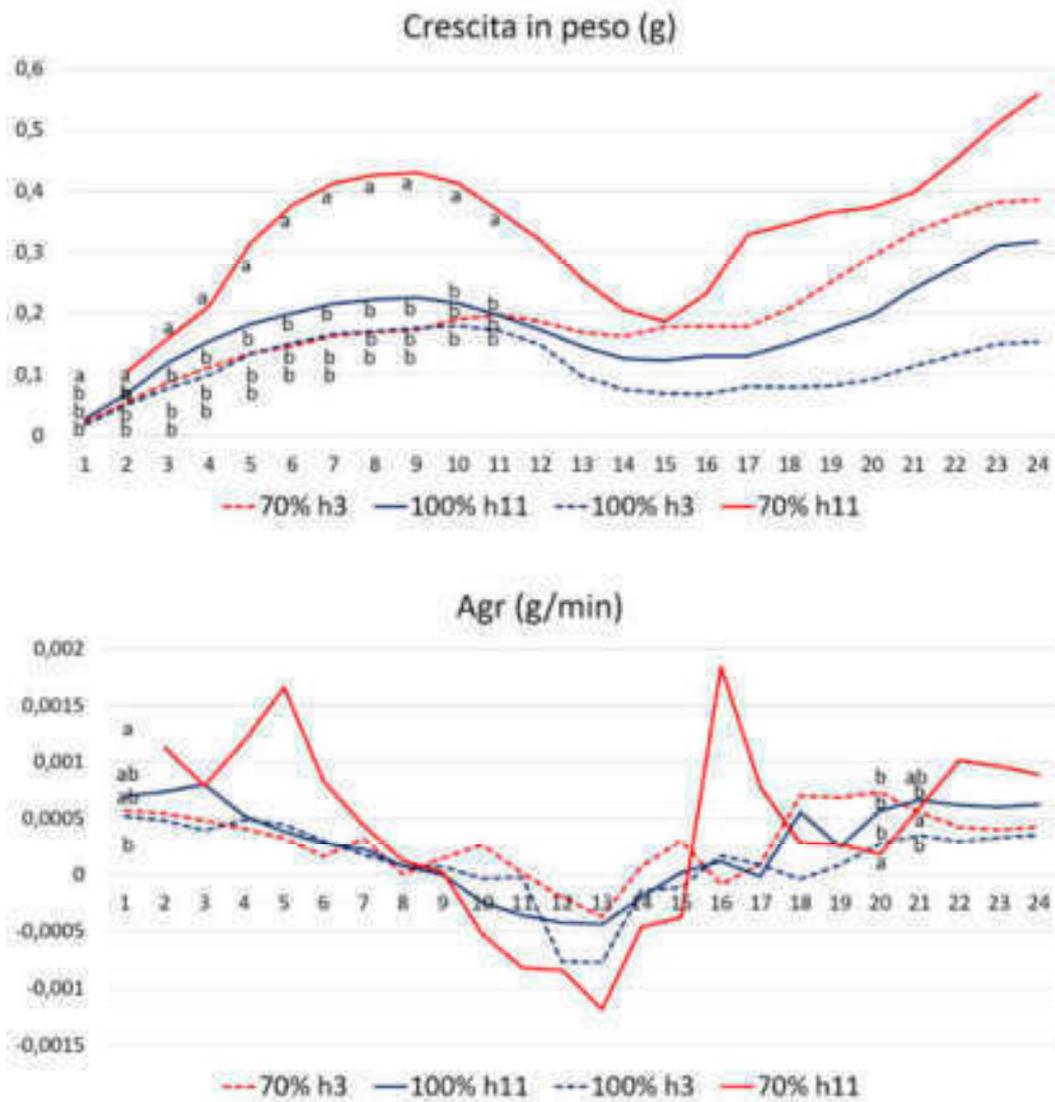


Figura 32. Andamento giornaliero della crescita in peso dei frutti e del tasso di crescita (agr) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 20 Luglio, corrispondente a 9 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Terza giornata di rilievo: 07 Agosto (75° GPF)

Potenziali idrici

Osservando la figura 33 si nota come l'andamento giornaliero dei potenziali idrici a 75 GPF si differenzia leggermente dai rilievi precedenti. I dati rispetto ai due rilievi precedenti mostrano in generale valori assoluti più negativi. Analizzando il potenziale idrico della foglia si riscontra come al pomeriggio, in un momento di maggior stress per la pianta, i due trattamenti con un regime al 70% tendono a mostrare dei dati più negativi. Questo è dovuto probabilmente ad un aumento delle temperature e quindi del VPD che si mantiene elevato anche nelle ore pomeridiane, inducendo nelle piante al 70% una leggera riduzione del potenziale idrico. Ciò sottolinea il fatto che le piante al 100% mostrano una maggior disponibilità di riserva idrica durante i momenti di maggior richiesta durante la giornata, soprattutto nelle foglie, con una differenza di circa -0.2 MPa. Tuttavia, l'analisi statistica non ha di fatto evidenziato differenze statisticamente significative tra i trattamenti, sottolineando ancora una volta come una riduzione del 30% dell'apporto idrico rispetto a IRRIFRAME non abbia determinato alcun effetto rilevante sulla fisiologica di questa coltura e suggerendo come sia possibile ampiamente possibile risparmiare acqua.

I gradienti di potenziale idrico tronco-frutto mostrati in figura 34 non mostrano alcuna differenza significativa tra i trattamenti durante la giornata, suggerendo come il regime irriguo e l'orario di irrigazione non abbiano in questo caso influenzato i flussi d'acqua verso il frutto. L'unico momento in cui si riscontrano differenze risulta essere l'alba, dove il trattamento 70% h 3:00 risulta mostrare il gradiente più elevato.

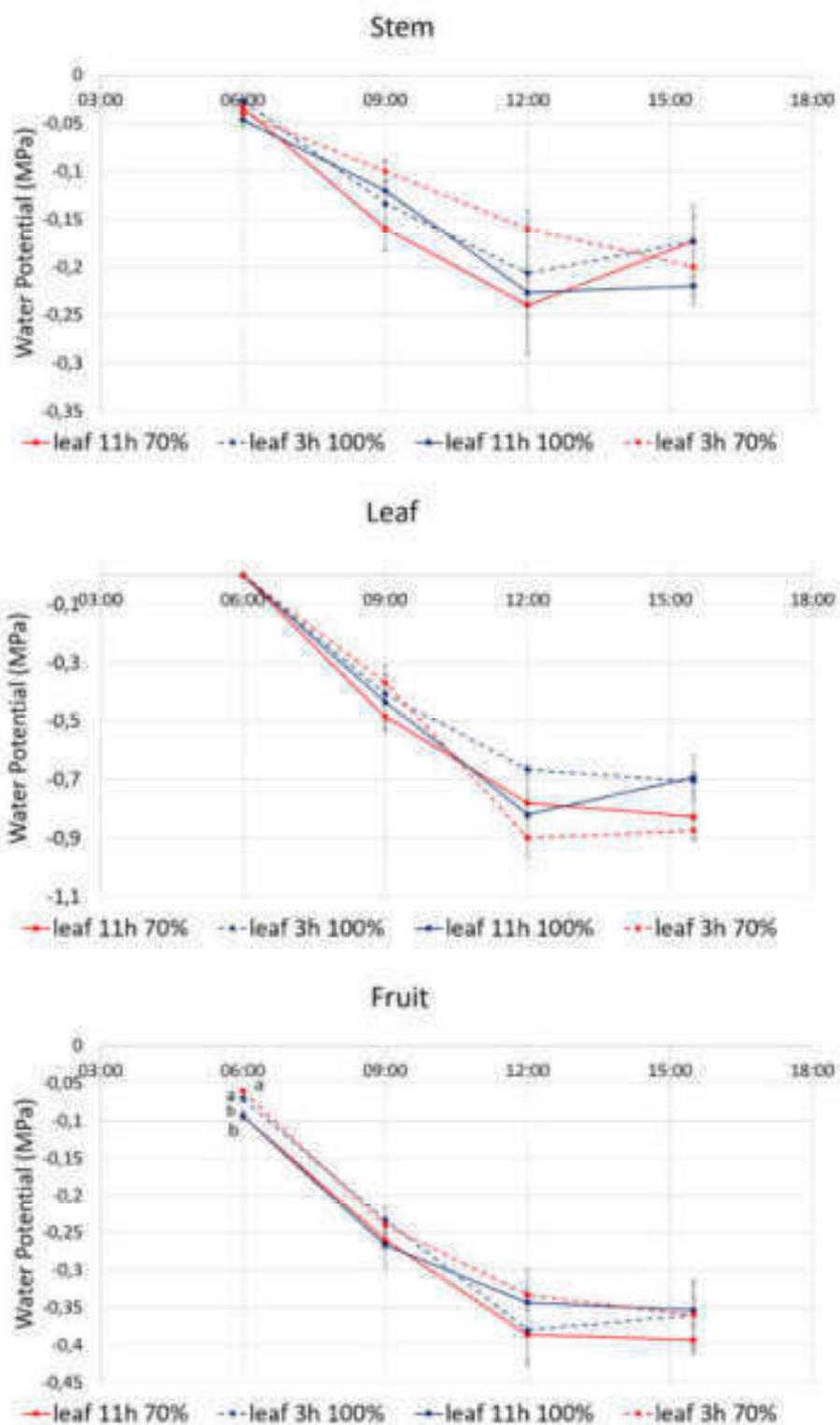


Figura 33 Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 07 Agosto, corrispondente a 12 settimane dalla piena fioritura (SPF).

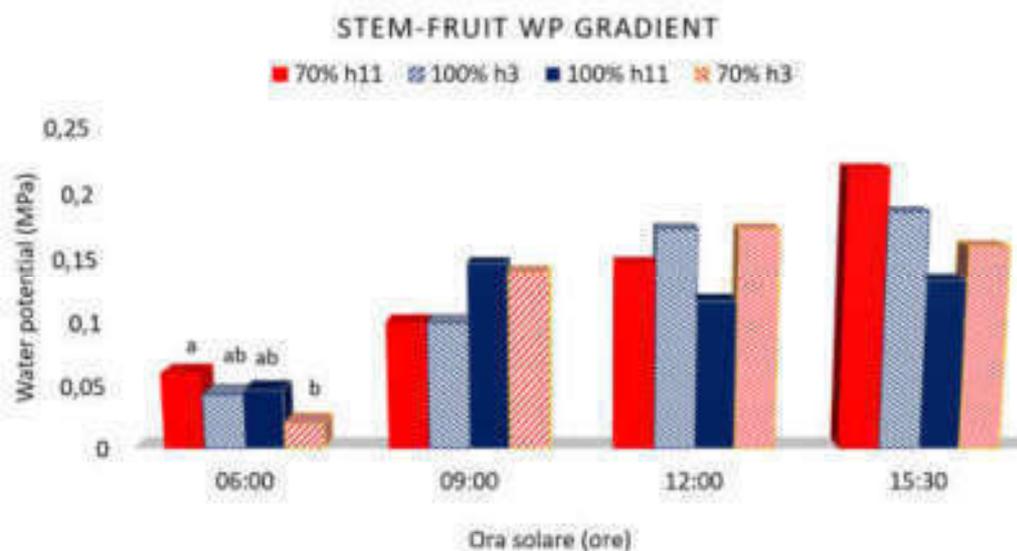


Figura 34 Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 07 Agosto corrispondente a 12 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Scambi gassosi fogliari

I valori di scambi gassosi fogliari riscontrati al 75° GPF mostrano i primi effetti dei due diversi regimi irrigui. Ciò si può riscontrare al pomeriggio dove gli andamenti dei diversi parametri assumono dei contorni differenti. I tassi fotosintetici rilevati alle 16:00 mostrano il fatto che i regimi al 100% presentano dei valori molto più elevati, intorno a $21 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (fig. 35) rispetto ai regimi idrici al 70% con valori intorno a $17 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Osservando la figura 35 possiamo dire che la conduttanza stomatica è abbastanza elevata e probabilmente non limitante, ma comunque differente tra i due regimi irrigui e correlata all'andamento del tasso fotosintetico. In questo caso tuttavia l'orario di irrigazione non mostra differenze significative. L'andamento della traspirazione è pressoché simile per tutti i trattamenti; all'aumentare della temperatura aumenta il tasso di traspirazione, con un calo nelle ore pomeridiane. Dai dati emersi e in base allo stadio fenologico della pianta alla 12° SPF, possiamo affermare come i regimi idrici al 70% presentano scambi gassosi e quindi assimilazione di carbonio complessivamente inferiore, con maggior sensibilità alle temperature, possiamo supporre che il minor apporto irriguo possa in parte essere responsabile di questa differenza.

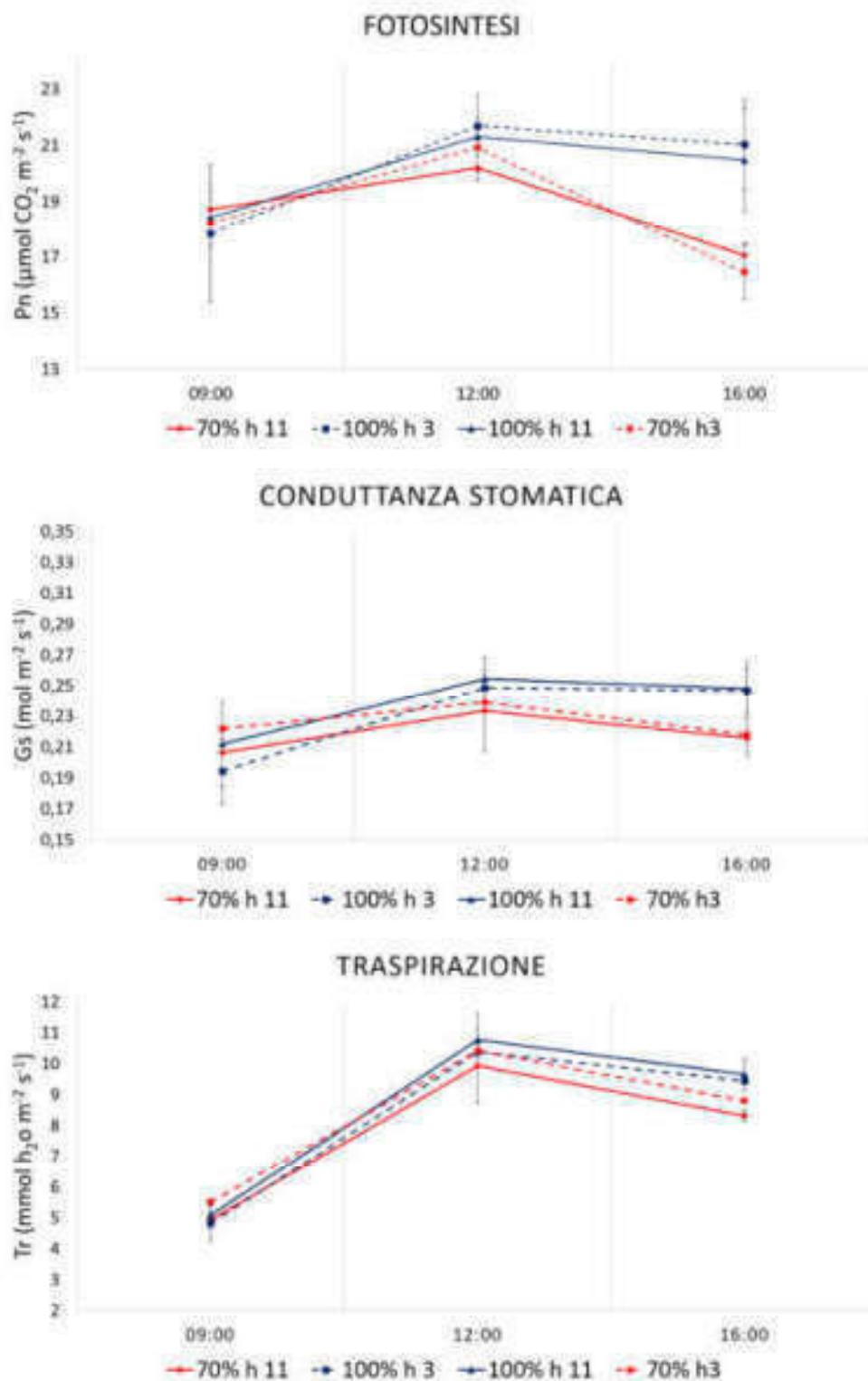


Figura 35 - Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 07 Agosto, corrispondente a 12 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Crescita dei frutti

Osservando la figura 36, riferita al 75° GPF, la crescita è costante per quasi tutti i trattamenti con un andamento tipico giornaliero di crescita in peso, con una leggera flessione nelle ore centrali della giornata per poi risalire nel pomeriggio. Come riscontrato nelle date precedenti il trattamento 70% h 3 mostra una crescita leggermente più elevata durante la giornata ed è caratterizzato da picchi più elevati nel tasso di crescita orario, che però non risultano significativamente diversi dagli altri trattamenti.

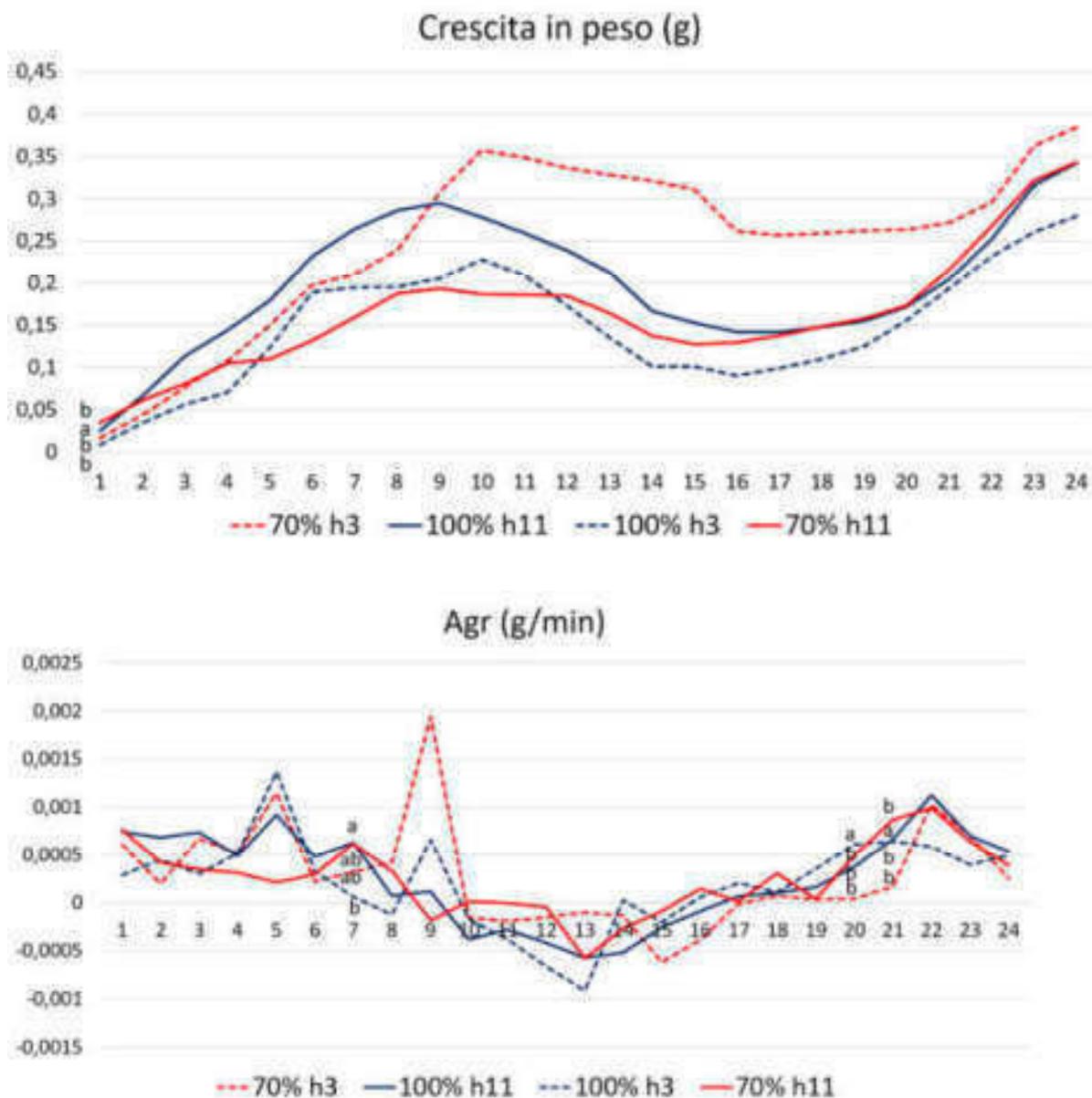


Figura 36 - Andamento giornaliero della crescita in peso dei frutti e del tasso di crescita (agr) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 07 Agosto, corrispondente a 12 settimane dalla piena fioritura (SPF).

I dati di crescita del frutto mettono in luce come, nonostante una leggera riduzione nell'apporto irriguo possa ridurre gli scambi gassosi fogliari e quindi l'assimilazione del carbonio, non è detto che la crescita del frutto ne sia immediatamente influenzata. Infatti, dal momento che non risultano riduzioni nei tassi di crescita dei frutti irrigati al 70% si può ipotizzare che la riduzione dell'assimilazione possa aver influenzato negativamente la crescita di altri organi, come i germogli, che nell'actinidia tendono a crescere durante tutta la stagione.

Quarta giornata di rilievo: 13 Settembre (112° GPF)

Potenziali idrici

I dati di potenziali idrico (ψ) della foglia e del tronco riportati nella figura 37 al 112° GPF ci mostrano una panoramica interessante per la fine della stagione. L'andamento di potenziale idrico del tronco ci mostra già alle ore 09:00 una significativa differenza tra i regimi di irrigazione delle 03:00 e quello delle 11:00, con valori rispettivamente di -0.1 MPa e -0.05 MPa. Teoricamente la situazione dovrebbe essere opposta in quanto le piante irrigate alle 3:00 dovrebbero presentare un potenziale meno negativo rispetto agli altri trattamenti. Tuttavia, analizzando l'intero andamento giornaliero si riscontra come alle 12:00 si raggiunge un picco massimo di circa - 0,2 Mpa per tutti i trattamenti, dovuto al fatto che avanzando nella giornata le foglie traspirano sempre di più; in seguito, tuttavia, si osserva un innalzamento repentino del potenziale del tronco riferito alle piante irrigate alle 3:00. Questo comportamento risulta decisamente inaspettato in quanto queste piante sono quelle irrigate da più ore e quindi dovrebbero essere quelle con il suolo meno idratato. Tuttavia, le condizioni di basso VPD e quindi bassa richiesta evapotraspirativa, possono aver determinato un ristagno idrico, fino a creare situazioni di eccesso nei suoli irrigati alle 11 e cioè poche ore prima. Questo può aver determinato il repentino abbassamento del potenziale idrico, dovuto più che a stress idrico, a condizioni di eccesso e quindi di anossia. In ogni caso i trattamenti non risultano significativamente diversi. In figura 38, si può osservare soprattutto al pomeriggio come non ci siano delle differenze nel gradiente con un valore più elevato di richiamo nei trattamenti delle ore 3, non si notano invece differenze per i trattamenti delle 11. Anche in questo caso, non si notano però differenze tra trattamenti indicando una condizione di buona disponibilità idrica per tutte le condizioni monitorate

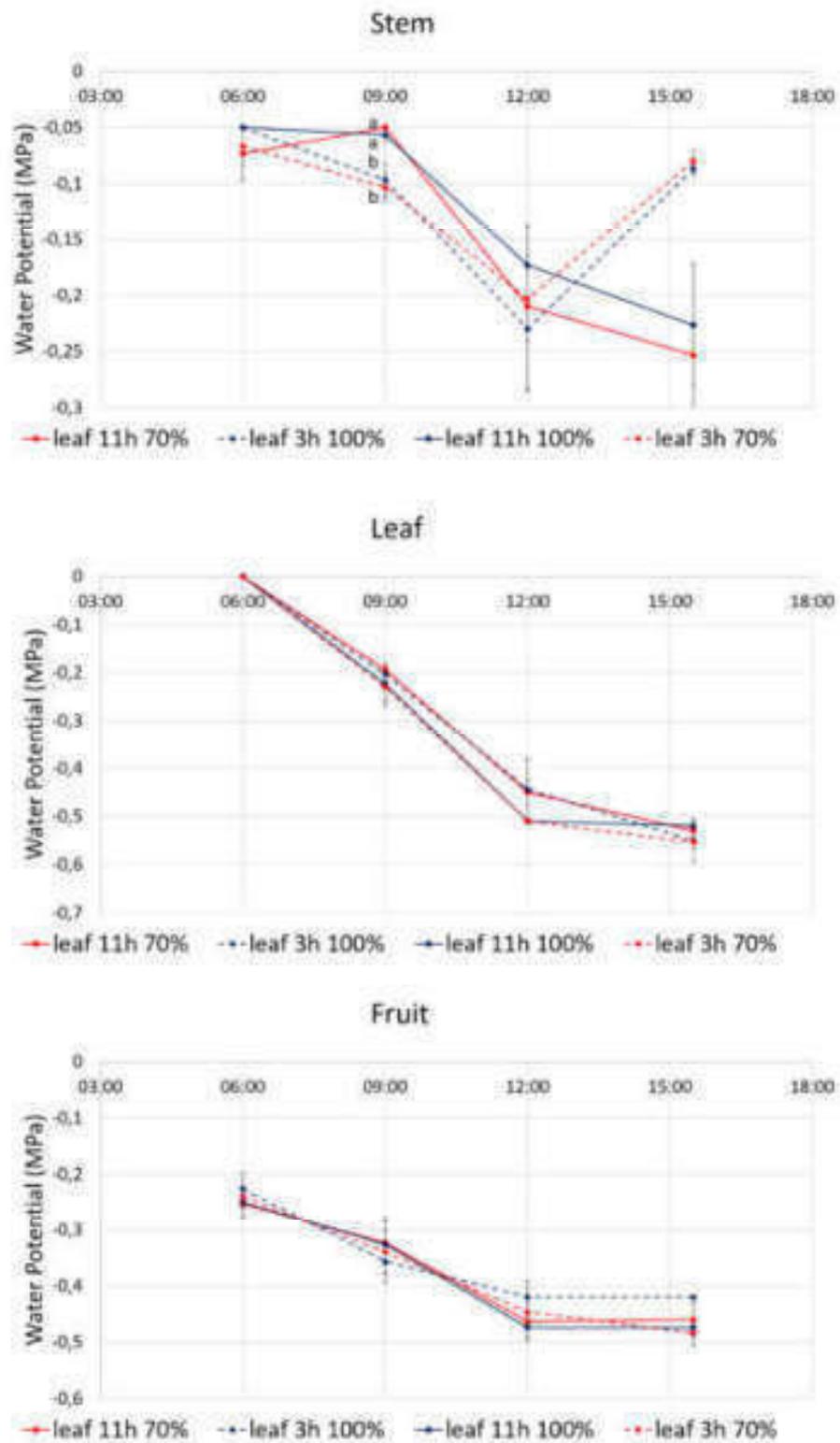


Figura 37 - Andamenti giornalieri dei potenziali idrici del tronco (stem), foglia (leaf) e frutto (fruit) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 13 Settembre, corrispondente a 17 settimane dalla piena fioritura (SPF).

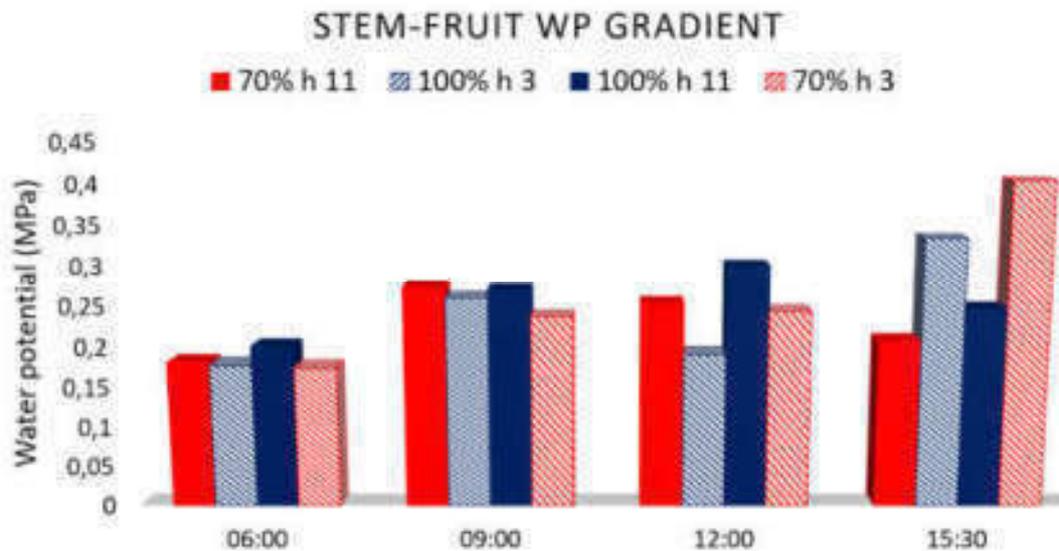


Figura 38 - Andamento giornaliero del gradiente di potenziale idrico fusto-frutto (stem-fruit) per i trattamenti: 100% 11:00AM (barra blu piena), 100% - 3:00AM (barra blu tratteggiata), 70% 11:00AM (barra rossa piena), 70% 3:00AM (barra rossa tratteggiata), misurati il 13 Settembre corrispondente a 17 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Scambi gassosi fogliari

I valori di scambi gassosi fogliari riscontrati al 112° GPF mostrano gli effetti dei due diversi regimi irrigui, verso fine stagione. Il tasso fotosintetico mostra una differenza significativa tra i trattamenti alle 09:00. In questo momento della giornata, i regimi irrigui al 70% presentano valori di circa $15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (fig.32) rispetto ai regimi irrigui al 100%, che presentano valori intorno a $19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. La figura 38 ci mostra inoltre le prime differenze significative, oltre che per il volume, anche per l'orario di irrigazione. Ciò può essere supportato dal fatto che osservando l'andamento della conduttanza stomatica, essa sia bassa per i regimi al 70% h3, limitando l'attività fotosintetica. In particolare, si nota come la conduttanza stomatica di piante irrigate al 70% durante la notte, al pomeriggio presenta valori significativamente più bassi ($0,14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) rispetto agli altri trattamenti. Confrontando tutti i trattamenti, la conduttanza stomatica nell'arco della giornata risulta essere un parametro fondamentale a partire dalle ore pomeridiane della giornata, i dati supportano il fatto che il regime con minor apporto idrico, irrigato durante la notte presenti minor efficienza. L'andamento della traspirazione rispecchia le condizioni già presentate; all'aumentare della temperatura aumenta il tasso di traspirazione, con un calo nelle ore pomeridiane. Ci sono differenze significative soprattutto nel regime al 70%, tra i vari orari di irrigazione. In particolare, l'andamento della linea tratteggiata rossa (70% h3:00) cala maggiormente, rispecchiando la risposta della conduttanza stomatica. Ciò può essere riconducibile al fatto che le piante di questo trattamento sono state irrigate da più tempo e risentono leggermente della ridotta umidità del suolo. Dai dati emersi e in base allo stadio fenologico della pianta alla 17° SPF, possiamo affermare come i regimi idrici al 70% e in particolare un intervento presto alla mattina presentano delle prime criticità. Tuttavia, la limitata conduttività stomatica non limita la fotosintesi, anche se la riduzione della disponibilità idrica del terreno nei 70% crea qualche differenza tra volumi irrigui (100% vs. 70%) per quanto riguarda le performance fotosintetiche.

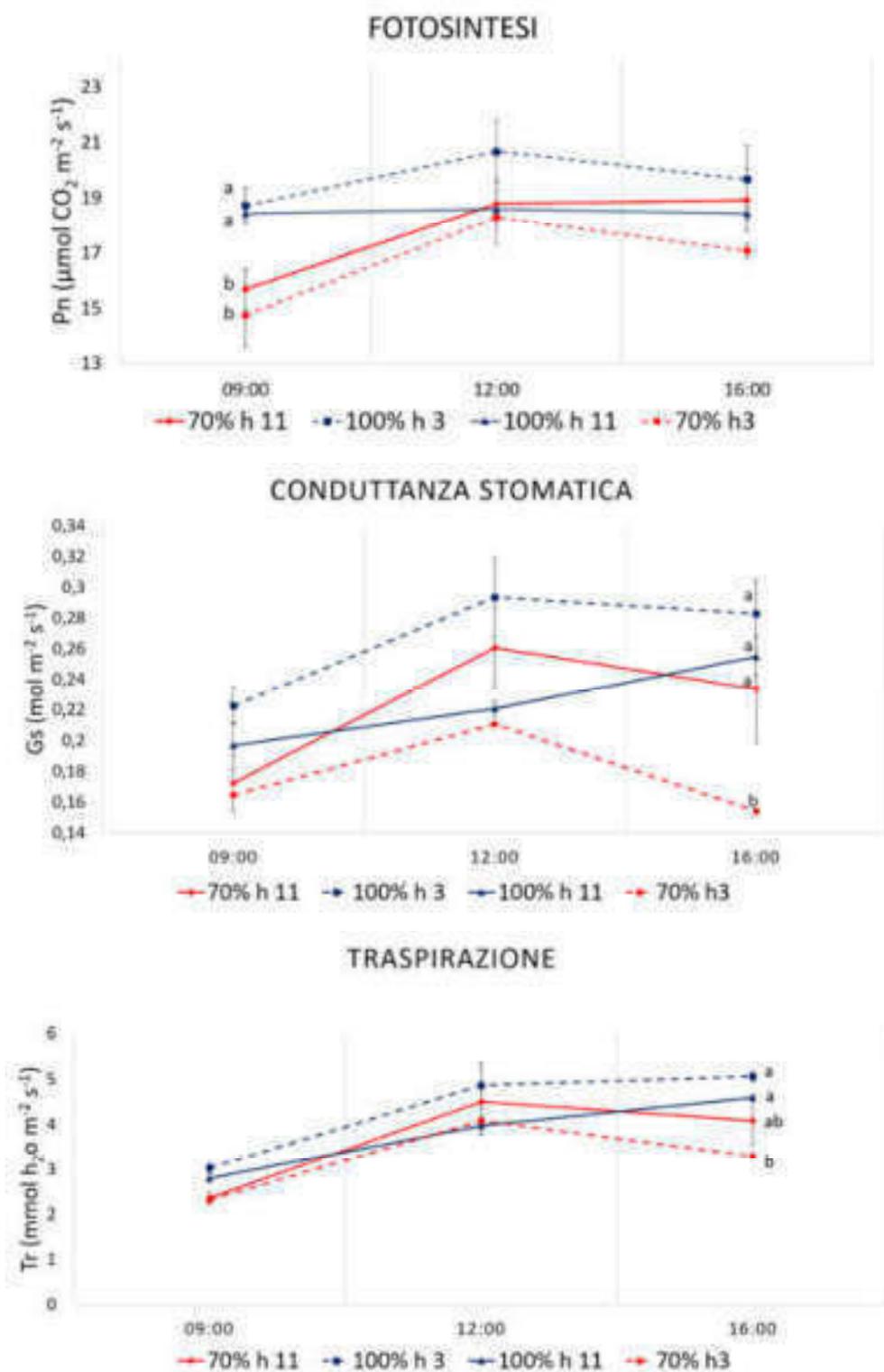


Figura 38 - Andamento giornaliero della fotosintesi, conduttanza stomatica e traspirazione fogliare per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 13 Settembre, corrispondente a 17 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Crescita dei frutti

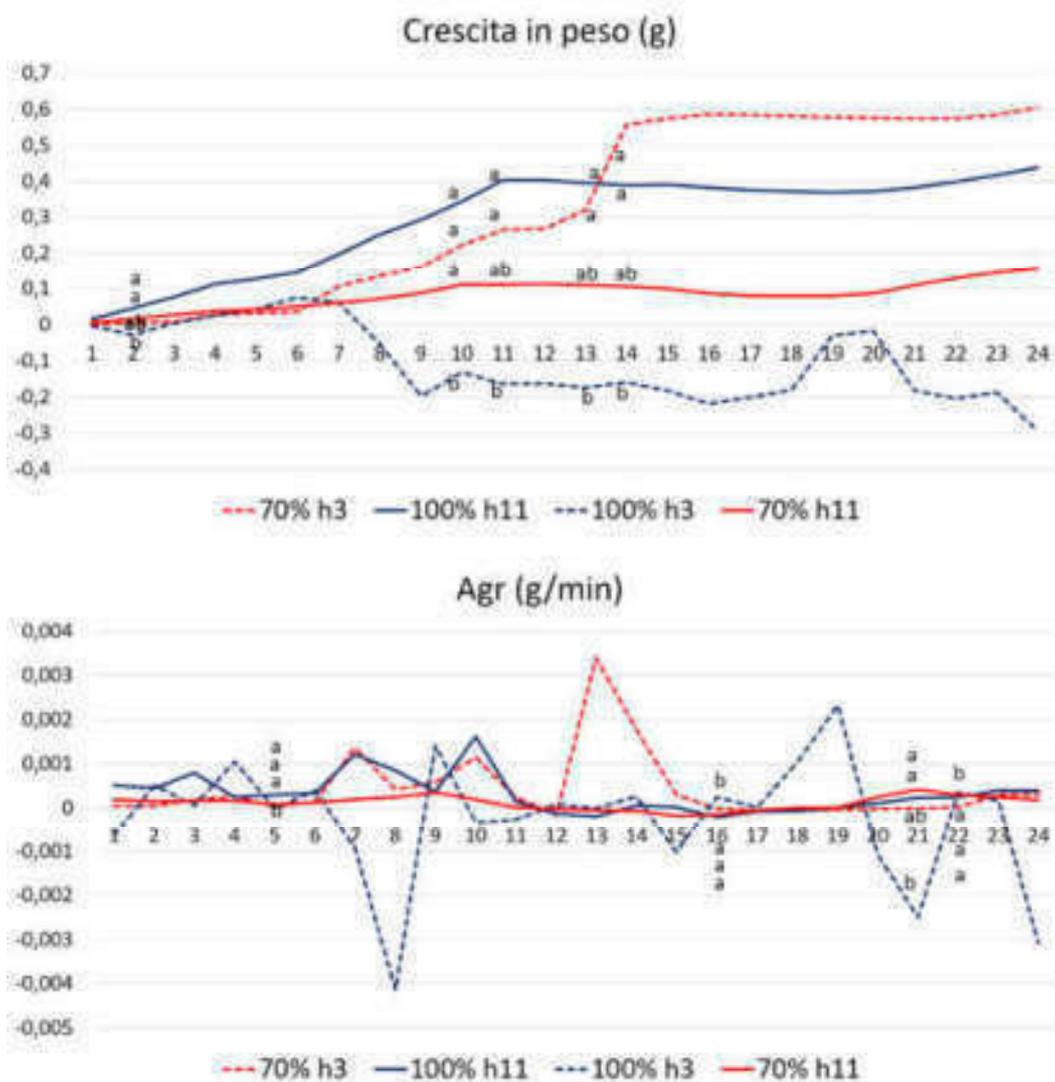


Figura 39 Andamento giornaliero della crescita in peso dei frutti e del tasso di crescita (agr) per i trattamenti: 70% 11:00AM (linea rossa), 100% 3:00AM (linea blu tratteggiata), 100% 11:00AM (linea blu), 70% 3:00AM (linea rossa tratteggiata), misurati il 13 Settembre corrispondente a 17 settimane dalla piena fioritura (SPF).

Osservando la figura 39 riferita al 112° GPF, si nota come la crescita dei frutti risulti costante nella prima parte della giornata, per poi stabilizzarsi dal tardo pomeriggio in poi. A partire dalle ore 10 si riscontrano le prime differenze significative tra trattamenti, con un picco di crescita per i trattamenti 100% h 11 e 70% h3, il quale ha mantenuto un trend molto positivo per tutto l'arco di stagione. Si differenzia dagli altri il trattamento 100% h3 che, in maniera inaspettata presenta valori negativi per tutto il resto della giornata. Per quanto riguarda l'AGR, in figura 39 si notano i picchi raggiunti durante l'arco della giornata, tendenzialmente inferiori nel trattamento 100% h3. Rispetto ad inizio stagione il tasso di crescita assoluto dei frutti è sceso leggermente nonostante si registrino ancora crescite attorno ai 0,5 g/giorno, valore da considerarsi estremamente positivo per Hayward in questo momento della stagione. I valori di crescita del frutto qui riportati non confermano i trend registrati per gli scambi gassosi, indicando come eventuali leggeri cali nella fotosintesi probabilmente non si ripercuotono direttamente sul frutto in questa fase della stagione.

Il lavoro condotto nel 2018 ha descritto gli effetti di diversi regimi irrigui e orari d'intervento sulla fisiologia delle relazioni idriche, degli scambi gassosi e della crescita dei frutti di actinidia. Da questo studio, analizzando nel complesso tutti i parametri, non sono emerse differenze significative tra i vari trattamenti fisiologici misurati nell'arco della stagione. Infatti, in tutti i periodi di misura ed indipendentemente dal livello irriguo e dall'orario di irrigazione, le piante sono riuscite a sostenere la medesima capacità di crescita del frutto. Tuttavia, a seconda del momento della stagione, si sono riscontrate delle risposte differenti ai diversi regimi irrigui. In generale si può affermare come in tutti i trattamenti si è verificata una condizione di buona disponibilità idrica. Probabilmente, ciò è dovuto alle frequenti piogge registrate nella prima parte dell'estate (fino a luglio) ed ai bassi valori di VPD, che hanno caratterizzato l'estate 2018. A causa delle condizioni ambientali non particolarmente stressanti, i trattamenti a diverso orario di irrigazione, non hanno avuto effetti particolari, mentre il trattamento con volumi irrigui ridotti non ha inciso sulla disponibilità idrica, né influenzato la fisiologia degli scambi gassosi né la crescita dei frutti.

Dai valori di conduttanza stomatica di fine stagione si osserva come apportare il 30% di acqua in meno possa indurre nella pianta una certa reazione, la quale tende comunque ad adattarsi con i propri meccanismi fisiologici, evitando conseguenze negative sulle performance di crescita dei frutti, i quali non risentono di nessuno stress idrico. Ciò sta a indicare che nelle condizioni sperimentali da noi testate, un tentativo di induzione di stress idrico a questi livelli non ha ripercussioni sulla crescita produttiva della pianta, con la capacità di quest'ultima di riequilibrare un lieve stress.

Questi risultati portano a concludere che il sistema di supporto decisionale "Irriframe" sovrastima i consumi idrici dell'actinidia e induce la somministrazione di troppa acqua, specialmente quando le condizioni climatiche non inducono particolari stress, come accaduto durante la stagione 2018. Il terreno era quindi talmente bagnato che anche cercando di rendere più efficiente l'irrigazione con una modulazione precisa del momento di irrigazione durante la giornata, la pianta non ha risentito di variazioni. La sovrastima del sistema Irriframe è probabilmente motivata dall'esigenza di non andare incontro a carenza irrigua in una pianta altamente esigente come l'actinidia. Ciò nonostante esiste il rischio, opposto, che una sovra-irrigazione dell'actinidia porti a conseguenze fisiologiche negative, come nel caso di uno stress da ristagno idrico e di anossia radicale. I sintomi di questa condizione, molto pericolosa per l'actinidia, sono molto simili a quelli dello stress idrico e potrebbero portare l'agricoltore ad ulteriori aumenti dell'apporto idrico, che risulterebbero estremamente controproducenti.

I rilievi fisiologici 2018 hanno permesso di provare come l'actinidia, sebbene sia una pianta ad elevata richiesta idrica, riesca a rispondere in maniera efficace a leggere condizioni di stress idrico, abbassando leggermente i propri potenziali idrici senza conseguenze negative sugli scambi gassosi. Allo stesso modo, anche in caso di riduzioni nell'assimilazione del carbonio, la crescita del frutto sembra uno degli ultimi parametri a risentirne. In uno studio futuro è necessario apportare riduzioni nell'irrigazione superiori al 30%, al fine di verificare l'effettiva efficacia di variazioni nell'orario di irrigazione del kiwi durante la giornata. Questo tipo di approccio si sposa perfettamente con gli obiettivi di un'agricoltura e di un'irrigazione sempre più di "precisione" e sempre più attenta all'uso efficiente e sostenibile delle risorse, specialmente l'acqua.

CONCLUSIONI

La sperimentazione in oggetto aveva l'obiettivo di migliorare l'efficienza d'uso della acqua mediante la corretta individuazione del momento della giornata in cui somministrare l'irrigazione in funzione della fisiologia della pianta sull'actinidia: è stata svolta tutta l'attività prevista, con l'individuazione dell'actinidieta su cui svolgere la ricerca, la differenziazione delle parcelle previste dal protocollo sperimentale, la progettazione ed esecuzione dell'impianto irriguo per i differenti trattamenti, la posa degli strumenti necessari alla misurazione dell'umidità del terreno e dei parametri fisiologici e di crescita della vegetazione, l'effettuazione di tutti i rilievi sperimentali previsti.

I risultati del biennio non hanno mostrato effetti evidenti sulla resa e qualità finale dovuto all'orario di partenza delle irrigazioni, né differenze sostanziali nella fisiologia degli scambi gassosi (fotosintesi, conduttanza stomatica, traspirazione) e della crescita dei frutti: le irrigazioni pomeridiane potenzialmente potrebbero avvantaggiare la crescita del frutto sfruttando il maggior potenziale negativo in seguito alla perdita d'acqua per traspirazione nelle ore centrali della giornata, diventando dominante nell'assorbimento dell'acqua rispetto a foglie e germogli, come si era osservato in precedenti sperimentazioni. Tuttavia, questo non ha prodotto effetti concreti sulla produzione: probabilmente nelle ore notturne si ha un riequilibrio nell'idratazione dei frutti, con un allineamento tra i trattamenti. Per valutare meglio le differenze dell'orario di somministrazione dell'irrigazione, occorrerebbero situazioni di stress idrico severo, che non si riscontrano di norma nei nostri areali.

Potrebbe essere sicuramente più vantaggioso sfruttare la centralina automatica per un frazionamento degli interventi irrigui nell'arco della giornata (tipo ULDI), in modo da migliorare l'efficienza di applicazione, evitare un'eccessiva compattazione dei terreni e perdite per percolazione, specie nei giorni con un elevato tasso di evaporazione.

Non si rilevano differenze significative neanche per quanto riguarda la percentuale di restituzione dei consumi, dimostrando che la coltura non ha subito stress idrici anche con la parziale restituzione del 70% dei consumi stimati, sia in una stagione sostanzialmente calda e secca (2017), che in un'annata più temperata (2018). I dati raccolti suggeriscono di introdurre una riduzione dei Kc dell'actinidia nei parametri di Irrinet, con un conseguente risparmio idrico che non penalizza i risultati quanti-qualitativi.