



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO (SAT)

USO DI RETI IN OLIVICOLTURA: EFFETTI SU PRODUZIONE E QUALITÀ

The use of nets in the olive grove: effects on production
and quality

TIPO TESI: Sperimentale

Studente:

FRANCESCO PALMA

Relatori:

PROF. ENRICO MARIA LODOLINI

PROF. PAOLO LUCCI

Correlatori:

DOTT.SSA ROBERTA FOLIGNI

DOTT. MATTEO ZUCCHINI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

Sommario

1	Introduzione	1
1.1	Premessa	1
1.2	L'olivo	2
1.2.1	Il ciclo biologico	4
1.3	Uso di reti di copertura in olivicoltura	8
1.3.1	Gli effetti sulla radiazione luminosa	9
1.3.2	Gli effetti sulla temperatura dell'aria	10
1.3.3	Gli effetti sull'umidità dell'aria	11
1.3.4	Gli effetti sulla fisiologia della pianta	12
1.3.5	Gli effetti sulla produttività	13
2	Scopo della tesi	15
3	Materiali e metodi	16
3.1	Descrizione dell'oliveto sperimentale e dei trattamenti applicati	16
3.2	Laboratorio	17
3.2.1	Denocciolamento	17
3.2.2	Estrazione dell'olio	19
3.3.3	Acidità totale	20
3.3.4	Perossidi	21
5	Risultati e discussioni	23
5.1	Produzione di frutti per pianta	25
5.2	Peso fresco del frutto	26
5.3	Rapporto polpa /nocciolo e umidità	29
5.4	Olio estratto	30
5.5	Acidità totale	31
5.6	Perossidi	33
6	Conclusioni	34
	Bibliografia	36

1 Introduzione

1.1 Premessa

L'olivicoltura mediterranea rappresenta un settore agricolo di grande importanza economica, culturale e ambientale. Le regioni del Mediterraneo, da secoli culla della coltivazione dell'olivo (*Olea europaea* L.), continuano a produrre oli di oliva e olive da mensa a partire da varietà a diffusione locale e nazionale che sono enormemente apprezzati in tutto il mondo. Tuttavia, l'olivicoltura oggi si trova ad affrontare numerose criticità legate alla difesa delle colture, che rendono sempre più urgente l'adozione di pratiche innovative e sostenibili.

Diverse sono le avversità che possono riguardare l'olivo, partendo dall'attacco di insetti fitofagi, come ad esempio la *Bactrocera oleae*, la *Prays oleae* o la *Saissetia oleae*.

I principali patogeni che colpiscono l'olivo, invece, fanno riferimento a batteri come *Pseudomonas savastanoi* (Rogna dell'olivo) e *Xylella fastidiosa*, patogeno da quarantena di recente introduzione nel Salento (sud talia). Tra i microrganismi patogeni che colpiscono l'olivo ci sono anche funghi come *Venturia oleagina* (Occhio di pavone) o *Gloeosporium olivarum* (Lebbra delle olive) tra i principali.

Tra le criticità della moderna olivicoltura, abbiamo da una parte la necessità di proteggere le colture dalle avversità citate, utilizzando i migliori mezzi a disposizione e dall'altra l'esigenza di salvaguardare l'ambiente.

Negli ultimi anni, i mezzi di difesa per proteggere l'olivo da queste avversità sono diventati sempre meno, specialmente per quanto riguarda i prodotti chimici di sintesi, che non sono più sostenibili dal punto di vista ambientale.

La limitazione di questi prodotti, insieme a politiche europee mirate alla sostenibilità ambientale, ha portato al largo impiego dei principi dell'agricoltura biologica.

La lotta biologica si basa essenzialmente sulla prevenzione dalle avversità e quindi sull'utilizzo di tecniche agronomiche mirate, ad esempio potature effettuate tempestivamente ma soprattutto da personale esperto, per evitare la formazione di microclimi umidi sotto chioma, oppure le lavorazioni del terreno in precise epoche per combattere insetti che svernano negli strati più superficiali del suolo.

Tra le criticità riguardanti la gestione dell'olivo, un occhio particolare va dato a quelli che sono i cambiamenti climatici, sempre più evidenti e sempre più influenti nell'agricoltura in generale.

I cambiamenti climatici vanno ad influire sui principali fattori di crescita delle piante, ovvero temperatura, umidità e precipitazioni. Sempre più frequenti risultano gli eventi di gelate tardive, oppure temperature troppo elevate che possono compromettere diverse funzioni fisiologiche della pianta.

In questa tesi verrà approfondita la risposta fisiologica dell'olivo all'utilizzo di reti di copertura, poste nella fase di pre-indurimento del nocciolo e di post-indurimento del nocciolo.

1.2 L'olivo

L'olivo (*Olea europaea L.*) è una delle principali colture arboree da frutto nei paesi del Mediterraneo e una pietra miliare per le loro economie rurali (Loumou & Giourga, 2003) appartenente alla famiglia delle Oleaceae, contenente più di 30 diversi generi e circa 600 specie.

Questa pianta contraddistingue l'ambiente Mediterraneo, grazie anche all'elevata biodiversità del patrimonio genetico e alla grande adattabilità a diversi tipi di clima, che ne fa una delle principali colture di queste zone (Cimato, et al., 2006)

Integrato nel paesaggio italiano, l'olivo si distingue dalle altre piante arboree da frutto per la capacità di occupare ambienti diversi, di produrre anche in condizioni limitanti per aridità e freddo e per essere, da sempre, pianta funzionale del sistema agricolo. L'olivo in Italia, pur con diversa importanza economica e sociale, è presente in quasi tutte le regioni, dove occupa areali diversi per caratteristiche pedoclimatiche (Franchini, et al., 2006).

L'elevata diffusione della coltura dell'olivo, specialmente nella zona mediterranea, è data oltre che dal clima che ne favorisce la crescita, anche dall'importanza che la coltura stessa ha all'interno dell'industria agroalimentare dato che porta alla produzione di olive da mensa e di olio extravergine d'oliva; quest'ultimo rappresenta uno dei prodotti più pregiati della produzione agricola italiana e costituisce una componente importantissima della dieta mediterranea (Agrimonti, et al., 2011).

La coltivazione dell'olivo (8.514.300 ettari) è diffusa per circa il 98,10% nell'area mediterranea, per lo 0,86%, nel sud America (Perù, Argentina, Cile, zone più meridionali del

Brasile ed Uruguay e nei territori del Messico e della California - USA) e per l'1,04% in paesi quali la Cina, il Sud Africa, l'Australia e la Nuova Zelanda che, pur non essendo tradizionalmente produttori di olio, sono stati catturati dall'interesse per il consumo di questo alimento tipico della dieta mediterranea. (Cimato, et al., 2006)

Infatti, l'olivo è unico tra le colture oleaginose di importanza commerciale per molte ragioni. Oggi è al sesto posto nella produzione mondiale di oli vegetali. Per la sua qualità nutrizionale, l'olio d'oliva ha un alto valore commerciale rispetto alla maggior parte degli altri oli vegetali. (Conde, Delrot, & Geros, 2008)

Gli olivi possono raggiungere dimensioni considerevoli, ma le caratteristiche peculiari della specie sono la crescita lenta e la longevità, non è raro, infatti, trovare olivi secolari (Bongi & Palliotti, 2018). D'altra parte, la moderna olivicoltura procede verso quelli che sono i sistemi di allevamento superintensivi o intensivi, ad integrazione dell'olivicoltura tradizionale costituita da piantoni secolari.

Per quanto riguarda le coltivazioni intensive e superintensive, le piante, considerato il limitato volume di terreno a disposizione per ognuna di esse, sviluppano un apparato radicale limitato e quindi necessitano di essere sostenute e irrigate, specialmente in zone in cui le disponibilità idriche sono limitate. (Famiani & Gucci, 2011)

Studi effettuati da Roselli e De Gennaro (2011), hanno dimostrato che l'oliveto superintensivo richiede un maggiore impiego di fertilizzanti, pesticidi ed input energetici, rispetto ad un oliveto tradizionale, ma anche rispetto ad un oliveto intensivo.

Inoltre, in Andalusia (Spagna), l'olivicoltura intensiva è una delle principali cause di erosione del suolo, soprattutto nelle zone declivi (Ariza Seguin, Patier, & Arroyo, 2003).

Pertanto, risulta molto importante, nel momento dell'impianto, effettuare le migliori scelte per quanto riguarda scelta di cultivar e di densità, dato che molto importante è la sostenibilità economica, ma lo è altrettanto la sostenibilità ambientale.

A questo proposito, secondo l'OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico), affinché l'agricoltura possa essere definita sostenibile deve poter soddisfare tre requisiti:

- produzione di reddito per l'agricoltore;
- garanzia di condizioni di qualità e di sicurezza per agricoltore e per consumatore;

- una durata indefinita delle risorse ambientali e della produttività del suolo (OCSE, 2013)

Maggiore attenzione deve essere posta alla gestione del suolo e al suo impatto sulle produzioni e sull'ambiente (Vignozzi, et al., 2013)

Le pratiche più impattanti in termini di emissioni di CO₂, nella coltivazione dell'olivo, sono la concimazione con fertilizzanti di sintesi e i trattamenti fitosanitari; quindi per migliorare la sostenibilità ambientale dell'olivicoltura è opportuno agire soprattutto su tali pratiche, ad esempio sostituendo concimi con ammendanti organici, quali anche le sanse o i compost da esse derivati, e più in generale orientandosi verso metodi di coltivazione di tipo integrato e biologico (Brunori, et al., 2014).

La difesa degli oliveti con basso impatto ambientale prevede il controllo degli organismi dannosi utilizzando tutti i mezzi che si hanno a disposizione, utilizzando ovviamente i meno impattanti a livello ambientale come i mezzi agronomici, fisici, meccanici e/o biologici, con lo scopo di mantenere le popolazioni al di sotto delle soglie d'intervento, ovvero la soglia oltre la quale si verificano danni dal punto di vista economico per cui diventa conveniente intervenire. L'intervento con mezzi tecnici è giustificato solo se gli altri mezzi non sono stati in grado di prevenire e/o contenere l'attacco (Simeone, et al., 2013).

Un'olivicoltura maggiormente rispettosa dell'ambiente non implica necessariamente il ritorno a tradizionali metodi di coltivazione ma, come nel caso dell'agricoltura biologica, si deve avvalere di tecniche fitosanitarie molto avanzate, benché naturali, per evitare l'uso di pesticidi (Cimato, et al., 2008).

Oltre i metodi precedentemente citati, c'è sicuramente l'utilizzo di reti. Tale sistema rappresenta uno strumento aggiuntivo soprattutto negli oliveti gestiti in biologico e nelle produzioni a maggiore reddito, dove il numero di mezzi di controllo a disposizione è inferiore rispetto al convenzionale (Fitogest, 2023).

1.2.1 Il ciclo biologico

Nell'olivo, l'accrescimento dei germogli si completa nell'anno stesso della loro formazione, mentre la produzione richiede due stagioni successive.

Infatti, le gemme che daranno origine a fiori e frutti si formano nella prima annualità (anno n), mentre i fenomeni che regolano in modo irreversibile, la biologia fiorale e la fruttificazione della pianta si completano nella stagione successiva (anno n+1).

La crescita vegetativa dei rami, delle branche e del fusto è legata all'attività del cambio che, a sua volta, è direttamente controllata dallo sviluppo delle gemme. Nell'olivo, in primavera, le gemme non differenziate danno origine a germogli. (Franchini, et al., 2006). Dopo il germogliamento e durante l'accrescimento vegetativo dell'apice, si osserva la comparsa e la distensione delle nuove foglie, la loro completa formazione e l'allungamento degli internodi. Questo processo inizia sempre dall'apice dei rami e si estende alle gemme mediane, mentre quelle basali spesso rimangono latenti. La crescita dei germogli è intensa in primavera, rallenta durante l'estate, riprende dopo le piogge di fine estate e si arresta quasi completamente in autunno, in coincidenza con l'abbassamento delle temperature.

I fattori che influenzano la crescita vegetativa includono le caratteristiche del suolo, la gestione agronomica del terreno, lo stato nutrizionale della pianta, la disponibilità idrica, gli interventi di potatura e le condizioni climatiche, come la luce e la temperatura.

In estate (sui meristemi formati all'ascella delle foglie del germoglio in crescita) avviene l'induzione a fiore delle gemme, che è percepito come un cambiamento dell'espressione genetica del meristema che porta successivamente alla differenziazione delle infiorescenze. A questa fase segue una fase di iniziazione in autunno e una vera e propria differenziazione verso la fine dell'inverno dell'anno successivo. Durante la differenziazione si osserva lo sviluppo dell'asse centrale del fiore, delle ramificazioni laterali dell'infiorescenza e dei meristemi destinati allo sviluppo dei fiori. Lo sviluppo del fiore termina quando tutte le strutture, ovvero sepal e petali prima, e stami e carpelli poi, risultano totalmente formati. (Di Nunzio & Neri, 2019)

La piena fioritura avviene in primavera, tra maggio e giugno a seconda della latitudine in cui ci si trova.

L'antesi dura normalmente 2-3 giorni sulle singole infiorescenze e 5-6 giorni sulla singola pianta.

Durante le ore più calde della giornata avviene la deiscenza delle antere e viene rilasciato il polline. La quantità di polline rilasciata sembra essere una caratteristica varietale; infatti, vi sono varietà che ne producono meno, come "Leccino" e "Frantoio", e varietà che ne riescono

a produrre maggiori quantità, come ad esempio “l’Ascolana” e “Pendolino” (Fabbri, et al., 2004).

L’impollinazione avviene quando il polline raggiunge gli stigmi recettivi. L’olivo mostra spesso autoincompatibilità, per cui il polline dello stesso fiore o cultivar non può sempre fecondare efficacemente il proprio gineceo. Per una buona fruttificazione, è essenziale la presenza di più cultivar per garantire un elevato livello di impollinazione incrociata. Fattori climatici come brezze leggere favoriscono l’impollinazione, mentre piogge, temperature troppo elevate e gelate la ostacolano.

In assenza di barriere di sterilità, il polline germina sullo stigma, raggiunge l’ovario e feconda uno dei due ovuli, che quindi si sviluppa.

Entro un mese dalla fioritura, solo il 7-8% dei fiori totali sarà presente sulla pianta sotto forma di frutticini e non tutti arriveranno alla maturazione. Infatti, i tassi medi di allegagione riscontrati in olivo sono di circa il 2% nonostante le oscillazioni annuali possono essere ampie. (Fabbri, et al., 2004)

La crescita delle olive si svolge in tre fasi principali, rappresentate da una curva a doppia sigmoide (Franchini, et al., 2006).

La prima fase è caratterizzata da un’intensa moltiplicazione cellulare e il nocciolo raggiunge quasi le dimensioni finali.

La seconda fase è caratterizzata da una crescita rallentata della drupa dovuta alla necessità di completare lo sviluppo dell’embrione; in questa fase avviene l’indurimento del nocciolo.

La terza ed ultima fase di accrescimento del frutto è dovuta principalmente alla distensione cellulare (Figura 1).

L’embrione inizia a crescere entro tre, quattro settimane dalla fioritura e completa il suo accrescimento dopo circa 5 mesi dalla piena fioritura (Fabbri, et al., 2004).

La scarsità di risorse idriche o nutrizionali può causare cascola precoce dei frutti e limitata crescita dei germogli.



Figura 1. Grafico della variazione del peso dell'oliva nei diversi mesi, con focus sulla fase di indurimento del nocciolo. Fonte ARSIA.

Durante la terza fase di crescita, le olive aumentano di volume e sintetizzano olio fino alla fase di maturazione caratterizzata dal cambio di colore, dalla riduzione della consistenza della polpa e della forza di ritenzione del frutto. Questo processo, sotto controllo genetico, inizia con piccole gocce di olio che aumentano di volume, occupando gran parte dello spazio intracellulare. Circa il 70-85% dell'olio è contenuto in vacuoli, mentre il restante è disperso nel citoplasma e non è estraibile con metodi di frangitura attuali.

La fase finale della crescita delle olive è influenzata da fattori climatici e nutrizionali. La disponibilità idrica e di nutrienti durante i mesi critici di maggio e giugno è essenziale per prevenire anomalie nello sviluppo dei fiori e garantire una buona allegagione. La carenza d'acqua o nutrienti può compromettere la crescita delle olive e la produttività della pianta (Franchini, et al., 2006).

1.3 Uso di reti di copertura in olivicoltura

L'uso delle reti di copertura sulla pianta, è una tecnica molto utilizzata in numerose specie arboree da frutto, mentre trova un'applicazione esclusivamente sperimentale in olivicoltura (Lodolini, et al., 2017), nonostante gli effetti positivi dati da questo mezzo di difesa siano numerosi.

Inoltre, c'è da considerare che gli effetti delle reti sulla pianta possono essere diversi in base al tipo di rete che viene utilizzato, ma non sempre è possibile associare un tipo di rete ad una funzione specifica, dato che la rete ha più funzioni contemporaneamente (Castellano, et al., 2008)

Le reti proteggono la coltura dalla grandine, ma creano anche un certo ombreggiamento, che può essere utile per limitare i danni da eccesso luminoso, inoltre la protezione è estesa anche contro insetti, uccelli, vento, pioggia e abbassamenti termici in alcuni casi. Per quanto riguarda gli insetti, per ogni tipo di insetto che si vuole cercare di contenere, cambia il tipo di rete da utilizzare che spesso risulta più ombreggiante (Neri, 2022).

In linea generale esistono diversi tipi di rete utilizzati in frutticoltura, che nascono in origine per una singola funzione, ma indirettamente ne ricoprono altre, infatti, il potenziale delle coperture è molto più ampio: possono infatti influenzare la colorazione dei frutti, il calendario di raccolta, la crescita della pianta e altri processi.

Le principali reti utilizzate nell'ambito della frutticoltura risultano essere le reti antigrandine e le reti antinsetto, ma negli ultimi anni si sta diffondendo sempre di più l'utilizzo delle reti foto selettive, che permettono di cambiare la qualità e la quantità di luce naturale fornita alla pianta allo scopo di migliorarne l'efficienza produttiva, fornendo al contempo protezione antipioggia, antigrandine o antinsetto. (Gallo, 2022).

Queste reti possono essere di diversi colori, attualmente prevalgono reti di colore bianco oppure nero, ma vi sono diverse altre colorazioni come il grigio, il verde e il giallo. È stato dimostrato che la diversa colorazione della rete può portare ad avere ripercussioni dal punto di vista produttivo su diverse specie, ad esempio reti di colore giallo in kiwi possono portare ad incrementi della sostanza secca oppure reti di colore rosso possono incrementare la produzione e la colorazione di alcune cultivar di melo (Pizzinat, et al., 2015). Oltre a tutti

questi effetti positivi dovuti all'utilizzo di reti, risulta altrettanto importante la riduzione nella necessità di effettuare trattamenti con l'utilizzo di pesticidi, grazie al controllo che le reti effettuano sugli insetti, ma anche grazie al microclima che tende a crearsi sotto rete.

Le reti hanno rappresentato una grande innovazione nell'ultimo decennio perché prevengono le lesioni fisiche dovute al contatto dell'insetto con il frutto e contribuiscono a ridurre fortemente l'utilizzo di trattamenti a base di sostanze chimiche, soprattutto in prossimità della raccolta (Lodolini, et al., 2018).

Infatti, per quanto riguarda la difesa dalla mosca dell'olivo è stato dimostrato che l'utilizzo di reti può portare all'abbattimento della presenza con attacchi al di sotto dell'1-2% (Crescenzi, et al., 2023)

1.3.1 Gli effetti sulla radiazione luminosa

L'uso di reti di qualsiasi tipologia presenta, ovviamente, un effetto diretto di ombreggiamento che porta ad una diminuzione della radiazione solare sulla chioma dell'albero.

Questo aspetto va ad avere una serie di effetti indiretti su altri parametri importanti per la pianta come la temperatura e l'umidità. Infatti, una diversa penetrazione della luce gioca un ruolo nella mitigazione della temperatura interna alle reti e dell'umidità che tende a rimanere costante sotto rete. Ciò comporta una riduzione delle fluttuazioni stagionali dell'umidità. L'insieme di tutti questi fattori va a ripercuotersi sull'attività metabolica della pianta e ne va ad influenzare di conseguenza la produzione (Lodolini, et al., 2017).

Infatti, la luce è un fattore molto importante per l'induzione a fiore dell'olivo. (Bongi & Palliotti, 2018). È stato dimostrato da Tombesi e Standardi (1997) che la riduzione dell'illuminazione è responsabile di scarsa allegagione dei frutti, di limitato sviluppo di questi e dell'inibizione dell'induzione fiorale.

Studi effettuati da Trentacoste et al. (2017) su olivo, hanno mostrato che il diverso numero di frutti nelle diverse posizioni nella chioma, era principalmente dovuto all'effetto della radiazione sulla crescita vegetativa, portando ad avere germogli fruttiferi più lunghi e quindi più siti per la fioritura in totale per strato di vegetazione. Infatti, nello stesso studio è stato dimostrato che il numero di infiorescenze e frutti per strato di vegetazione, aumenta dalla base, meno illuminata, verso gli strati superiori della chioma più illuminati. Anche il numero di

boccioli ascellari per germoglio aumenta andando verso le porzioni della chioma più illuminate.

È stato dimostrato da Gregoriou et al. (2007) su piante di olivo (cv. Koroneiki) che un'eccessiva riduzione della radiazione luminosa riduce gli scambi gassosi e la fotosintesi netta. Questa riduzione è dovuta in parte alla minore PAR incidente e in parte ai cambiamenti morfologici che le foglie mettono in atto per sfuggire all'ombra (densità stomatica, superficie e larghezza fogliare, cloroplasti). Infatti, gli stessi autori suggeriscono di tenere in seria considerazione la gestione della chioma, in particolare fare in modo che le foglie siano esposte ad un irraggiamento superiore a $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, dato che l'esposizione a lungo termine delle foglie a un PAR basso può ridurre permanentemente la loro capacità fotosintetica. (Gregoriou, et al., 2007)

Inoltre, come riportato da Franchini et al. (2006) la luce è alla base della biosintesi dei carboidrati, della formazione delle clorofille e degli antociani, dell'apertura stomatica, della traspirazione e, indirettamente, anche della disponibilità degli elementi nutritivi.

Recenti studi sull'utilizzo di reti su olivo hanno dimostrato che non sono state registrate differenze significative per il contenuto di clorofilla e la fluorescenza delle foglie in chiome di olivo coperte con reti rispetto ad alberi non coperti. (Lodolini, et al., 2018)

Studi condotti su impianti intensivi di Arbequina, in cui sono state poste reti per limitare la PAR incidente, hanno dimostrato che la riduzione della radiazione incidente sulla chioma ha portato la temperatura dell'aria e l'umidità, ad abbassarsi in media, rispettivamente di $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ e dello $0,8\%$ rispetto ai valori registrati al di fuori delle strutture ombreggianti. (Cherbiy-Hoffmann, et al., 2012)

1.3.2 Gli effetti sulla temperatura dell'aria

La temperatura esercita un'influenza decisiva sulla regolazione di numerosi processi fisiologici quali la traspirazione, la respirazione, la fotosintesi, l'attività enzimatica, la formazione e la degradazione dei diversi composti presenti nel frutto (acidi grassi, polifenoli, clorofilla, ecc.), la divisione e la distensione cellulare. La temperatura agisce, di conseguenza, sulla crescita vegetativa, sulla differenziazione morfologica dei vari organi della pianta, sull'allegagione e maturazione dei frutti e quindi, in sostanza, sulla capacità produttiva della pianta. Per l'attività fotosintetica, l'ottimo termico è stato stabilito intorno ai $25\text{-}28^\circ\text{C}$ (Franchini, et al., 2006).

Mentre temperature superiori a 38 °C risultano essere il principale fattore limitante la fotosintesi nelle piante di olivo nel periodo estivo (Bongi & Long, 1987)

È stato dimostrato che temperature costanti a 30 °C compromettono gravemente l'allegagione che invece si manifesta nel migliore dei modi quando le temperature si mantengono sui 25 °C (Cuevas, 1994)

Studi effettuati in Turchia sugli effetti delle temperature sulle caratteristiche fenologiche e pomologiche dell'olivo condotti da Efe et al (2009) hanno dimostrato che le temperature estremamente alte e basse hanno avuto effetti negativi sulla crescita, sulla qualità e sulla resa delle olive. Le basse temperature provocavano un'eccessiva perdita di foglie mentre l'alta temperatura ha ridotto la dimensione del frutto.

Inoltre, studi condotti da Gregoriou et al. (2007), hanno dimostrato che a parità di PAR, la fotosintesi netta è migliore in estate, grazie alle temperature più alte che si rilevano, rispetto all'inverno, ma questo può essere legato anche ad un fenomeno di invecchiamento delle foglie.

Pertanto, l'utilizzo di reti, che crea ombreggiamento, va a ridurre la radiazione e ciò scaturisce variazioni di temperatura sotto chioma con un'attenuazione delle temperature massime. Diverse prove sperimentali effettuate, hanno dimostrato che l'utilizzo di reti può portare ad un abbassamento significativo della temperatura sotto la chioma specialmente nei periodi estivi in cui le differenze tra la temperatura sotto rete e la temperatura esterna può essere di oltre 1-1,5 gradi (Lodolini, et al., 2017).

1.3.3 Gli effetti sull'umidità dell'aria

L'umidità dell'aria, come la temperatura, è un parametro di fondamentale importanza per i processi fisiologici della pianta e per il suo sviluppo vegetativo e riproduttivo.

L'olivo mal sopporta ambienti molto umidi e/o in cui frequentemente ci sono nebbie, perché questi favoriscono gli attacchi di patogeni e/o fitofagi e piogge durante la fioritura comportano una riduzione dell'allegagione.

Diversi sono gli effetti che possono avere eccessi o difetti di umidità sull'olivo.

Innanzitutto, valori di umidità relativa prossimi alla saturazione per periodi più lunghi, 30-45 giorni in primavera, oppure 2-3 settimane in autunno, possono portare a infezioni da parte di diversi patogeni fungini, in particolare l'occhio di pavone. La differenza di tempo per far sì

che abbia inizio l'infezione nelle due diverse stagioni, è ovviamente influenzata anche dalle temperature, superiori in primavera rispetto all'autunno (Iannotta, et al., 2012).

Anche per quanto riguarda la *Bactrocera oleae*, la mosca dell'olivo, tutte le attività dell'insetto a partire dal volo, all'accoppiamento, alla deposizione, allo sviluppo delle uova e alle forme giovanili, sono influenzate dalla temperatura e dall'umidità relativa dell'aria. In particolare, la produzione massima di uova avviene con temperature comprese tra i 20 e i 27°C e con umidità relativa dell'aria elevata (superiore l'80%) (Pometti, 2011).

Tra gli effetti che potrebbero scaturire invece da una minore umidità relativa, correlata anche ad una bassa umidità del suolo, ci può essere un calo della fotosintesi (Viola, et al., 2010). La bassa umidità, alla quale spesso è correlato un innalzamento delle temperature, porta ad una maggiore chiusura degli stomi, per evitare la disidratazione, ma questo si ripercuote sullo scambio gassoso che comporta un abbassamento dell'assorbimento di CO₂ per la fotosintesi.

L'utilizzo delle reti in olivo, oltre a favorire un calo della temperatura interna della chioma, consente di evitare eccessive fluttuazioni di umidità relativa dell'aria e pertanto di mantenere livelli di umidità più o meno costanti al di sotto della rete. Inoltre, l'utilizzo di rete consente una maggiore umidità sotto chioma rispetto all'esterno nei mesi più caldi, come luglio ed agosto, mentre la situazione cambia verso il mese di ottobre in cui l'umidità risulta maggiore, seppur di poco, all'esterno rispetto all'interno (Lodolini, et al., 2017).

1.3.4 Gli effetti sulla fisiologia della pianta

Il variare di tutti questi parametri fondamentali per i processi metabolici della pianta porta ad avere effetti sulla fisiologia della stessa.

L'intensità luminosa oltre la quale la fotosintesi non subisce alcun incremento è detta punto di saturazione (Bohning, 1956) che in olivo risulta essere compreso in un range che va da 900 a 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Gregoriou, et al., 2007). Come spiegato dagli stessi autori il punto di compensazione risulta essere molto basso, ovvero circa 53 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Il punto di compensazione è quel punto in cui la CO₂ fissata con la fotosintesi eguaglia quella consumata con la respirazione, (Tombesi, et al., 2004). La fascia climatica di tutto il bacino del Mediterraneo è caratterizzata da assolate giornate primaverili ed estive in cui si registrano livelli di intensità luminosa ben più alti di quelli saturanti. Infatti, studi effettuati su una pineta artificiale in Calabria, hanno dimostrato che nei mesi più caldi come luglio ed agosto, nelle ore più calde della giornata si può arrivare a picchi di PAR che vanno oltre i 1500-1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. (Marino, et al., 2005)

Su tutte le piante, in generale, un eccesso di energia incidente sulla pianta potrebbe determinare una più frequente e rilevante manifestazione del fenomeno della foto inibizione (Osmond & Chow, 1988) che può portare ad una diminuzione della capacità fotosintetica e può influenzare la sopravvivenza e la crescita della pianta (Zhang, Ge, & Li, 2022). È stato dimostrato inoltre, che elevati livelli di irraggiamento in sinergia con stress da siccità causano una riduzione dello scambio di gas e dell'efficienza fotosintetica. Questo perché viene influenzata l'efficienza del PSII che va a causare un calo della fotosintesi netta. A questo va ovviamente associata una minore conduttanza stomatica (Sofo, et al., 2009).

In Italia specialmente nel centro-sud, si sta andando sempre più verso condizioni di luminosità eccessiva, che possono portare a picchi di luminosità oltre il punto di saturazione. Una soluzione a questo problema può essere trovata nell'utilizzo di reti, che oltre a tutti gli effetti positivi di natura meccanica e fisica che comportano, possono favorire una riduzione della PAR (Photosynthetically Active Radiation – Radiazione Fotosinteticamente Attiva). Questo non porta necessariamente ad un calo dell'attività fotosintetica della pianta, anzi, nelle giornate estive più calde, l'ombreggiamento delle reti può aiutare la chioma ad attenuare i fenomeni di stress luminoso che potrebbero insorgere nel momento in cui si va oltre il punto di saturazione.

Infatti, studi effettuati su piante di olivo della varietà Piantone di Mogliano condotti da Lodolini, et al. (2018), hanno dimostrato che l'uso delle reti ha aumentato il tasso fotosintetico, la traspirazione e la conduttanza stomatica rispetto ad alberi scoperti.

1.3.5 Gli effetti sulla produttività

Il succedersi di tutti questi fenomeni, partendo dalla radiazione luminosa che può portare ad una maggiore o minore temperatura o umidità, comporta variazioni sulla fisiologia della pianta che si ripercuote inevitabilmente anche sulla produttività.

In casi in cui si manifestano ombreggiamenti persistenti è stato dimostrato che la risposta della pianta per sfuggire all'ombra, è data da un reindirizzamento delle risorse prodotte dalle foglie e dagli organi di riserva verso l'apice o comunque verso tutti quegli organi che consentono un maggior allungamento della parte di pianta ombreggiata, al fine di intercettare più luce. Quindi questo è riassumibile come una maggiore attività vegetativa a discapito dell'attività riproduttiva della pianta.

È stato infatti dimostrato da Tombesi & Cartechini (1986) con studi condotti su olivo che l'esposizione a lungo termine all'ombra ha aumentato la lunghezza dei germogli, la lunghezza

internodale e la superficie della foglia, ma è diminuito il numero di fiori e di frutti. Infatti, in olivi ombreggiati al 15% di PAR nei 10 mesi prima della fioritura, sono stati registrati valori otto volte inferiori per quanto riguarda il numero di infiorescenze per nodo e tre volte inferiori di frutti per infiorescenza rispetto ad alberi non ombreggiati.

Invece, risposte della chioma all'eccesso d'ombra possono essere un'accelerazione della fioritura che risulta ridotta e tutto ciò va a ridurre l'allegagione e quindi la produttività in generale (Morelli & Ruberti, 2002) .

Gregoriou et al. (2007), con studi effettuati su olivo, hanno dimostrato che maggiore è il livello di ombreggiamento, minore è la densità degli stomi e dei tricomi sulla superficie inferiore della foglia. Nello stesso studio, è stato dimostrato che l'effetto della riduzione del PAR risulta influire maggiormente sulla resa di frutti per albero che sulla fotosintesi netta totale della pianta. Infatti, è stata dimostrata una riduzione del 30% della resa dei frutti cresciuti in ombra, mentre la riduzione della fotosintesi netta è stata del 21%.

Diversi studi sperimentali, condotti utilizzando reti con diverse maglie colorate su meleti e pescheti, con una percentuale di ombreggiamento selettivo intorno al 15-30%, hanno registrato già nel primo anno un migliore allungamento dei germogli, una maggiore dimensione della superficie fogliare, una stimolazione sull'induzione a fiore, la qualità dei fiori e sull'allegagione, cioè lo sviluppo dei frutticini subito dopo la fioritura. (Vedilei, Neri, & Giorgi, 2021).

Lodolini et al. (2018) hanno dimostrato che l'utilizzo di reti in olivo, non va ad influenzare l'andamento di maturazione del frutto e la produzione di frutti per albero.

Inoltre, le prove svolte anche su colture frutticole in cui solitamente non vengono utilizzate coperture, come melo, cachi, pero e uva da tavola, hanno evidenziato diversi vantaggi incrementando la produttività, il calibro, la qualità esterna e interna dei frutti (Gallo, 2022).

2 Scopo della tesi

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato di valutare l'incidenza dell'uso di reti di copertura in olivi adulti in pieno campo sulla produttività e sulla qualità dei frutti e dell'olio estratto.

3 Materiali e metodi

3.1 Descrizione dell'oliveto sperimentale e dei trattamenti applicati

L'esperimento è stato condotto nel corso del 2021 e 2022 in un oliveto piantato nel 2001, con una densità di 277 alberi ha⁻¹, a Mogliano (Regione Marche, Italia Centrale, latitudine 43°11'09" N; longitudine 13°28'50" E; altitudine 313 m s.l.m.). Tutti gli alberi erano della cultivar "Piantone di Mogliano" ed erano allevati secondo un sistema a vaso policonico. (Figura 2). Per la prova in campo è stata utilizzata una rete anti-insetti in HDPE "Monotex 50" (Agritech, Italia) di colore neutro, con ombreggiatura del 15%, dimensione maglie 0,97 mm x 1,54 mm e grammatura 95 g/m². Le piante sono state ricoperte con rettangoli di reti di 6x10 m. Prima dell'installazione è stato contato il numero di nodi per 10 germogli vegetativi per ogni albero (5 nel lato nord e 5 nel lato sud della chioma), e sono stati selezionati 10 alberi per ogni trattamento. Per l'esperimento è stato utilizzato un disegno a blocchi totalmente randomizzato.

I trattamenti a confronto erano:

Rete posizionata in pre-indurimento senza trattamento (PRE): con rete chiusa prima dell'indurimento (nessun trattamento);

Rete posizionata in post-indurimento senza trattamento (POST): con rete chiusa all'indurimento (nessun trattamento);

Rete posizionata in pre-indurimento con trattamento (PRE+TRATT): con rete chiuse prima dell'indurimento (un trattamento a base di neem);

Rete posizionata in post-indurimento con trattamento (POST+TRATT): con rete chiusa all'indurimento (un trattamento a base di neem);

Controllo senza trattamento (CTRL) (nessun trattamento).

Le reti sono state appoggiate sulla chioma delle piante in momenti diversi. A parte il controllo che non ha ricevuto alcun tipo di trattamento, gli altri trattamenti si distinguono per il momento di applicazione delle reti e per la presenza/assenza di un trattamento a base di neem.

L'applicazione delle reti è stata fatta in due momenti differenti, in pre-indurimento del nocciolo (inizio luglio) e alla fase di post-indurimento del nocciolo (fine luglio).

Al momento della raccolta (novembre) per ogni albero è stata rilevata la produzione totale di frutti, il peso fresco di 30 frutti ed il numero di nodi dei germogli vegetativi. Inoltre, per ciascun albero in prova è stato raccolto un campione di 100 frutti destinati alle analisi di laboratorio.



Figura 2. Olivi coperti con reti

3.2 Laboratorio

I campioni raccolti dagli alberi della cultivar Piantone di Mogliano, precedentemente divisi per pianta e per trattamento, sono stati denocciolati e analizzati per la determinazione di grasso, della percentuale di acido oleico e dei perossidi.

3.2.1 Denocciolamento

Per effettuare il denocciolamento, i campioni di olive della cultivar Piantone di Mogliano sono stati suddivisi in subcampioni, omogenei e rappresentativi.

Successivamente è stato effettuato il denocciolamento delle olive (Figura 3 e 4) tramite l'utilizzo di un comune denocciolatore da cucina e di un coltello per rimuovere eventuali residui di polpa rimasti aderenti al nocciolo. I noccioli sono stati pesati e separati, così da poter effettuare, dopo aver rilevato anche il peso della polpa, il rapporto polpa nocciolo.

La polpa poi è stata macinata utilizzando un frullatore da cucina ed una parte, 3g, è stata fatta essiccare in stufa ad una temperatura di 90° gradi (Figura 5), per poter poi calcolare la percentuale di umidità presente all'interno della polpa; infatti, è stato pesato nuovamente il campione secco e tramite la formula seguente è stata calcolata la percentuale di umidità.

$$\% \text{ UMIDITA}' = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso secco}}{\text{peso fresco}} * 100$$

Le caratteristiche dei frutti che le cultivar di olivo da tavola devono presentare sono: elevato peso dei frutti (> 5g), elevato rapporto polpa-nocciolo e una percentuale della polpa superiore all'80%, che deve risultare anche consistente e croccante, in ragione del metodo di trasformazione adottato, e un facile distacco della polpa dal nocciolo. Frutti con rapporto polpa-nocciolo pari a 5 vengono considerati “molto buoni”; “ottimi” quando il rapporto è superiore a 6. (Francesca, Alfonso , & Prest, 2021)



Figura 3. Olive denocciolate del campione CTRL11



Figura 4. Olive denocciolate del campione Post+Tratt 7



Figura 5. Polpa fatta essiccare in stufa

3.2.2 Estrazione dell'olio

Per l'estrazione dell'olio sono stati prelevati da ogni subcampione 50 grammi di polpa macinata.

Successivamente la polpa, alla quale sono stati aggiunti 200 ml di Metanolo, è stata omogeneizzata con l'UltraTurrax (Figura 6) per circa due minuti e dopo aver aggiunto 50 ml di Cloroformio è stata omogeneizzata per altri due minuti.

Il prodotto omogeneizzato è stato posto su un filtro carta (Figura 7), sulla quale sono stati versati ulteriori 50 ml di Cloroformio e dopo aver filtrato il tutto e riuniti i filtrati, questi vengono posti in un imbuto separatore (Figura 8) e dopo essere stati agitati energicamente sono stati lasciati decantare per qualche minuto.

Prelevata la fase inferiore, grassa, si è proceduto alla rimozione dei solventi mediante RotaVapor, (temperatura bagnetto termostato 40°C) (Figura 9). Il campione ottenuto è poi stato stoccato a -20°C e utilizzato per le successive analisi.



Figura 6. UltraTurrax

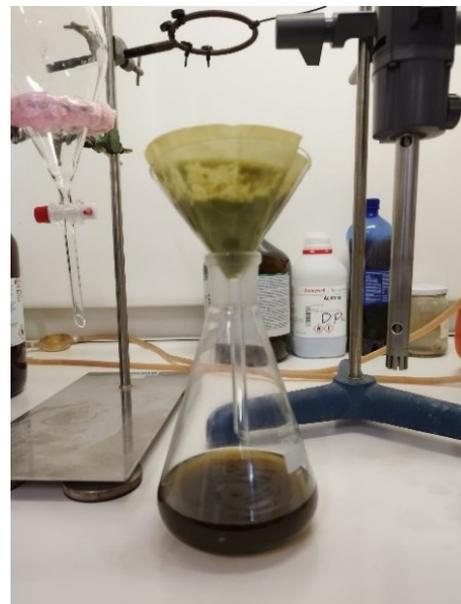


Figura 7. Filtraggio soluzione su filtro carta



Figura 8. Separazione delle fasi



Figura 9. Bagnetto termostatico a 40 gradi in RotaVapor

3.3.3 Acidità totale

Per la titolazione dell'acidità totale espressa in percentuale di acido oleico sono stati inseriti in un pallone 25 ml di etanolo e diethyl etere (Figura 10), alla quale sono state aggiunte poche gocce di fenolftaleina prima, e di KOH poi, fino a viraggio a rosa (Figura 12). Successivamente, su bilancia analitica, è stato aggiunto circa 1g di olio alla soluzione che tende a virare nuovamente. Su questa soluzione è stata effettuata poi la titolazione con KOH 0,1 per la prima replica e KOH 0,01 nella seconda, con l'utilizzo di una buretta volumetrica fino a nuovo viraggio della soluzione. Rilevato il volume di KOH utilizzato per effettuare la titolazione, è stata calcolata la percentuale di acido oleico tramite la formula

$$\% \text{ acido oleico} = \frac{V * C * PM}{10} * 100$$

Dove:

V: è il volume di KOH utilizzato per la titolazione fino al viraggio;

C: è la concentrazione del KOH, 0,1 nella prima replica e 0,01 nella seconda;

PM: è il peso molecolare dell'olio espresso in g/m.



Figura 10. Solventi utilizzati per la titolazione della percentuale di acido oleico



Figura 11. Campioni di olio utilizzati per le titolazioni



Figura 12. Soluzione di KOH e diethyl etere prima e dopo l'aggiunta di olio

3.3.4 Perossidi

Per la titolazione dei perossidi, è stato posto circa un grammo di olio, pesato su bilancia analitica, in un pallone, successivamente sono stati aggiunti 25 ml di acido acetico glaciale e cloroformio in rapporto 3:2 e 0,5 ml di Potassio Iodide 14g 10ml (Figura 13). Dopo aver agitato la soluzione per un minuto, questa è stata posta al buio per cinque minuti

Trascorsi i cinque minuti al buio sono stati aggiunti 75 ml di acqua e poche gocce di salda d'amido 1g/100 ml. Infine, è stata effettuata la titolazione con tiosolfato di sodio 0,001 M,

grazie all'utilizzo di una buretta volumetrica, fino al viraggio di colore verso il trasparente (Figura 14). Rilevato il volume di tiosolfato di sodio utilizzato per titolare, questo va inserito all'interno della formula:

$$PV = \frac{V*T*1000}{m}$$

Dove:

PV è il numero di perossidi;

V è il volume di tiosolfato di sodio utilizzato fino a viraggio della soluzione a trasparente;

T è l'esatta molarità del tiosolfato di sodio, in questo caso 0,001 M;

m è il peso in grammi del campione utilizzato per la prova.

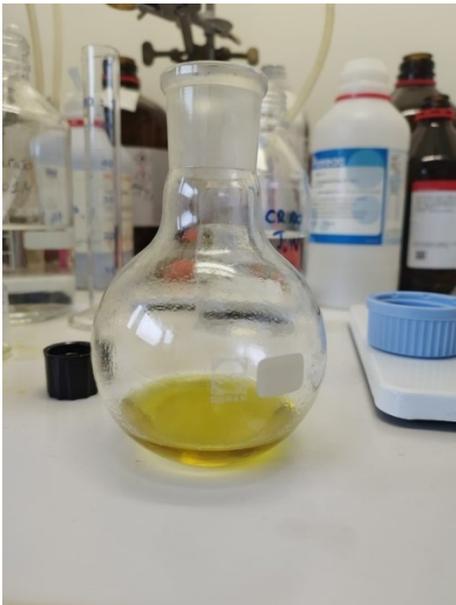


Figura 13. Soluzione di olio, acido acetico glaciale e Potassio Iodide



Figura 14. Soluzione trasparente, viraggio completo

È stato effettuato il calcolo della media dei trattamenti e della relativa deviazione standard e successivamente è stato effettuato il test Tukey-Kramer per la separazione delle medie con percentuali di confidenza diverse in base al parametro analizzato.

5. Risultati e discussione

I diversi risultati ottenuti riguardo i parametri analizzati, devono essere contestualizzati e discussi, per cercare di capire quali sono davvero i fenomeni che hanno fatto sì che le differenze tra i campioni del controllo e quelli coperti fossero così evidenti e marcate, ma per capire soprattutto le differenze presenti tra i valori riscontrati tra le piante coperte in pre-indurimento del nocciolo e quelle coperte in post-indurimento. In questo contesto, a seguito dell'analisi statistica, non avendo rilevato differenze significative tra applicazione e non applicazione del trattamento a base di neem per le rispettive epoche di posizionamento delle reti, si è preferito accorpare i dati e presentare i risultati riferiti ai soli trattamenti di rete posizionata in pre- e post-indurimento. Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in campo per quanto riguarda la produzione di frutti per pianta (kg) e il peso fresco del frutto (g). Inoltre, sono presentati i risultati ottenuti in laboratorio per quanto riguarda il rapporto polpa/nocciolo, l'olio estratto, l'acidità totale espressa in percentuale di acido oleico e il numero di perossidi.

I valori del controllo sono risultati più influenzati in tutti i parametri analizzati, questo perché le olive erano state danneggiate fortemente dalla mosca. Infatti, osservando i seguenti grafici riferiti alla presenza media di mosca nei campioni di frutti (Figura 15, 16, 17) nei tre anni di sperimentazione, si può notare come vi siano differenze significative tra il controllo (A) con valori decisamente alti, e gli alberi coperti con reti (B). Differenze che invece sembrano non essere presenti tra gli alberi coperti in pre-indurimento del nocciolo (B) e quelli coperti in post-indurimento (B).

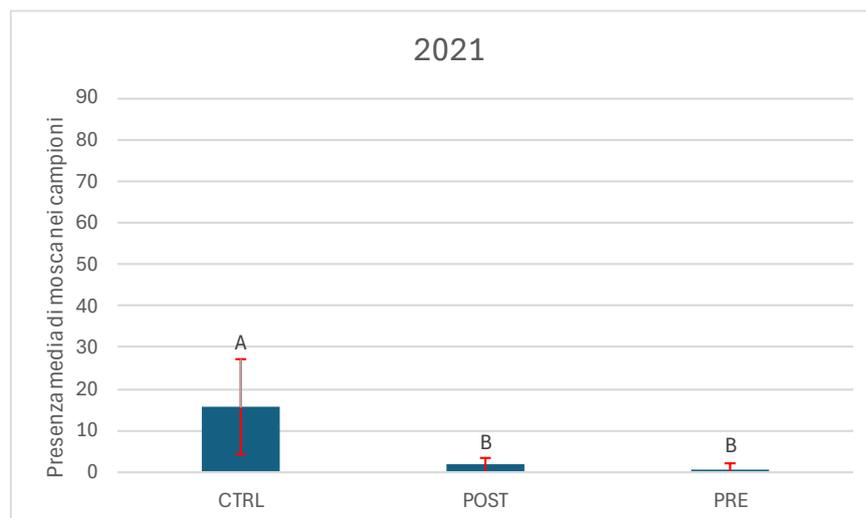


Figura 15. Rappresentazione grafica della presenza media di mosca nei campioni, 2022. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

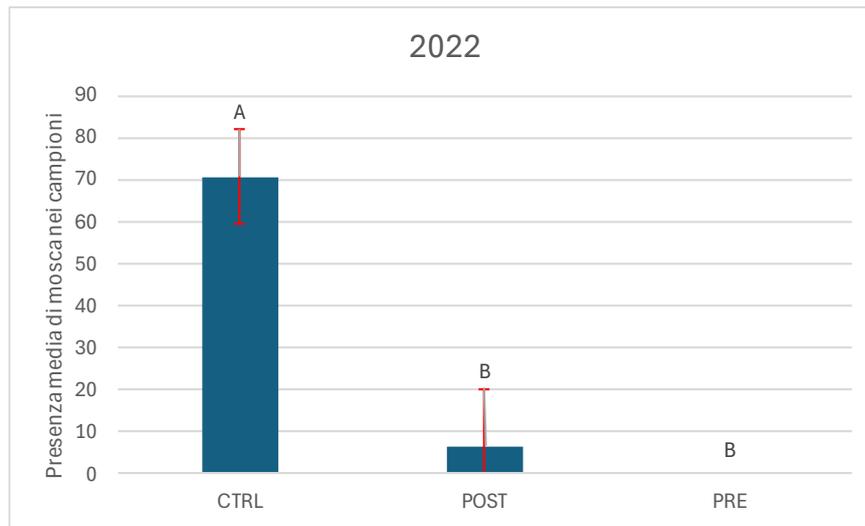


Figura 16. Rappresentazione grafica della presenza media di mosca nei campioni, 2021. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

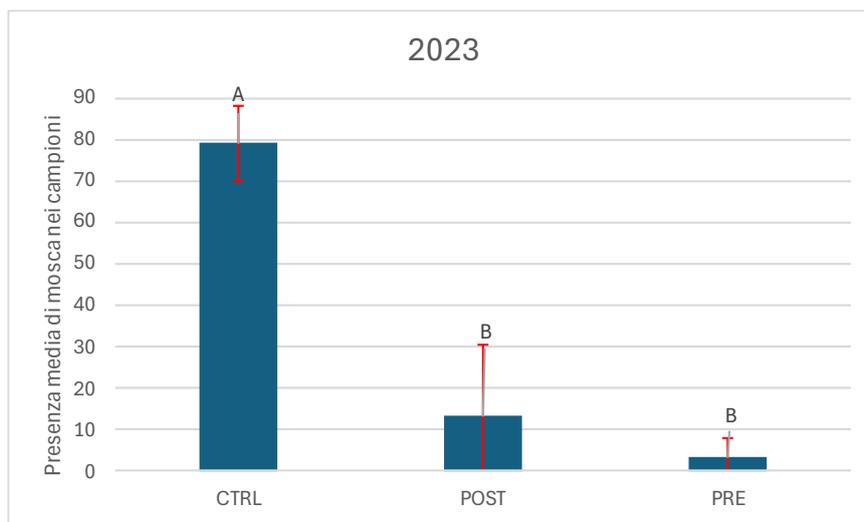


Figura 17. Rappresentazione grafica della presenza media di mosca nei campioni, 2023. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

Proprio per questo motivo, di rilevante importanza risulta valutare meglio gli effetti che sono stati osservati nell'applicazione delle reti in momenti diversi, dato che l'influenza della mosca in questi parametri è minima o nulla, mentre nel controllo l'eccessiva presenza di frutti attaccati dalla mosca ha influito drasticamente su tutti gli altri parametri, come vedremo successivamente.

5.1 Produzione di frutti per pianta

I dati riferiti alla produzione di frutti per albero (kg), osservabili per i tre diversi anni, 2021 (Figura 18), 2022 (Figura 19), 2023 (Figura 20), mostrano come le produzioni medie siano state molto discontinue nelle tre annate. Infatti, si può notare che le produzioni sono maggiori nel 2021, rispetto alle produzioni del 2023, ma soprattutto rispetto alle produzioni del 2022 (anno di forte scarica produttiva).

Per quanto riguarda i valori ottenuti nel 2021, i migliori valori medi sono stati osservati nel PRE, precisamente di $9,48 \pm 2,36$ kg, nel 2022, i valori medi più alti sono stati riscontrati nel POST, con valori di $0,86 \pm 0,93$ kg con differenze tra i trattamenti relativamente ridotte. Il 2023, invece, è caratterizzato da valori medi maggiori nel POST.

In particolare, è interessante notare come non vi siano differenze significative tra i diversi trattamenti all'interno dello stesso anno per quanto riguarda i dati della produzione di frutti per pianta.

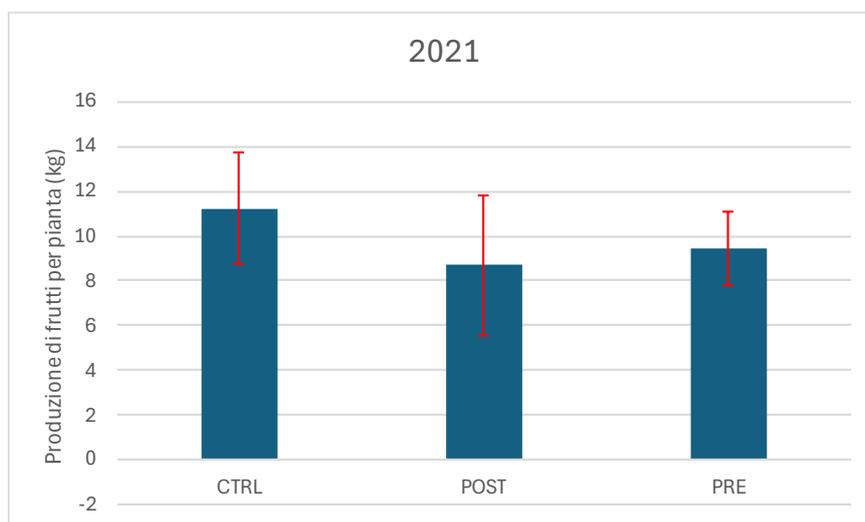


Figura 18. Rappresentazione grafica della produzione di frutti per pianta (kg) dei campioni, 2021. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0083$).

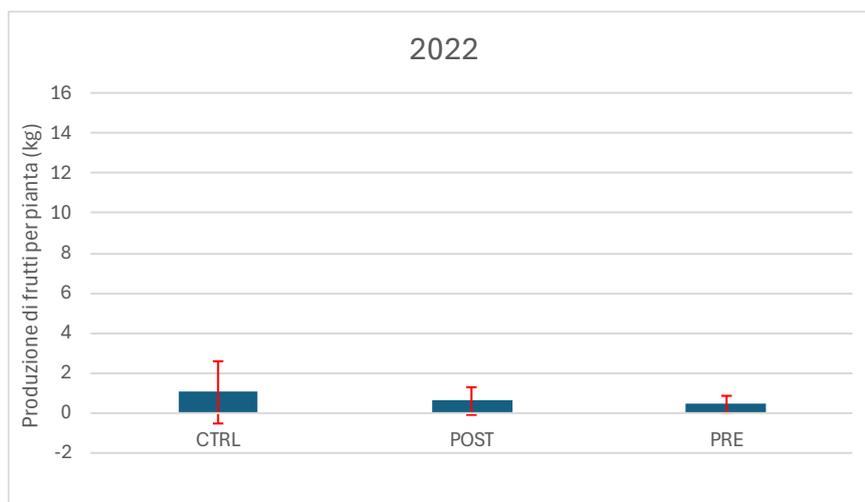


Figura 19. Rappresentazione grafica della produzione di frutti per pianta (kg) dei campioni, 2022. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,3837$).

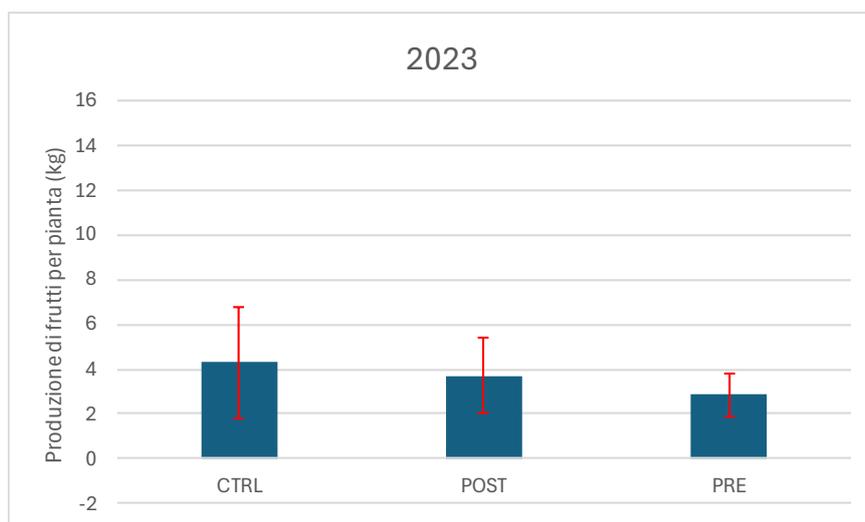


Figura 20. Rappresentazione grafica della produzione di frutti per pianta (kg) dei campioni, 2023. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,2091$).

5.2 Peso fresco del frutto

Per quanto riguarda il peso fresco del frutto (g), i tre diversi grafici sottostanti riferiti agli anni 2021 (Figura 21), 2022 (Figura 22), 2023 (Figura 23), mostrano valori più o meno costanti del peso medio del frutto ma andamenti diversi nei singoli anni in base al trattamento effettuato.

Andando a comparare il controllo dei tre diversi anni, con gli altri trattamenti, si può facilmente osservare che i valori medi del controllo che sono di $2,92 \pm 0,26$ g nel 2021, $3,87 \pm 0,31$ g nel

2022 e di $2,62 \pm 0,36$ g nel 2023, risultano essere più bassi se paragonati specialmente ai trattamenti effettuati nel POST dove si riscontrano valori medi di $3,20 \pm 0,42$ g nel 2021, $4,07 \pm 0,31$ nel 2022 e di $3,53 \pm 0,45$ nel 2023.

Osservando il 2021, si può notare che ci sono differenze statisticamente significative tra il POST (A) e il CTRL (B), mentre queste differenze non sono essere presenti tra il PRE(AB) e il POST(A) e tra il PRE (AB) e il CTRL (B).

Nel 2022, invece, il grafico mostra come non ci siano differenze significative tra i tre diversi trattamenti.

Il 2023 è caratterizzato da differenze statisticamente significative presenti tra POST (A) e CTRL (B) e tra PRE (A) e CTRL (B) e differenze non significative tra POST (A) e PRE (A).

In ogni caso, sia in presenza, sia in assenza di differenze statisticamente significative, si può osservare come i valori migliori siano quelli del posizionamento delle reti POST indurimento del nocciolo.

Infatti, i valori del PRE sono di $3,18 \pm 0,31$ nel 2021, di $3,87 \pm 0,34$ nel 2022 e di $3,10 \pm 0,60$ nel 2023, leggermente più bassi rispetto ai valori osservati nel POST in cui i valori sono di $3,20 \pm 0,42$ nel 2021, di $4,07 \pm 0,31$ nel 2022 e di $3,53 \pm 0,45$ nel 2023.

Come vedremo anche successivamente, questo andamento dei dati rilevati a favore del POST, per quanto riguarda specialmente gli aspetti quantitativi, può essere spiegato dal maggior tempo di esposizione alla radiazione che ha consentito un maggiore fotosintesi ed un conseguente aumento del peso fresco del frutto.

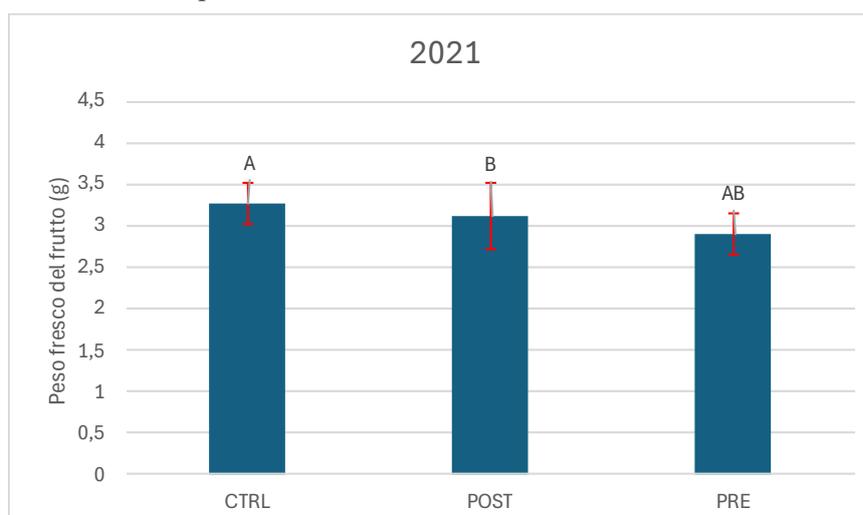


Figura 21. Rappresentazione grafica della media del peso fresco del frutto (g) dei campioni, 2021. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0431$).



Figura 3. Rappresentazione grafica della media del peso fresco del frutto (g) dei campioni, 2022. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,8112$). Non sono state riscontrate differenze significative perciò sono assenti le lettere di significatività.

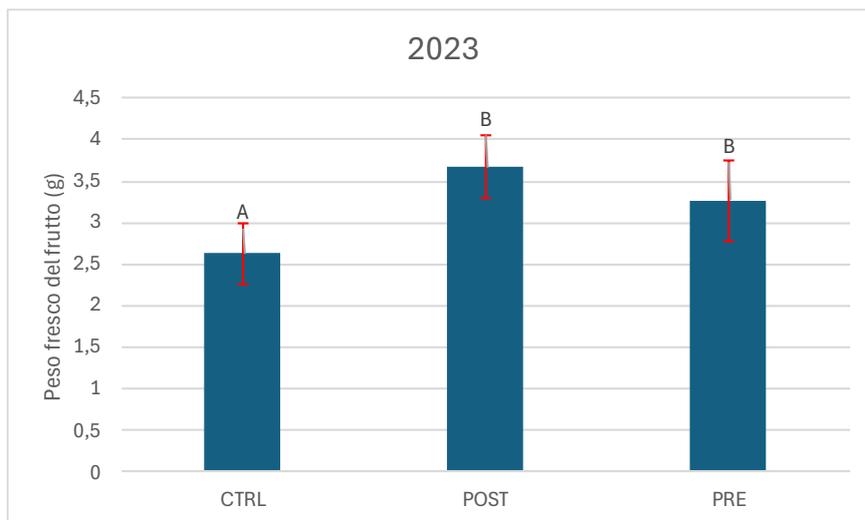


Figura 23. Rappresentazione grafica della media del peso fresco del frutto (g) dei campioni, 2022. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,001$).

5.3 Rapporto polpa/nocciolo e umidità

Nella figura 24 è rappresentata la media del rapporto polpa/nocciolo con le differenti lettere di significatività. È possibile osservare differenze statisticamente significative tra il controllo (B) e le piante coperte da reti (A), mentre non risultano differenze statisticamente significative tra le piante coperte nel pre e quelle coperte nel post indurimento del nocciolo, contrassegnate, infatti, con la stessa lettera (A). I valori del POST sembrano comunque, anche in assenza di differenze statisticamente significative, superiori rispetto a quelli del PRE. Infatti, per quanto riguarda i risultati ottenuti dai campioni sulla quale le reti sono state poste nella fase di post-indurimento del nocciolo, questi risultano essere su valori superiori al 4, più precisamente di $4,72 \pm 0,34$ nel POST, più alti rispetto ai $4,06 \pm 0,23$ del PRE.

Questa differenza potrebbe essere legata ad un'esposizione alla luce per un lasso di tempo superiore rispetto alle piante del PRE che ha portato quindi ad avere una fotosintesi netta più alta per un periodo maggiore, che si è tradotta in un aumento del rapporto polpa/nocciolo.

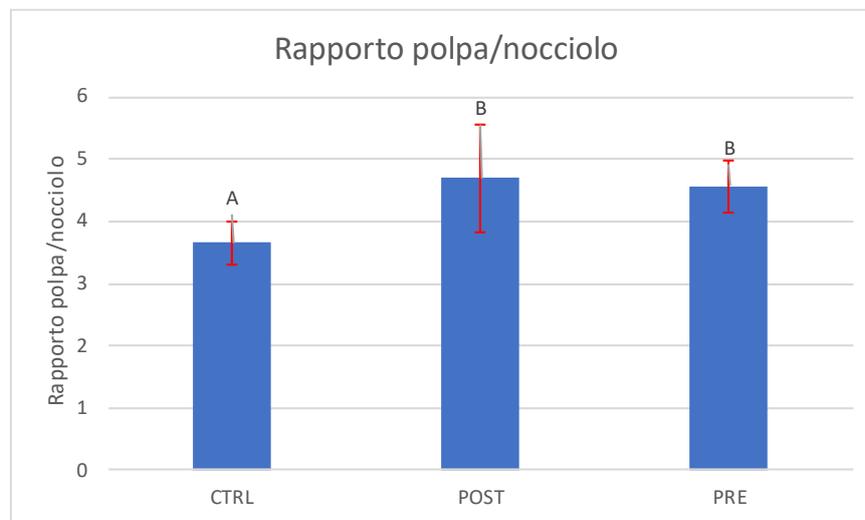


Figura 24. Rappresentazione grafica della media del rapporto polpa/nocciolo. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

Prendendo in considerazione, la percentuale di umidità del frutto, come si può osservare nella figura 25, vi sono differenze statisticamente significative tra i valori del controllo (B) e quelli degli alberi coperti con reti (A), mentre non sono presenti differenze significative tra i valori

riferiti all'applicazione delle reti nella fase di pre-indurimento del nocciolo (A) e nella fase di post-indurimento (A).

Infatti, si può osservare che i valori del controllo mediamente non superano il 60% di umidità nella polpa, a differenza degli altri che invece superano questo valore, posizionandosi su valori medi di 65,45 nel PRE e di 66,01 nel POST.

Le differenze tra il controllo e i due trattamenti di copertura, evidenti anche durante la fase di denocciolamento in cui le olive del controllo apparivano mummificate, possono essere spiegate dall'azione della mosca, che ha causato sottrazione della polpa e successiva suberificazione dei tessuti.

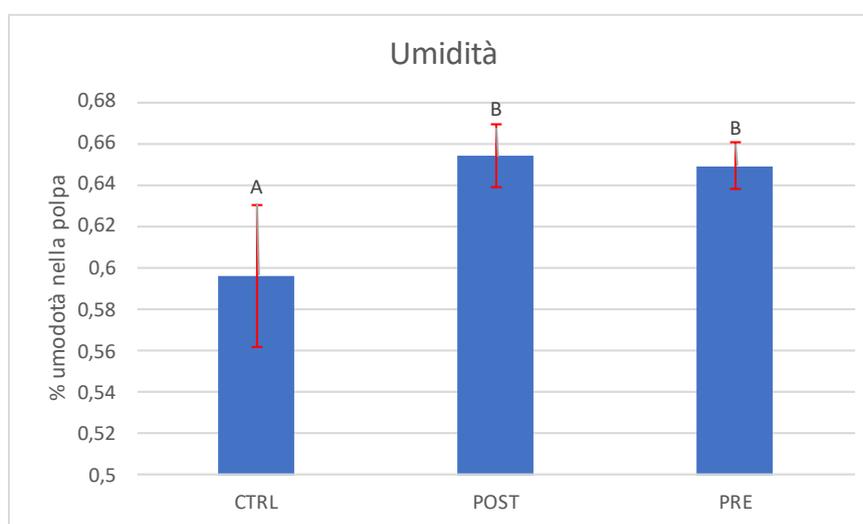


Figura 25. Rappresentazione grafica della media della percentuale di umidità. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

5.4 Olio estratto

La media dell'olio estratto dai campioni suddivisi come controllo, post-indurimento e pre-indurimento, rappresentate all'interno della figura 26 mostra un andamento diverso rispetto gli altri parametri analizzati. Infatti, osservando la seguente figura è possibile vedere che vi sono differenze significative tra POST (A) e CTRL (B), ma non vi sono differenze significative tra PRE (AB) e POST (A) e tra PRE e CTRL (B).

L'olio medio estratto del controllo risulta essere di $11,66 \pm 1,43$ g olio/g polpa, molto più basso se paragonato al PRE $13,29 \pm 1,85$ e in particolare al POST che risulta essere di $14,29 \pm 1,43$.

Anche in questo caso i valori risultano comunque essere a favore dell'applicazione delle reti nel post-indurimento del nocciolo e questo potrebbe essere spiegato dal fatto che l'applicazione delle reti nel PRE, seppur anticipata per un tempo relativamente breve (20 giorni), ha limitato le capacità fotosintetiche della chioma portando ad avere un minore accumulo di olio all'interno del frutto.

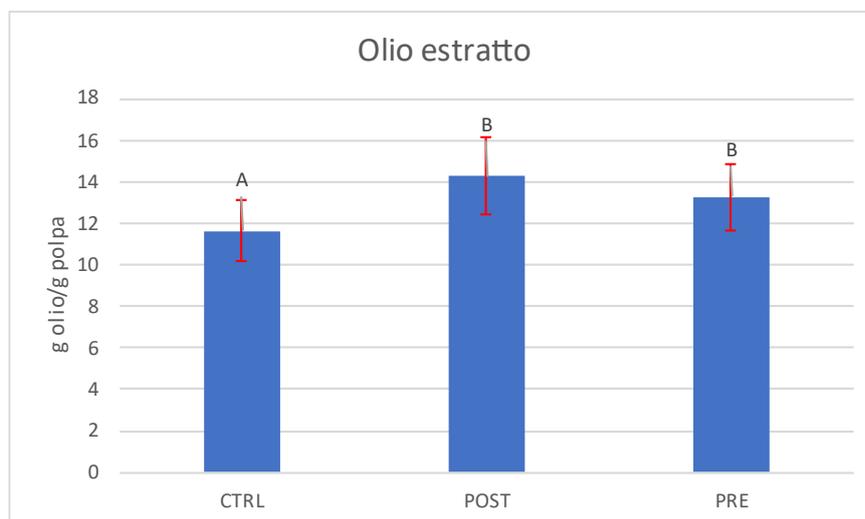


Figura26. Rappresentazione grafica della media dell'olio estratto dai campioni. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0014$).

5.5 Acidità totale

Osservando i parametri qualitativi analizzati in laboratorio, riferiti all'acidità totale, espressa come percentuale di acido oleico (Figura 27), ed al numero di perossidi ($\text{meq O}_2/\text{kg}$) (Figura 28), si può notare come il controllo (A) mostri differenze significative in entrambe le titolazioni effettuate. Questo perché, l'effetto della presenza di larve nella drupa ha causato sottrazione di polpa ma soprattutto l'ossidazione dei tessuti, dovuta sia all'ingresso di O_2 sia all'emissione di saliva da parte della larva.

I risultati medi ottenuti nel controllo di entrambe le repliche risultano essere di $1,38 \pm 0,26$ valori ben oltre l'unità. Questo non accade negli altri trattamenti, in cui i valori risultano essere di $0,75 \pm 0,15$ nel POST, e di $0,73 \pm 0,18$ nel PRE, indipendentemente dal momento di applicazione delle reti e dei trattamenti effettuati.

Per quanto riguarda invece, le differenze di acidità totale riscontrate tra i due diversi momenti di applicazione delle reti, non ci sono differenze statisticamente significative, infatti nella figura 27, è possibile vedere come i due trattamenti siano indicati dalla stessa lettera di significatività (B).

Tabella 1. Test di separazione delle medie (Tukey-Kramer) effettuato su dati dell'acidità totale.

Source	DF	Sum of Square	Main Square	F ratio	Prob > F
Trattamento	2	6,5847716	3,29239	72,3151	<.0001
Errore	62	2,9138124	0,04553		
C. Total	64	9,4985839			

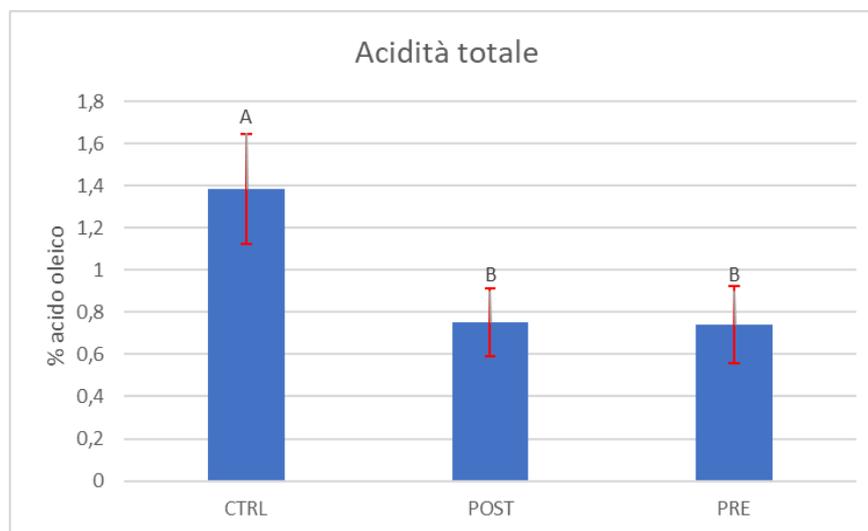


Figura 27. Rappresentazione grafica della media dell'acidità totale, misurata in 2 repliche. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

5.6 Perossidi

Lo stesso si può dire per il numero di perossidi, in cui sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra il controllo (A) e le piante coperte con reti (B), mentre non risultano differenze significative tra le piante coperte prima dell'indurimento del nocciolo (B) e quelle coperte dopo (B) (Figura 41).

I valori medi di entrambe le repliche del controllo risultano essere decisamente alti, ben oltre il valore soglia che rende l'alimento commestibile, precisamente di $18,80 \pm 3,85$ (meq O_2 /kg).

Le stesse analisi effettuate sul pre- e sul post-indurimento hanno riportato valori di $9,20 \pm 0,80$ nel PRE e di $8,75 \pm 0,68$ nel POST.

Tabella 2. Test di separazione delle medie (Tukey-Kramer) effettuato su dati dei perossidi.

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F ratio	Prob > F
Trattamento	2	1485,7531	742,877	121,6048	<.0001
Errore	62	378,7543	6,109		
C. Total	64	1864,5074			

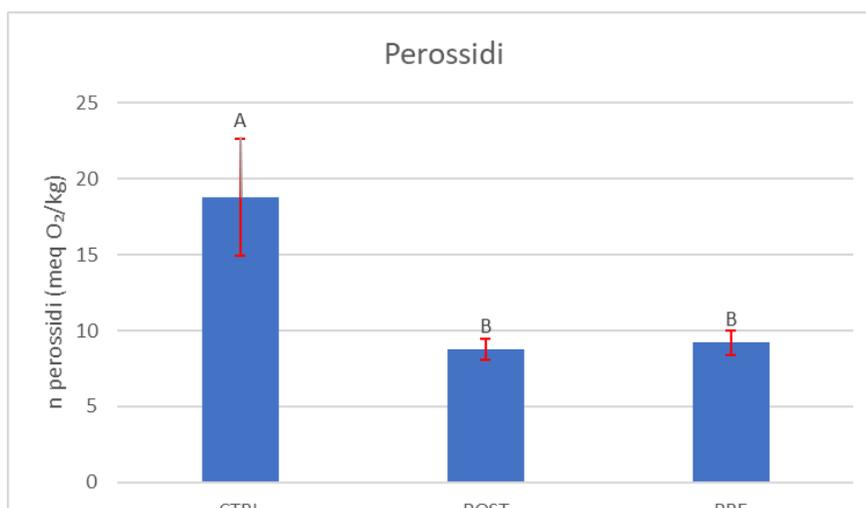


Figura 28. Rappresentazione grafica della media del numero di perossidi, misurata in 2 repliche. Dati presentati come media \pm deviazione standard (in rosso). Lettere diverse indicano differenze significative secondo il test Tukey-Kramer ($p < 0,0001$).

6. Conclusioni

In conclusione, i risultati ottenuti hanno dimostrato che le reti hanno un effetto positivo sulla maggior parte dei caratteri quantitativi come il peso fresco del frutto, il rapporto polpa/nocciolo e la quantità di olio estratto, ma cosa più interessante è stato notato come alcuni parametri siano variati con l'utilizzo delle reti in pre-indurimento del nocciolo e in post-indurimento. La tempestività nell'applicazione delle reti, si è dimostrato un fattore fondamentale, che ha portato ad avere, nella maggior parte dei casi, risultati migliori quando le reti sono state applicate nella fase di post-indurimento del nocciolo.

Questo, può essere un interessante oggetto di studio, sia per quanto riguarda la fisiologia della pianta, dato che le due fasi, separate solo da 20 giorni, portano ad avere risposte differenti in base all'epoca di applicazione delle reti, ma anche per quel che riguarda l'agricoltura di precisione, in particolare il rilevamento di momenti ottimali in cui intervenire con tecniche colturali che possono influenzare positivamente la produttività e la qualità.

Per quanto riguarda gli aspetti quantitativi, come visto in precedenza, l'utilizzo di reti ha influito positivamente sul peso fresco del frutto e sul rapporto polpa/nocciolo. Le differenze sono sicuramente più marcate tra i valori riscontrati sui campioni raccolti dalle piante del controllo e quelli raccolti da piante coperte con reti. Per quanto riguarda, invece, le differenze tra i campioni raccolti dalle piante del PRE e quelle del POST, riferiti ai caratteri quantitativi, queste risultano essere minime, ma comunque a favore del POST.

I valori dell'umidità presente all'interno della polpa dell'olivo, invece, non sembrano essere influenzati dal momento di applicazione delle reti, ma sicuramente risultano migliori negli alberi coperti con reti rispetto al controllo.

L'analisi dei dati, riferita all'olio estratto (g olio/g polpa) ha mostrato che seppur di poco, è stato estratto più olio dalle olive provenienti dal trattamento di copertura POST rispetto al PRE.

I valori riferiti alla qualità, evidenziati da una significativa riduzione dell'acidità totale espressa in percentuale di acido oleico e numero di perossidi (meq O₂/kg) negli alberi coperti con reti rispetto al controllo, indicano che le reti di copertura contribuiscono a creare un microclima favorevole che riduce lo stress foto-ossidativo delle foglie nella chioma, migliorando così la qualità del prodotto finale rispetto agli alberi non coperti. In particolare,

confrontando i diversi valori ottenuti nel PRE e nel POST, è stato possibile osservare come i parametri qualitativi siano poco influenzati dal differente momento di applicazione delle reti.

L'applicazione delle reti, dunque, ha sicuramente effetti positivi rispetto al controllo non coperto, ma l'applicazione in momenti diversi sembra portare miglioramenti sotto il punto di vista quantitativo per quasi tutti i parametri analizzati, mentre i parametri qualitativi sembrano meno influenzati dal diverso momento di applicazione.

Seppur pochi, 20 giorni di differenza nell'applicazione delle reti, fanno sì che le piante del POST abbiano garantito livelli di fotosintesi superiori rispetto al PRE, evidentemente in una fase fenologica cruciale per quanto riguarda lo sviluppo del frutto.

Inoltre, l'applicazione temporanea delle reti, a differenza dell'applicazione permanente, evita che la pianta assuma comportamenti volti a sfuggire all'ombra, comportamenti che quindi porterebbero a consumo di risorse che la pianta potrebbe usare per la produzione, ma che invece userà per cambiare le proprie caratteristiche morfologiche per adattarsi alla situazione di ombra.

Tuttavia, va riconosciuto che l'implementazione di tali reti comporta costi elevati. L'acquisto, l'installazione e la manutenzione delle reti rappresentano un investimento significativo per i produttori di olio d'oliva. Nonostante questi costi iniziali, i benefici a lungo termine per quanto riguarda il miglioramento della qualità dei frutti e dell'olio, prolungamento della sua conservabilità e potenziale aumento del valore di mercato, potrebbero giustificare l'investimento.

Guardando al futuro, ulteriori studi potrebbero esplorare diverse combinazioni di materiali per le reti, soluzioni più economiche e sostenibili, e la loro applicazione in varie condizioni climatiche e geografiche. Inoltre, l'integrazione delle reti di copertura con altre pratiche agricole innovative potrebbe amplificare i benefici osservati, contribuendo a una produzione di olio d'oliva e olive da mensa sempre più sostenibile e di alta qualità.

In conclusione, l'adozione delle reti di copertura rappresenta una strategia promettente per i produttori di olio d'oliva e olive da mensa che mirano a migliorare la qualità del loro prodotto e la quantità, proteggere l'ambiente e rispondere alle crescenti esigenze di un mercato sempre più orientato alla sostenibilità. Con il continuo avanzamento della ricerca e l'innovazione tecnologica, le reti di copertura potrebbero diventare una componente standard della moderna olivicoltura, apportando benefici sia agli agricoltori che ai consumatori.

Bibliografia

- Agrimonti, C., Vietina, M., Pafundo, S., Marmioli, N., ., & . (2011). The use of food genomics to ensure the traceability of olive oil. *Trends in Food Science & Technology*, (p. 237-244).
- Ariza Seguin, M., Patier, E. D., & Arroyo, F. M. (2003). La lucha contro la erosión en el cultivo del olivar en pendiente. *Agricultura revista agropecuaria*.
- Benlloch-González, M., Sánchez-Lucas, R., & Ricardo, F. E. (2018). An approach to global warming effects on flowering and fruit set of olive trees growing under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 405-410.
- Bohning, R. H. (1956). *The effect of light intensity on rate of apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plants*. . American Journal of Botany.
- Bongi , & Long. (1987). *Light-dependent damage to photosynthesis in olive leaves during chilling and high temperature stress*. Plant, Cell & Environment.
- Bongi , G., & Palliotti, A. (2018). In Handbook of environmental physiology of fruit crops. *CRC PRESS*, 165-187.
- Brunori, A., Proietti, S., Sdringola, P., Evangelisti, N., Nasini, L., & Regni, L. (2014). Ambiente, così l'oliveto sequestra il carbonio. *Olivo & olio*, 36-39.
- Castellano , S., Mugnozza, G. S., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S., & Waaijenberg, D. (2008). *Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications*. *Applied engineering in agriculture*.
- Castellano, S. M.-8. (s.d.).
- Cherbiy-Hoffmann, S. U., Hall , A. J., Rousseaux, C. M., ., ., & . (2012). *Fruit, yield, and vegetative growth responses to photosynthetically active radiation during oil synthesis in olive trees*. Buenos Aires, Argentina: Scientia Horticulturae.
- Cimato, A., Attilio, C., Feci, E., Žužić, I., Žužić, Đ., & . (2008). Produzioni e Biodiversità nella moderna Olivicoltura. *Pomologia Croatica: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 179-194.
- Cimato, A., Attilio, C., Feci, E., Franchini, E., ., ., & . (2006). Olivo e risorse genetiche: varietà e biodiversità che tracciano i confini del mondo. *Mediterranea*, 40-41. Tratto da researchgate.net.
- Conde, C., Delrot, S., & Geros, H. (2008). Physiological, biochemical and molecular changes. *Journal of Plant Physiology*, 1545—1562.
- Crescenzi, S., Zucchini, M., Neri, D., Giorgio, V., Trobbiani, P., & Bastianutto, S. (2023). Mosca, la risposta fisiologica e produttiva con reti anti-insetto. *V Convegno Nazionale dell'Olivo e dell'Olio*.

- Cuevas, J. R. (1994). Initial fruit set at high temperature in olive, *Olea europaea*. *Journal of Horticultural Science*, 665-672.
- Di Nunzio, M., & Neri, D. (2019). *FLOWERING AND GROWTH OF THE OLIVE FRUIT IN HIGH DENSITY*. Ancona: UNIVPM.
- Efe, R., Soykan, A., Sönmez, S., & Cürebal, İ. (2009). The effect of temperature conditions on olive (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*) growing and phenological, pomological characteristics in Turkey. *Ekoloji*, 17-26.
- Fabbri, A., Lombardi, M., Kailis, S., Bartolini, G., ., & . (2004). *Olive propagation manual*. Landlinks Press.
- Famiani, F., & Gucci, R. (2011). Moderni modelli olivicoli. *Accademia Nazionale dell' Olivo e dell' Olio*.
- Fitogest. (2023, Luglio 14). Tratto da Mosca dell'olivo, usare le reti antinsetto conviene?: <https://fitogest.imagelinenetwork.com/it/news/2023/07/14/mosca-dell-olivo-usare-le-reti-antinsetto-conviene/79297>
- Francesca, N., Alfonso, A., & Prest, R. (2021). *Olivicoltura da tavola: un settore da valorizzare*. Firenze: Edizioni Polistampa.
- Franchini, E. C. (s.d.).
- Franchini, E., Cimato, A., Costantini, E., ., ., & . (2006). 29. *Olivo*. Siena: Costantini, E.A.C.
- Gallo, C. (2022). Reti fotoselettive in frutticoltura: ce n'è per tutti i colori. *Agronotizie*.
- Gregoriou, K., Pontikis, K., & Vemmos, S. (2007). *Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive (Olea europaea L.)*. Athens, Greece: PHOTOSYNTHETICA.
- Iannotta, N., Loconsole, G., Noce, M. E., Saponari, M., Savino, V. N., & . (2012). *Principali patogeni e difesa*.
- Lodolini, E. M., Riolo, P., Bastianutto, S., Polverigiani, S., Minuz, R. L., Isidoro, N., & Neri, D. (2018). Use of nets in olive orchard management. *Environmental Physiology in Orchard Systems*.
- Lodolini, E., Trobbiani, P., Bastianutto, S., Polverigiani, S., Neri, D., ., & . (2017). Utilizzo delle reti a fini produttivi e di difesa. *Olivo e Olio*.
- Lodolini, E., Trobbiani, P., Bastianutto, S., Polverigiani, S., Neri, D., ., . . . (2017, Settembre 20). L'uso delle reti contro la mosca nel bio e per le olive da mensa. *Terra e vita*.
- Loumou, A., & Giourga, C. (2003). Olive groves: "The life and identity of the Mediterranean". *Agriculture and human values*, 87-95.

- Marino, C., Manca, G., Matteucci, G., Scarascia-Mugnozza, G., ., & . (2005). Climate change in the Mediterranean basin: a cases tudy on carbon cycle in a forest of southern Italy. *Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 52-65.
- Morelli, G., & Ruberti, I. (2002). Light and shade in the photocontrol of Arabidopsis growth. *Trends in plant science*, 399-404.
- Neri, D. (2022, Agosto 10). Reti fotoselettive in frutticoltura: ce n'è per tutti i colori. (A. D. CLIENTI, Intervistatore)
- OCSE. (2013, OECD (2023), Policies for the Future of Farming and Food in the European Union, OECD Agriculture and Food Policy Reviews, OECD Publishing, Paris, Olivicoltura sostenibile e gestione del suolo). Olivicoltura sostenibile e gestione del suolo. 91-96.
- Osmond, & Chow. (1988). Ecology of photosynthesis in the sun and shade: summary and prognostications. *Functional Plant Biology*,, 1-9.
- Pizzinat, A., Vittone , G., Nari, L., Bevilacqua, A., Asteggiano, L., & Neri, D. (2015). Positive influences of photoselective hail nets in apple production. *Informatore Agrario*, 71(41), 41-44.
- Pometti, M. (2011). *Il controllo delle avversità dell'agro-ecosistema olivo*. Cosenza: Agenzia regionale per lo sviluppo e per i servizi in agricoltura.
- Rinaldelli, E. &. (1994). *Cell transmembrane electropotentials in adventitious roots of Olea europaea L. cv. Frantoio as related to temperature, respiration, external potassium, anoxia, and 2, 4-dinitrophenol treatments*. Advances in Horticultural Science.
- Roselli, L., & De Gennaro, B. (2011). Modelli olivicoli innovativi: un'analisi comparativa. *Edagricole*.
- Shloberg, M., Biton, I., Many, Y., Doron-Faigenboim, A., Zemach, H., Hovav, R., . . . Nassim, Y. (2020). *High temperature environment reduces olive oil yield and quality*. TRINIDAD AND TOBAGO: Aidan D. Farrell, University of the West Indies.
- Simeone, V., Tucci, M., Viti, R., Calabrese, J., Perri, E., & . (2013). Linee guida per la gestione degli oliveti secolari. *Journal of Food Science and Nutrition*, Simeone, V., Tucci, M., Viti, R., Calabrese, J., & Perri, E. 127-163.
- Sofo, A., Dichio, B., Montanaro, G., Xiloyannis, C., ., & . (2009). Photosynthetic performance and light response of two olive cultivars under. *PHOTOSYNTHETICA*, 602-608.
- Tombesi, A., & Cartechini, A. (1986). Tombesi, A., & Cartechini, A. (1). L'effetto dell'ombreggiamento della chioma sulla differenziazione delle gemme a fiore dell'olivo. *Rivista di ortoflorofrutticoltura italiana*, 277-285.
- Tombesi, A., Correia, J., ., ., & . (2004). Pruning and solar energy interception of olive. *Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura*, 31-35.

- Trentacoste, E. R., Moreno-Alias, I., Gomez-del-Campo, M., Beyà-Marshall, V., Rapoport, H. F., ., & . (2017). Olive floral development in different hedgerow positions and orientations as affected by irradiance. *Scientia Horticulturae*, 226-234.
- Vedilei, N., Neri, D., & Giorgi, V. (2021). *Avversità atmosferiche in frutticoltura: difesa attiva e difesa passiva*. Ancona.
- Vignozzi, N., Agnelli, A., Platinetti, M., Pellegrini, S., Simoncini, S., Pagliai, M., & Palese, A. M. (2013, Vignozzi, N., Agnelli, A., Platinetti, M., Pellegrini, S., Simoncini, S., Pagliai, M., ... & Palese, A. M.). Olivicoltura sostenibile e gestione del suolo. *LA RIVISTA DI SCIENZA DELL'ALIMENTAZIONE*, p. 91-96.
- Viola, F., Noto, L. V., Cannarozzo, M., La Loggia, G., Pumo, D., & Porporato, A. (2010). Produttività dell'ulivo e dinamiche di umidità del suolo. *Atti del XXXII convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*.
- Zhang, J., Ge, J., & Li, J. (2022). *Effect of light intensities on the photosynthesis, growth and physiological performances of two maple species*.