DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

RISPOSTA FISIOLOGICA E PRODUTTIVA DELL'OLIVO PROTETTO CON RETI ANTINSETTO

PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE RESPONSE OF THE OLIVE TREE UNDER INSECTS NETS

TIPO TESI: Sperimentale

Studente:
Giovanni Colicchia

Relatore:
PROF. DAVIDE NERI

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

SOMMARIO

SOMMARIO 3

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE 5

1.1 Premessa 5

1.2 La frutticoltura protetta 6

1.2.1 Principi e scopi delle coperture 7

1.3 Le reti di copertura 7

1.3.1 Applicazioni agricole delle reti 8

1.3.2 Protezione contro rischi meteorologici 8

1.3.3 Riduzione e alterazione della radiazione solare 9

1.3.4 Protezione contro insetti 9

1.4 L'olivo 10

1.4.1 Ciclo vegetativo e riproduttivo 10

1.5 La mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*) 13

1.5.1 Morfologia 14

1.5.2 Biologia 15

1.5.3 Dinamica di popolazione 16

1.5.4 Danni 16

CAPITOLO 2 SCOPO DELLA TESI 17

CAPITOLO 3 MATERIALI E METODI 18

3.1 Operazioni 2021 20

3.1.1 Misurazioni fotosintesi 21

3.2 Operazioni alla raccolta 21

3.3 Operazioni 2022 22

3.4 Dati meteorologici 22

3.4.1 Precipitazione 22

3.4.2 Temperatura 23

3.4.3 Umidità 24
3.4.4 Analisi statistica 25
CAPITOLO 4 RISULTATI 26
4.1 Analisi sulla sanità delle olive 26
4.1.1 Olive sane 26
4.1.2 Olive attaccate dalla mosca 28
4.1.3 Olive danneggiate 30
4.2 Analisi su pesi e raccolta 32
4.2.1 Peso medio delle olive 32
4.2.2 Peso delle olive raccolte per pianta 33
4.3 Fioritura 2022 34
4.4 Analisi fotosintesi 35
4.4.1 Assimilazione netta di CO_2 35
4.4.2 Traspirazione 36
4.5 Analisi crescita germogli 2021 37
4.6 Analisi tempi di chiusura e apertura reti 38
CAPITOLO 5 DISCUSSIONI 41
CAPITOLO 6 CONCLUSIONI 43
BIBLIOGRAFIA 44

Capitolo 1
INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La filiera olivicolo-olearia in Italia è ampia e complessa. Oltre che olive e olio, essa fornisce altri beni e servizi, molti dei quali immateriali, tra cui quelli ambientali e paesaggistici. L'olivicoltura italiana si estende su oltre 1.150.000 ettari, la cui coltivazione insiste per circa due terzi in collina e bassa montagna ed è concentrata nelle regioni meridionali. La produzione media nazionale dovrebbe oscillare tra 400.000 e 600.000 t di olio, ma negli ultimi anni è stata molto inferiore a questi valori. L'andamento della produzione nazionale negli ultimi venti anni ha mostrato un calo strutturale (vi è stata una diminuzione del 15%; Fonte: IOOC), che determina seri motivi di apprensione per il futuro della filiera (Gucci, 2020). Tra gli agenti responsabili di questo calo di produzione un ruolo rilevante viene attribuito alle infestazioni di *Bactrocera oleae*, la mosca dell'olivo. Poiché gli indici economici sono saldamente connessi alla qualità e quantità delle produzioni e l'attacco della mosca comporta un decadimento delle proprietà sensoriali, salutistiche e nutraceutiche degli oli di oliva, si comprende come il controllo dell'attacco della mosca, realizzato possibilmente con un limitato uso di fitofarmaci, sia di vitale importanza per la ripresa del settore e per la riduzione dei rischi dovuti ai residui potenzialmente dannosi per la salute dei consumatori e la salubrità dell'ambiente (Giansante, et al., 2021).

Fra le ricerche in corso su mezzi di lotta alternativi contro *Bactrocera oleae* si affaccia l'impiego di reti escludi-insetto, soprattutto per la produzione di olive da tavola per cui l'attacco di mosca è tollerato con percentuali troppo basse per la difesa biologica o integrata. L'uso della rete di esclusione, come tecnica di gestione dei parassiti integrata, è considerato sempre più rilevante come mezzo per aumentare i raccolti e al contempo minimizzare l'uso di insetticidi. Tuttavia, l'impiego di queste reti, oltre a non poter essere considerato una soluzione definitiva al problema delle infestazioni da mosca, pone ulteriori perplessità riguardo i costi di smaltimento dei materiali a fine carriera.

1.2 La frutticoltura protetta

Nel secolo scorso la nascita e lo sviluppo dell'Ecologia hanno portato alla definizione del concetto di ecosistema (struttura che si auto-organizza, si auto-mantiene e si auto-evolve) (Odum, 1969). L'approccio ecosistemico è stato applicato anche alla realtà agraria ed in analogia con l'ecosistema è stato coniato il termine agroecosistema (ecosistema utilizzato a scopi agrari). La sostenibilità di un agroecosistema è la capacità di mantenere nel tempo un dato livello di produttività ed un dato livello quanti-qualitativo di risorse ambientali (Loucks, 1977). L'agroecosistema protetto, a differenza di altri agroecosistemi, può essere modificato al fine di massimizzare la produttività della coltura. Altre differenze significative riguardano la maggiore stabilità della produzione, ovvero le minori fluttuazioni di produttività nel tempo, ma anche minori fluttuazioni di quantità e qualità delle risorse impiegate e la minore autonomia, misurata in termini di dipendenza dagli input esterni all'agroecosistema. In questo senso, le tecniche di produzione in ambiente protetto si discostano in maniera marcata da quelle tipiche dell'agricoltura di pieno campo, fino a diventare dei veri e propri sistemi produttivi nei quali alcune tecnologie impiegate rappresentano una trasposizione pressoché diretta delle conoscenze scientifiche. Identificare fisicamente un agroecosistema prefigura due tipi di scenario, quello interno all'agroecosistema prescelto e quello del più ampio contesto ambientale in cui l'agroecosistema è inserito. Nel caso della singola coltura protetta le componenti del sistema sono rappresentate dagli input (risorse naturali e risorse antropiche), mentre l'output è rappresentato dal prodotto utile per unità di superficie (sostanza secca, energia, proteine, valore monetario). Il concetto di output va inoltre esteso alla produzione di impatto ambientale (positivo o negativo), che riguarda la modifica delle risorse naturali ed ambientali (suolo, acqua, aria, organismi, paesaggio). La misura della produttività non riguarda solo l'output ottenuto dal sistema ma, poiché il processo è attivato da input, anche il grado di trasformazione degli input in output ossia l'efficienza della trasformazione. In termini di sostenibilità, l'agroecosistema protetto è migliore quando:

a) riesce ad esprimere rese elevate con bassa intensità di utilizzazione delle risorse (bassi input di energia esterna per unità di output);
b) riesce a mantenere integri i meccanismi di produzione (es. la fertilità del suolo) o della sua difesa (es. controllo biologico di fitofagi e fitopatie) (Brydges, 2001).

1.2.1 *Principi e scopi delle coperture*

La coltura protetta delle piante da frutto, nata un tempo con lo scopo di proteggere i fruttiferi dai freddi invernali, è profondamente cambiata nelle finalità, nei mezzi e nelle strutture, fino ad evolversi in una semi-forzatura delle piante stesse, al fine di anticipare o ritardare l'epoca di maturazione del frutto. Ad oggi l'idea di proteggere i fruttiferi da temperature non idonee al loro ciclo di sviluppo, è ancora praticata nelle coltivazioni delle specie arboree di origine tropicale, allevate in climi sub-tropicali o temperato-mediterranei; tuttavia in tutti gli altri casi, la copertura delle specie arboree si realizza per finalità del tutto diverse, come la protezione da stress biotici (miceti, insetti, animali) e abiotici (vento, grandine, stress fototermico) realizzata con l'uso di reti di diverso colore e fittezza. Inoltre, le coperture consentono l'ampliamento del calendario di maturazione, con produzioni extra-precoci o extra-tardive di diversi fruttiferi, facendo loro svolgere parte del ciclo annuale sotto la copertura, anche in serra o tunnel, di film plastici (Inglese, et al., 2012)

1.3 Le reti di copertura

Le reti in plastica trovano largo impiego in diverse applicazioni agricole: protezione da grandine, vento, neve o forti precipitazioni in frutticoltura e ornamentali, reti ombreggianti per serre, o reti per modificare moderatamente il microambiente sono i casi più comuni. Inoltre, vengono spesso utilizzate reti per la protezione da insetti e uccelli vettori di virus, nonché per pratiche di raccolta e post-raccolta. Nel mercato, sia i prodotti tessuti che quelli non tessuti sono definiti reti: una rete è un prodotto costituito da fibre plastiche collegate tra loro formando una struttura geometrica porosa regolare e consentendo il passaggio di fluidi (gas e liquidi). La materia prima più utilizzata per le reti agricole è il polietilene ad alta densità (HDPE). Il polipropilene (PP) viene utilizzato anche come materia prima per le reti, principalmente per la produzione di strati non tessuti.

I tipi di rete sono caratterizzati da diverse caratteristiche strutturali come tipo di fili, tessuti, forma e dimensioni delle fibre e della maglia, da proprietà fisiche come peso, colori, fattore di ombreggiamento, durabilità, porosità, permeabilità all'aria e caratteristiche meccaniche come sollecitazione, resistenza a rottura e allungamento. Normalmente le dimensioni disponibili delle reti variano molto sia per la larghezza che per la lunghezza. La larghezza varia solitamente da 1 m a 6 m o da 12 a 20 m (a seconda del tipo di rete) e la lunghezza da 25 m a 300 m. Le reti più larghe sono costruite unendo il numero richiesto di larghezze (Castellano, 2008)

1.3.1 *Applicazioni agricole delle reti*

Le principali applicazioni agricole sono: protezione contro eventi meteorologici avversi, contro insetti e animali nocivi; riduzione della radiazione solare. Inoltre, sono utilizzati anche per la raccolta di frutti, come olive, castagne, mandorle, noci e altri piccoli frutti per il confezionamento e per le operazioni di post-raccolta come la raccolta dei fiori recisi e l'essiccazione dei frutti. *Non sempre è possibile associare una rete ad una specifica applicazione, in quanto in molti casi svolgono più funzioni contemporaneamente, ad esempio le reti ombreggianti proteggono anche la coltivazione dalla grandine* (Castellano, 2008).

1.3.2 *Protezione contro rischi meteorologici*

Uno degli usi agricoli più importanti delle coperture permeabili in plastica è quello di proteggere le colture da vento, grandine, neve, gelo e pioggia. Le reti frangivento sono utilizzate per: evitare danni meccanici (es. rottura di rami, fiori) e conseguenze biologiche (elevata evapotraspirazione, difficoltà di impollinazione) dovute all'azione del vento sulle colture; aumentare la qualità dei prodotti proteggendoli da polvere, sale e sabbia; ridurre il carico del vento sulle strutture agricole; ridurre al minimo la perdita di calore degli animali dovuta alla ventilazione negli allevamenti aperti. Le reti antigrandine prevengono i danni alle colture dovuti alla grandine. Trovano largo impiego nelle applicazioni di campo, in particolare nelle coltivazioni arboree da frutto quali uva, pesche, albicocche e ciliegi, dove vengono installati con una specifica struttura portante o applicati direttamente sulle colture. Le reti antigrandine sono considerate, in alcuni casi, una necessaria protezione delle serre rivestite con pannelli di vetro, dove i danni causati dalla grandine potrebbero avere pesanti conseguenze economiche sui materiali e sulle colture e potrebbero rappresentare un pericolo per l'incolumità del personale che lavora all'interno della serra. In queste applicazioni le reti antigrandine inducono anche una riduzione dell'irraggiamento solare in ingresso durante il periodo estivo, che potrebbe essere considerato un effetto positivo, soprattutto in regioni come il Sud Italia, dove il periodo più pericoloso per la caduta della grandine è il periodo maggio-giugno e agosto-settembre. In questi periodi è necessaria una riduzione dell'irraggiamento solare per ridurre l'aumento della temperatura all'interno della serra. L'effetto antigelo si ottiene generalmente per mezzo di teli in tessuto non tessuto sparsi sulla coltivazione, mentre in altri casi è considerato un effetto secondario della rete. Le reti antipioggia evitano i danni causati da forti piogge nei frutteti come i ciliegi; il suo effetto è solitamente combinato con quello antigrandine (Castellano, 2008).

1.3.3 *Riduzione e alterazione della radiazione solare*

Le reti ombreggianti hanno lo scopo di schermare la radiazione solare al fine di ridurre l'aumento della temperatura dell'aria all'interno delle serre o l'irraggiamento in ingresso su colture, come piante ornamentali e no, che richiedono bassi livelli di luce. Vengono utilizzati anche per prolungare o ritardare il periodo di raccolta nelle zone soleggiate: ad esempio le reti ombreggianti sono utilizzate nel sud Italia per la raccolta del pomodoro 'ciliegino', grazie all'ombreggiamento delle reti è possibile estendere l'epoca di raccolta da giugno (senza reti) fino ad agosto. L'aumento dell'umidità dell'aria e la riduzione del flusso d'aria potrebbero essere un fattore limitante nel loro utilizzo (Castellano, 2008).

Inoltre, le reti nei frutteti possono alterare la qualità della luce, provocando modifiche specifiche nel metabolismo e nella produzione delle piante (Neri et al., 2021). Al giorno d'oggi, cresce l'interesse per le modifiche specifiche dovute all'uso di reti fotoselettive sulla crescita e produzione delle piante (Shahak et al., 2004a, b). La rete fotoselettiva si riferisce all'applicazione di una filtrazione differenziale della radiazione solare. Si basa sull'incorporazione di elementi cromatici durante il processo di produzione delle reti, per assorbire in modo differenziato le lunghezze d'onda UV, visibile e vicino infrarosso (NIR) e allo stesso tempo trasformare la luce diretta in luce diffusa/diffusa (Shahak et al., 2016).

1.3.4 *Protezione contro insetti*

Le reti hanno rappresentato una grande innovazione nell'ultimo decennio perché impediscono il contatto fisico dell'insetto con il frutto (nessun danno) e contribuiscono a ridurre fortemente l'uso di spray chimici, soprattutto in prossimità del momento della raccolta (sostenibilità ambientale e sana produzione di frutta) (Lodolini et al., 2018). Lo screening per escludere gli insetti può migliorare i programmi di controllo integrati, riducendo la dipendenza dai principi attivi di sintesi chimica (Teerling, et al., 1999; Hanafi, 2003). Inoltre, lo screening può evitare l'alimentazione inoculativa dei vettori di malattie, come aleurodidi, tripidi e afidi (Berlinger, et al., 2002). D'altra parte, le loro prestazioni di esclusione dipendono dalla trama e dalla disposizione delle filettature e, di conseguenza, dalla geometria e struttura dei fori; quindi, queste prestazioni diminuiscono all'aumentare della dimensione dei fori.

1.4 L'olivo

L'olivo (*Olea europaea L.)* è una delle più antiche, diffuse e importanti colture del bacino del Mediterraneo. Vengono coltivati diversi genotipi di olivo ed esiste un alto grado di variazione morfologica e biologica. La coltivazione dell'olivo dal bacino del Mediterraneo si sta attualmente espandendo nelle aree dell'Australia, del Sud e del Nord America (Argentina, Cile, Stati Uniti) e del Sud Africa. Il bacino del Mediterraneo è l'area tradizionale dell'olivicoltura e ospita circa il 95% degli oliveti del mondo.

L'olio di oliva è il primo prodotto ma le olive vengono consumate anche come olive da tavola nei paesi mediterranei. Il consumo di olio d'oliva è recentemente aumentato grazie al suo pregevole valore nutritivo.

L'olivo e i suoi prodotti possono essere danneggiati da molte malattie e parassiti, ricordiamo il batterio *Pseudomonas savastanoi* che produce tubercoli su rami e steli, il fungo *Cycloconium oleaginum* che danneggia foglie e frutti, *Verticillum dahlie* che danneggia l'apparato radicale e la crescita delle piante. Tra i fitofagi, i più nocivi sono la mosca dell'olivo *(Bactrocera olea*), la tignola dell'olivo (*Prays oleae*) e cocciniglia mezzo grano di pepe (*Saissetia oleae*).

1.4.1 *Ciclo vegetativo e riproduttivo*

La conoscenza dei processi che ciclicamente determinano le dinamiche di accrescimento vegetativo e di fruttificazione della pianta sono fondamentali per stabilire una mirata e sostenibile gestione agronomica dell'oliveto. Nell'olivo, l'accrescimento dei germogli si completa nell'anno stesso della loro formazione, mentre la produzione richiede due stagioni successive. Infatti, le gemme (dalle quali si origineranno fiori e frutti) si formano nella prima annualità, mentre i fenomeni che regolano in modo irreversibile la biologia fiorale e la fruttificazione della pianta si completano nella stagione successiva.

Nell'olivo, in primavera, le gemme a legno danno origine a germogli. Questo fenomeno, indipendentemente dalla posizione che i rami di un anno d'età possono occupare sull'albero (verticali, orizzontali o inclinati), ha inizio sempre dalla gemma posta all'apice e si ripete, in tempi successivi, anche per altre gemme a legno inserite nella parte mediana, mentre quelle poche che occupano la zona basale del ramo spesso rimangono in forma latente. Una volta avvenuto il germogliamento e l'accrescimento dell'apice, si osserva la comparsa e la distensione delle nuove foglie, la loro completa formazione e l'allungamento degli internodi. Nelle Marche lo sviluppo dei germogli è intenso nella stagione primaverile, modesto nel corso dell'estate, riprende nuovamente un certo ritmo di accrescimento dopo le piogge di fine

agosto-settembre per divenire quasi nullo nel mese d'ottobre, in coincidenza dei primi abbassamenti termici. La crescita e lo sviluppo totale dei germogli, oltre al controllo genetico, sono condizionati da molteplici fattori non facilmente separabili e comunque dipendenti dalle caratteristiche e proprietà del suolo, dalla gestione agronomica del terreno, dallo stato nutrizionale della pianta, dalla disponibilità idrica, dagli interventi annuali di potatura e dai fattori climatici (soprattutto luce e temperatura). La maggior parte delle gemme situate lateralmente al ramo di un anno d'età si evolve, invece, in senso riproduttivo (gemma a fiore). Il fenomeno, indicato come processo d'induzione e differenziazione antogena delle gemme, ha inizio nell'autunno dell'anno di formazione del germoglio, per completarsi nel periodo che precede la primavera (Cimato et al., 1985; Cimato et al., 1986). Nell'olivo la distribuzione delle mignole sul ramo di un anno d'età è diversificata. Le gemme sviluppate in infiorescenze sono presenti in numero superiore nella zona apicale e mediana, mentre la zona basale del ramo è occupata da gemme che spesso rimangono in forma latente. Oltre al carattere ereditario (controllo genetico), i fenomeni d'induzione e differenziazione antogena sono controllati dalla luce (flusso totale d'energia intercettato dalla chioma, fotoperiodo), dalle condizioni ambientali (temperatura, CO_2, ecc.), dalla disponibilità d'elementi nutritivi e da specifici rapporti ormonali. La trasformazione da gemma neutra a gemma a fiore è quindi il risultato di una complessa interazione tra fattori esogeni ed endogeni alla pianta. Con questo fenomeno termina l'evoluzione a fiore delle gemme ed ha inizio il complesso ciclo di fruttificazione della pianta. La crescita delle gemme a frutto procede lentamente fino alla schiusura dell'infiorescenza (mignola) che, nel suo sviluppo, assume i caratteri simili ad un grappolo (stadio fenologico della mignolatura). Il mese successivo è dedicato alla formazione del polline (microsporogenesi) e dell'apparato riproduttore (macrosporogenesi), che assicurano prima la fioritura e dopo l'impollinazione e la fecondazione. Compatibilmente con le condizioni climatiche, la fioritura (antesi) nell'olivo si realizza durante la primavera. Questa è una tappa critica del ciclo di fruttificazione perché i tessuti che costituiscono il fiore cessano di crescere fino a quando non intervengono particolari stimoli quali l'impollinazione e la fecondazione. Dal punto di vista biologico, la fioritura si svolge in tre stadi successivi: schiusura della corolla (stami e pistilli si liberano dalla protezione dei petali), deiscenza delle antere (conseguente emissione del polline) e recettività dei pistilli. Negli ambienti olivicoli mediterranei, la schiusura della corolla ha una durata media tra 7 e 12 giorni e, in genere, ha luogo dalla metà di maggio alla prima settimana di giugno. Per un albero d'olivo adulto l'antesi è un fenomeno complesso perché non è contemporaneo sull'intera pianta. Le prime mignole a fiorire sono quelle che occupano i rami meglio illuminati e quindi i più esterni della chioma;

in seguito, la fioritura interessa la zona bassa della chioma e, successivamente, anche le mignole dei rami più interni e ombreggiati. L'inizio del fenomeno è sotto il controllo genetico, ma dipende anche da favorevoli condizioni climatiche.

È importante conoscere l'epoca della stagione in cui le piante fioriscono per assecondare l'impollinazione, meccanismo con il quale il polline, emesso dalle antere mature, raggiunge gli stimmi recettivi per creare la premessa all'atto fecondativo. Nell'olivo il polline dello stesso fiore, pur essendo vitale e germinabile, non sempre è in grado di emettere granuli pollinici idonei a fecondare il proprio gineceo, né quello di piante appartenenti alla stessa cultivar (autoincompatibilità); il compimento di questo processo biologico è invece più probabile sui fiori di altre cultivar (intercompatibilità). Anche in questo processo biologico il risultato finale è legato allo stato nutrizionale della pianta e alla coincidenza di eventi climatici favorevoli quali, ad esempio, leggere brezze durante la fioritura, che garantiscono il trasporto anemofilo del polline da un fiore all'altro, e il raggiungimento dell'ovario. Condizioni climatiche sfavorevoli sono, invece, le piogge durante la fioritura e le gelate primaverili. Completata in circa dieci giorni l'allegagione, la caduta degli stami e dei petali coincidono con la prima fase di sviluppo del frutto. La crescita delle olive ha una durata complessiva di circa 5 mesi con differenze notevoli tra le cultivar e i distinti ambienti di coltivazione. Le olive iniziano ad avere dimensioni evidenti già dopo circa 10-15 giorni dall'allegagione. Nel periodo successivo, si verifica un'abbondante cascola dei frutticini appena formati. Si tratta di un fenomeno che risponde a specifiche richieste nutrizionali della pianta non completamente soddisfatte e dei frutti in forte competizione fra loro per l'accrescimento. Tale fenomeno è sensibile alle condizioni ambientali ed alla posizione che la drupa stessa occupa sulla chioma (esposizione), sul ramo (zona apicale, mediana o basale) e sulla stessa mignola. I frutti che occupano zone della chioma interne meno illuminate (ombreggiatura) hanno una crescita più lenta rispetto a quelli che si trovano esternamente e che sono in grado di intercettare meglio il flusso di energia, a garanzia di un accrescimento superiore e più rapido. Analogamente, i frutti che hanno posizione apicale sul ramo si accrescono maggiormente per effetto della migliore esposizione alla luce e perché sono prossimi ai centri metabolici più attivi (apici e foglie giovani in continua crescita).

Il modello di crescita dell'oliva, così come per le altre drupacee, può essere rappresentato da una curva a doppia sigmoide. Il primo tratto della curva segnala che all'inizio dello sviluppo del frutto, intervallo compreso nei primi 48 giorni dopo la fioritura, l'attività cellulare si caratterizza per l'intensa moltiplicazione (citochinesi), il cui scopo è di aumentare il numero di cellule del tessuto ovarico ed avviare il processo di inolizione nella drupa (Tombesi, 1994).

Il secondo tratto della curva esprime una crescita moderata che termina a circa cento giorni dalla fioritura. Nel frutto si distinguono due momenti durante i quali si lignifica l'endocarpo (metà agosto) ed è possibile riconoscere nel seme l'embrione e l'endosperma (fine agosto). Durante la fase di lignificazione dell'endocarpo nella pianta si realizza anche un'importante competizione nutrizionale tra le drupe in crescita e lo sviluppo dei germogli. Il raggiungimento di un equilibrio fisiologico tra questi due "sink" (sink vegetativo: germoglio; sink riproduttivo: frutti) garantisce la crescita delle olive e l'adeguato allungamento del germoglio dal quale dipenderà la produzione dell'anno successivo.

L'ultimo tratto della curva, a partire da settembre e per circa 80 giorni, rappresenta la più complessa fase di crescita del frutto: in questo periodo, oltre all'ultimo intenso sviluppo della drupa, con modifiche della stessa morfologia, avvengono cambiamenti fisiologici (attività fotosintetica e respiratoria), trasformazioni di natura istologica (differenziazione dell'embrione, del sistema vascolare del peduncolo) e variazioni del metabolismo che coinvolgono proteine, carboidrati (glucosio, fruttosio, saccarosio, mannitolo, ecc.), lipidi (Cimato et al., 1997; 2001) e tutti i componenti la frazione "insaponificabile" (idrocarburi, steroli, composti minori polari, tocoferoli, clorofille, carotenoidi, fitolo, alcoli alifatici, idrocarburi terpenici, esteri, aldeidi, chetoni, eteri, ecc.).

Da settembre in poi, le cellule della drupa aumentano di volume e si creano le condizioni per la sintesi e l'accumulo dell'olio (Lavee et al., 1991). Il fenomeno inizialmente si manifesta sotto forma di piccolissime gocce che aumentano di volume fino ad occupare gran parte dello spazio intracellulare. In genere, il 70-85% dell'olio presente in un frutto è racchiuso da una struttura membranosa vacuolare (olio disponibile o libero), mentre la frazione rimanente è dispersa, sotto forma di minute goccioline, nel citoplasma. Nel frutto, le modifiche morfologiche e le attività biologiche che esprimono il fenomeno della maturazione sono manifestate anche da variazioni di colore dell'epicarpo e del mesocarpo (Franchini, et al., 2006).

1.5 La mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*)

Bactrocera oleae, comunemente detta mosca delle olive, appartiene all'ordine Diptera, sottordine Brachycera, famiglia Tephritidae, sottofamiglia Dacinae. B. oleae, descritta nel 1790 da Rossi, è una specie tipicamente pan-mediterranea (Sud Europa, Nord Africa, e Medio Oriente fino all'India) ma è presente inoltre nelle isole Canarie, in Eritrea, nel Sud Africa e in Medio Oriente; recentemente si è stabilita anche in California e in Messico.

Il dittero in natura vive esclusivamente a spese dei frutti del genere Olea, con particolare predilezione per quelli di Olea europea. È considerato l'avversità più importante a carico dell'olivo, nelle regioni in cui è presente, arrivando a condizionare sensibilmente l'entità e la qualità della produzione nella maggior parte dell'areale di coltivazione. Gli adulti del dittero individuano i frutti di Olea avvertendo l'emissione di un complesso di composti chimici come alcune sostanze emesse dalla microflora batterica superficiale (soprattutto enterobatteri) di cui si nutrono abbondantemente le femmine per soddisfare il loro bisogno di proteine per la produzione delle uova. A questi odori batterici apparterrebbero anche quelli di natura ammoniacale che da tempo sono noti come attrattivi per la mosca.
L'incidenza dei suoi attacchi tende ad accentuarsi nelle regioni più umide e più fresche dell'areale di coltivazione, con una notevole variabilità secondo la varietà coltivata, mentre diventa meno marcata nelle zone a estati calde e siccitose e su cultivar da olio (Giacalone, 2011).

1.5.1 *Morfologia*

L'adulto della mosca dell'olivo è un dittero di medie dimensioni (4-5 mm), dotato di un apparato boccale lambente-succhiante. Sul capo, fulvo, sono evidenti gli occhi verde-bluastri; il torace è grigio-bluastro con tre linee nerastre; le ali sono trasparenti con una macchietta apicale brunastra, l'addome è castano chiaro macchiettato. La femmina si differenzia dal maschio per l'evidente ovopositore e le maggiori dimensioni dell'addome, inoltre il maschio presenta un indurimento all'apice della nervatura anale il cui tratto ristretto è più lungo che nella femmina.
L'uovo viene inserito nella polpa tramite una puntura di ovideposizione, è difficilmente visibile ad occhio nudo per le piccole dimensioni (circa 1mm); ha la forma affusolata ed è di colore biancastro.
La larva è di colore bianco-giallastro, priva di zampe ed è lunga 6-7 mm. Il capo è quasi assente, ma sono tipiche e ben evidenti le mandibole trasformate in due uncini neri che la larva utilizza per lacerare la polpa dell'oliva e muoversi nel frutto (apparato boccale dilaniante).
La larva trascorre i suoi tre stadi larvali scavando una galleria nella polpa, galleria che dapprima è filiforme per poi allargarsi progressivamente in direzione del nocciolo.
Il pupario è simile ad un barilotto con le estremità arrotondate e lungo 3,5-4,5 mm; di colore giallo quando è appena formato e successivamente rossastro, nel cui interno la larva matura si trasforma in pupa e quindi in adulto (Giacalone, 2011).

1.5.2 *Biologia*

Gli adulti si nutrono di sostanze zuccherine come le melate di cocciniglie e il nettare di fiori; utilizzano anche succhi di frutti maturi, come ad esempio i fichi. Se l'adulto trova la possibilità di nutrirsi vive fino a nove mesi. Gli adulti sfarfallati in autunno, possono trascorrere l'inverno anche lontano dall'oliveto attendendo anche oltre il mese di luglio le nuove olive adatte per l'ovideposizione. Gli adulti volano solo di giorno e in assenza di vento, con temperature oltre i 14-15°C; sono lenti volatori in oliveti con drupe disponibili, ma si spostano abbastanza velocemente se sono alla ricerca di olive recettive (con nocciolo lignificato). Nella chioma gli adulti si spostano alla ricerca di un microclima adatto. Nei periodi più favorevoli all'ovideposizione (settembre–ottobre) mostrano preferenza per il lato sud o sud-ovest della chioma e per frutti ad oltre 1,5 m di altezza. Nelle femmine la maturazione delle uova viene accelerata dalla presenza delle olive in via d'ingrossamento e rallentata o viene del tutto ostacolata dalle alte temperature. Sulle olive verdi il punto perforato dall'ovopositore appare in forma di macchia triangolare brunastra lunga mm 1-1,5, macchia dovuta alla trasparenza dei tessuti sottostanti incisi e anneriti dalla perforazione obliqua. Dopo una ventina di giorni sui frutti giovani la ferita diventa una piccola escrescenza puntiforme suberosa. La femmina, guidata da stimoli visivi e chimici, predilige per l'ovideposizione le olive più grosse, ma ancora verdi. Ogni femmina può deporre dalle 200 alle 500 uova con il massimo dell'attività a temperature comprese tra i 20 e 27° C, in presenza di elevata umidità relativa (80-90%) e di drupe recettive (condizione di fine estate nelle aree mediterranee). La durata dell'incubazione delle uova è variabile e dura da 2 giorni (a 28-30°C) fino a quasi tre settimane nella stagione fredda.

In seguito, la larva neonata scava una galleria nella polpa e la sua crescita completa avviene impiegando 10-12 giorni nel periodo agosto–ottobre e oltre 150 giorni in inverno.

La larva, giunta alla terza età, si costruisce una nicchia a ridosso del nocciolo e apre un foro di 1,5-2 mm verso l'esterno del frutto. L'impupamento può avvenire all'interno dell'oliva se il frutto non è maturo altrimenti la larva tende a lasciarsi cadere al suolo dove si impupa a breve profondità. I pupari possono essere rinvenuti anche nei cavi degli alberi o nelle screpolature della corteccia e nei frantoi al momento della raccolta. Lo stadio di pupa dura da 10 giorni in estate a vari mesi in inverno. Gli adulti possono fuoriuscire dal terreno anche in pieno inverno in zone litorali, mentre in zone collinari si ha una interruzione degli sfarfallamenti dalla metà di novembre alla metà di marzo (Giacalone, 2011).

1.5.3 *Dinamica di popolazione*

La mosca delle olive ha un numero di generazioni variabili a seconda delle regioni olivicole, del clima e della disponibilità di olive. La mosca può compiere 1-2 generazioni, a partire da marzo fino a maggio-giugno, nelle aree litorali con la presenza di frutti non ancora raccolti. In tale epoca sfarfallano i primi adulti e riprendono l'attività quelli che hanno svernato. A fine giugno-luglio, se sono disponibili olive da mensa, si compie la prima generazione della infestazione estiva. Da agosto a novembre, a seconda della recettività delle olive, si possono avere altre tre generazioni che si accavallano tra loro. Dopo annate di scarica o con poche olive le due generazioni primaverili sono poco significative e l'incremento della popolazione avviene con le generazioni estive se le condizioni ambientali sono favorevoli; in tal caso la durata di una generazione può ridursi a poco più di un mese. Ciò conduce alla sovrapposizione delle generazioni e ad un aumento della pericolosità del fitofago. Considerata la grande variabilità nei tempi di sviluppo del fitofago si rende indispensabile eseguire monitoraggi e campionamenti per conoscere la reale presenza e dannosità della mosca (Giacalone, 2011).

1.5.4 *Danni*

La perdita media annua di prodotto nel Bacino del Mediterraneo è del 30% (Mazomenos, 1989). Nelle zone pandacie la percentuale di infestazione spesso è prossima al 100%, ma anche nelle zone merodacie può arrivare a valori elevati. I danni arrecati dalla mosca sono di due tipi: diretto e indiretto. Il danno diretto consiste nella cascola delle drupe attaccate e nella sottrazione di polpa da parte delle larve che oscilla da 50 a 150 mg per frutto, pari a circa il 5% del peso delle olive. In minima parte questo danno è compensato dalla pianta con l'aumento del peso delle drupe rimaste sulla pianta. Più gravi sono i danni indiretti, di carattere qualitativo ed estetico per le olive da mensa, dato che le punture di ovideposizione e quelle sterili spesso compromettono gravemente la commerciabilità del frutto, e di carattere qualitativo per le olive da olio, a causa dell'aumento dell'acidità e del numero di perossidi dell'olio, conseguente all'inquinamento microbico che si realizza attraverso le gallerie abbandonate dalle larve mature che impupano nel terreno. Percentuali del 40% di olive bacate pongono gli oli ottenuti fuori dalla classifica di quelli extravergini in quanto vengono superati i limiti ammessi dalla legge per le costanti spettrofotometriche (Longo e Parlati, 1993).

Capitolo 2
SCOPO DELLA TESI

Lo scopo di questa tesi sperimentale è di studiare l'efficacia di reti antinsetto in olivo per l'eliminazione parziale o totale dei trattamenti fitosanitari nel controllo del fitofago *Bactrocera oleae* in modo da ottenere prodotti a residuo zero.

Allo stesso tempo, si intende approfondire la sostenibilità economica del metodo utilizzato e quali effetti l'ombreggiamento e le diverse condizioni ambientali sotto rete possano esercitare sulla risposta fisiologica delle piante, in particolare sull'induzione a fiore e sulla crescita vegetativa nei rametti di un anno.

Capitolo 3
MATERIALI E METODI

Il laboratorio di arboricoltura del dipartimento di scienze agrarie, alimentari e ambientali dell'Università Politecnica delle Marche, in collaborazione con l'Azienda Agroalimentare *Antica Gastronomia di Mogliano*, ha dato inizio a un progetto di ricerca avente lo scopo di testare l'efficacia, gli effetti e la sostenibilità economica di reti antinsetto su piante di olivo della varietà autoctona marchigiana a duplice attitudine *Piantone di Mogliano*, utilizzata dall'azienda per la produzione di olive da mensa. La prova sperimentale ha avuto inizio a partire da luglio 2021 in un oliveto adulto presso l'azienda agroalimentare sita in contrada Macina, nel comune di Mogliano nella provincia di Macerata (N 43.207947782989976, E 13.51501987888439).

Figura 1. *Tipologia dell'albero in prova a Mogliano.*

Figura 2. *Immagine satellitare dell'oliveto scelto per la prova.*

L'oliveto ha una superficie di circa 1800 m^2 ed è costituito da 53 alberi, di circa 15 anni di età.
Il sesto d'impianto adottato è di 6 m × 6 m, con forma di allevamento a vaso policonico.
Il suolo, di matrice fondamentalmente argillosa, presenta inerbimento permanente.
Per la prova sono state utilizzate reti antinsetto "Monotex 50" di colore neutro, con capacità di ombreggiamento del 15 %, maglia di 0,97 mm x 1,54 mm e peso di 95 g/m^2.
Le prove eseguite consistono in una chiusura delle singole piante all'interno delle reti antinsetto prima dell'indurimento del nocciolo e in una chiusura all'indurimento del nocciolo,

in mancanza di trattamento insetticida; ugualmente, un'altra prova è stata eseguita con chiusura anticipata in pre-indurimento ed una all'indurimento del nocciolo, eseguendo un trattamento insetticida in pre-chiusura a base di *piretro*; un controllo non trattato ed, infine, un controllo trattato con farina di basalto.

I diversi trattamenti sono stati applicati su 5 piante ciascuno:

- Pre-indurimento non trattate: con rete chiusa prima dell'indurimento (nessun trattamento);
- Indurimento non trattate: con rete chiusa all'indurimento (nessun trattamento);
- Pre-indurimento trattate: con rete chiuse prima dell'indurimento (un trattamento a base di *piretro*);
- Indurimento trattate: con rete chiusa all'indurimento (un trattamento a base di *piretro*);
- Controllo non trattato (nessun trattamento);
- Controllo trattato (più trattamenti a base di farina di basalto).

Il disegno sperimentale (figura 1) vede collocare le piante in prova non trattate, sia coperte che non coperte, a SUD del campo; contrariamente, le piante trattate risultano collocate a NORD del campo. Tale suddivisione ha lo scopo di limitare la contaminazione delle piante in prova a SUD del campo (che non prevedono trattamenti) con il prodotto insetticida a base di *piretro* e con la polvere di basalto. Inoltre, sia le piante del blocco SUD che di quello NORD risultano disposte secondo uno schema randomizzato, disponendo sulle file sia piante coperte in fase di pre-indurimento e all'indurimento, sia piante non coperte (controllo). L'unica eccezione a tale schema randomizzato avviene per le piante controllo trattate con farina di basalto, tutte localizzate sulla nona e ultima fila a NORD del campo; la scelta di questa disposizione è motivata dall'esigenza di non fare entrare in contatto le piante trattate con insetticida a base di piretro con la polvere di basalto e viceversa.

OVEST

FILA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
TRATTAMENTO	NO	NO	NO		SI (piretro)	SI (piretro)			SI (farina di basalto)	PIANTA
										1
	pre-indurimento 2	controllo	indurimento 5		pre-indurimento 7	pre-indurimento 10			basalto	2
SUD	indurimento 2	controllo	indurimento 4		indurimento 8	pre-indurimento 9			basalto	NORD 3
	pre-indurimento 1	controllo	pre-indurimento 5		pre-indurimento 6	indurimento 10			basalto	4
	indurimento 1	pre-indurimento 3	controllo		indurimento 7	indurimento 9			basalto	5
	controllo	indurimento 3	pre-indurimento 4		indurimento 6	pre-indurimento 8			basalto	6

EST

Figura 3. *La figura rappresenta la configurazione del disegno sperimentale adottato per la prova.*

3.1 Operazioni 2021

Le prime operazioni in campo hanno previsto la disposizione delle reti antinsetto sulle piante, secondo quanto indicato dal disegno sperimentale.

- In data 01/07/2021, ovvero nel periodo precedente all'indurimento del nocciolo, sono state chiuse 10 piante all'interno delle reti.
- In data 15/07/2021, fase di indurimento del nocciolo, altre 10 piante sono state chiuse all'interno delle reti.

Figura 4. *Piante di olivo coperte con rete antinsetto.*

Durante ogni singola operazione di copertura è stato cronometrato il tempo impiegato da due operai per il posizionamento della rete al di sopra della pianta e per la chiusura laterale e basale della medesima. Da ricordare che la chiusura laterale delle reti è avvenuta tramite uso di graffettatrice con lo scopo di tenere uniti i due lembi di rete, mentre la chiusura basale è stata praticata fermando la rete ad altezza colletto tramite legatura con filo di nylon.

Per il trattamento "controllo basalto" è stata adottata una dispersione acquosa di farina di basalto. Quest'ultima si ottiene attraverso la macinazione meccanica del basalto, una roccia basica di natura vulcanica effusiva contenente elementi minerali, quali silice, allumina, potassio e calcio.

La farina di basalto micronizzata svolge un'azione meccanica (barriera fisica) sulle foglie e sui frutti creando una sottile patina che, grazie alle sue caratteristiche igroscopiche, agisce

disidratando i tessuti esterni degli organi vegetali, riducendo i rischi di sviluppo di muffe, microrganismi e ostacolando l'insediamento di *Bactrocera oleae*.

3.1.1 *Misurazioni fotosintesi*

Le misurazioni riguardanti la fotosintesi, assimilazione netta di CO_2 e traspirazione, sono state svolte in data 05/10/2021. I dati sono stati acquisiti misurando lo scambio dei gas su 19 foglie delle piante controllo e 18 foglie delle piante coperte da rete antinsetto. Le foglie che sono state scelte per le misurazioni erano esposte a sud in direzione del sole. Il PAR risulta variabile, per le condizioni climatiche caratterizzate da una modesta copertura nuvolosa accompagnata da sporadiche schiarite; ciò ha permesso di eseguire le misurazioni a diversi livelli di luminosità e di confrontare l'attività fotosintetica delle foglie sotto rette e del controllo.

3.2 Operazioni alla raccolta

In data 29/10/2021, dopo circa quattro mesi dall'inizio della prova, si è proceduto con l'acquisizione dei dati in campo. Come prima cosa è stato cronometrato, per ciascuna pianta coperta, il tempo impiegato da un operaio per rimuovere la rete antinsetto.

Una volta completate queste prime misurazioni, ogni pianta è stata sottoposta a raccolta.

Le olive raccolte sono state poste in apposite cassette di plastica, facendo attenzione a non mescolare le olive provenienti da una pianta con quelle di altre piante; in seguito, le cassette sono state pesate per determinare la produzione di olive per pianta.

Figura 5. *Apertura della rete antinsetto.*

Infine, da ogni cassetta sono stati casualmente prelevati 50 frutti, introdotti poi in sacchetti di plastica opportunamente contrassegnati da etichetta. In laboratorio, le olive contenute nei sacchetti sono state dapprima pesate per stimarne il peso medio, per tale operazione sono state scelte casualmente 30 olive delle 50 contenute nei sacchetti. Infine, tutte le olive sono state

esaminate una alla volta con lo scopo di individuare le olive sane, quelle attaccate da Bactrocera oleae e quelle danneggiate da altre cause.

3.3 Operazioni 2022

In data 20/05/2022 ulteriori misurazioni sono state svolte in campo, riguardanti l'induzione a fiore e la crescita vegetativa delle piante in prova. In particolare, si è proceduto a conteggiare il numero mignole e di nuovi nodi formatesi su rametti di un anno precedentemente selezionati (cinque rametti per pianta).

3.4 Dati meteorologici

I dati meteorologici presi in considerazione riguardano: *precipitazione, temperatura* e *umidità.* I dati sono stati ottenuti dal Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico della protezione civile. I sensori presi in considerazione per l'acquisizione dei dati si trovano installati nel comune di Loro Piceno (MC), ad una distanza di circa 5 km dal comune di Mogliano.

3.4.1 *Precipitazione*

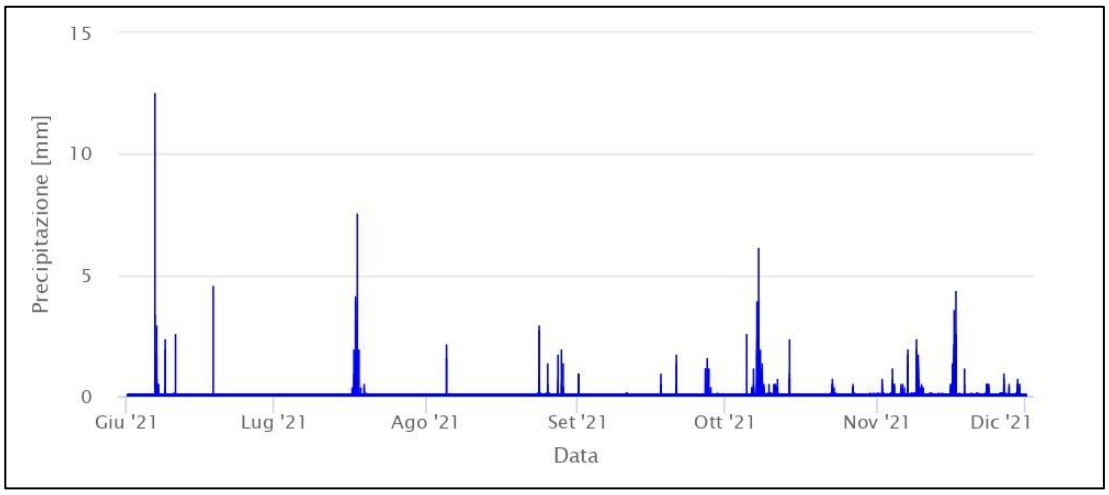

Figura 6. *La figura rappresenta i valori della Precipitazione (mm) da giugno 2021 a novembre 2021. I dati provengono dal sensore RT-1302 nel comune di Loro Piceno (MC).*

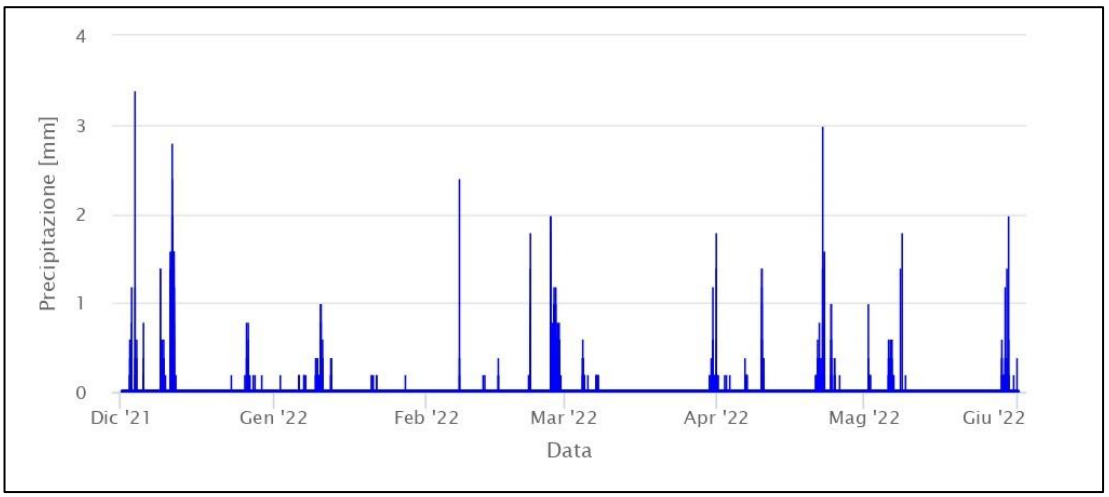

Figura 7. *La figura rappresenta i valori della Precipitazione (mm) da dicembre 2021 a maggio 2022. I dati provengono dal sensore RT-1302 nel comune di Loro Piceno (MC).*

3.4.2 *Temperatura*

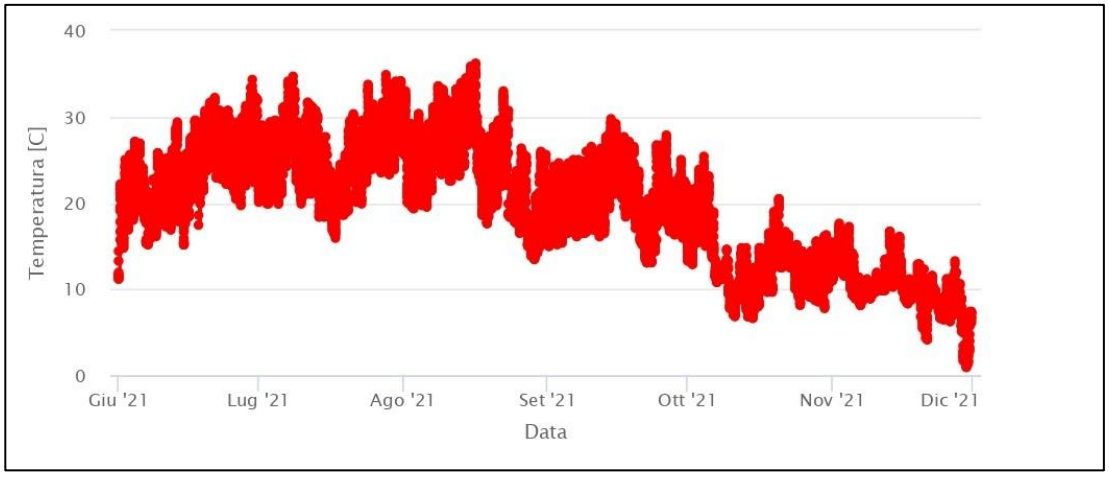

Figura 8. *La figura rappresenta i valori della Temperatura (C) da giugno 2021 a novembre 2021. I dati provengono dal sensore RT-2908 nel comune di Loro Piceno (MC).*

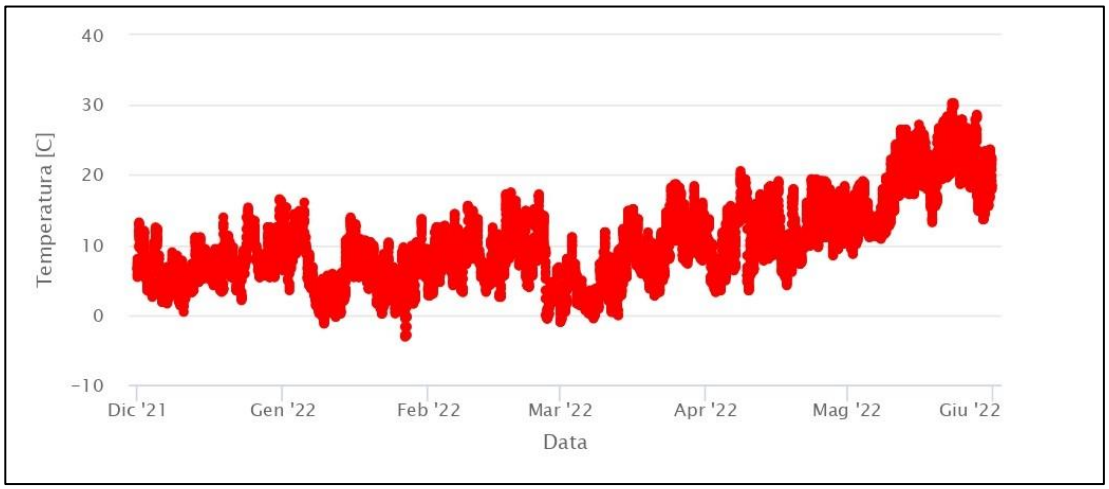

Figura 9. *La figura rappresenta i valori della Temperatura (C) da dicembre 2021 a maggio 2022. I dati provengono dal sensore RT-2908 nel comune di Loro Piceno (MC).*

3.4.3 *Umidità*

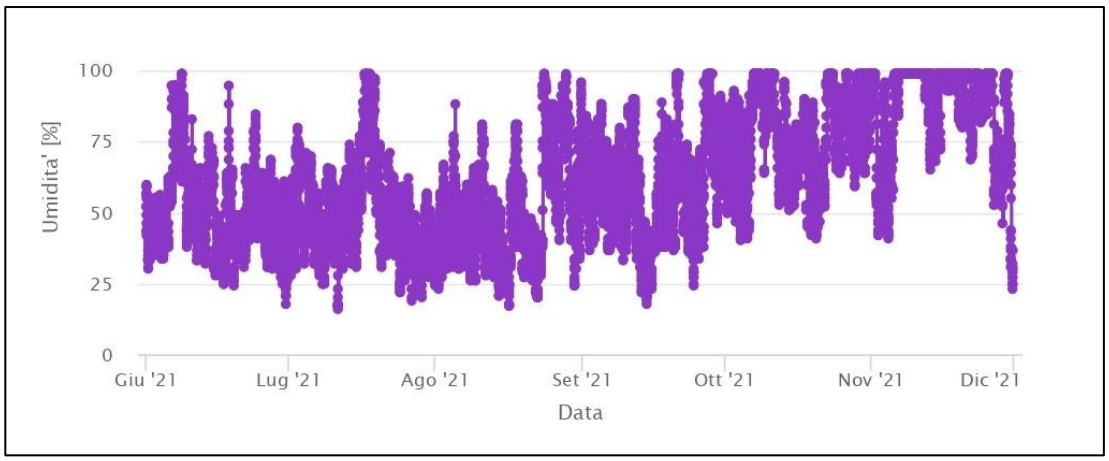

Figura 10. *La figura rappresenta i valori dell'Umidità (%) da giugno 2021 a novembre 2021. I dati provengono dal sensore RT-2909 nel comune di Loro Piceno (MC).*

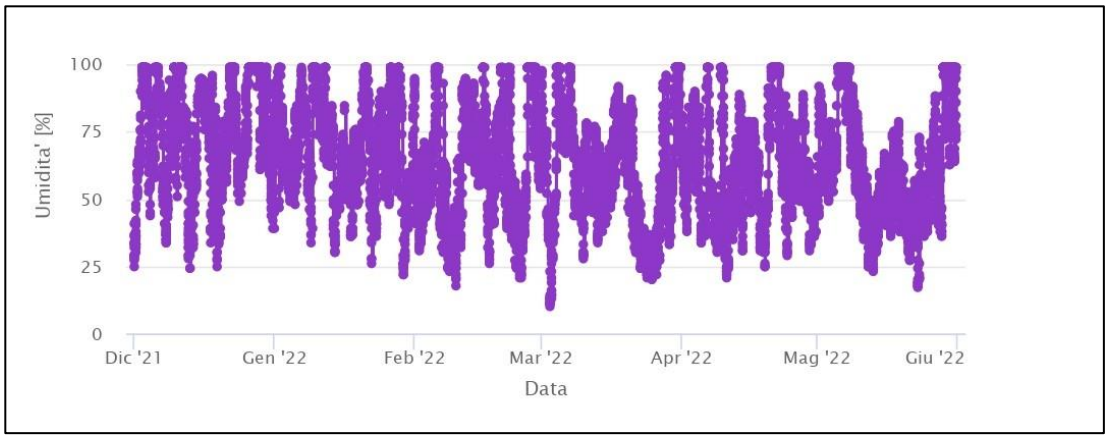

Figura 11. *La figura rappresenta i valori dell'Umidità (%) da dicembre 2021 a maggio 2022. I dati provengono dal sensore RT-2909 nel comune di Loro Piceno (MC).*

3.4.4 *Analisi statistica*

I dati sono stati raccolti sia in campo che in laboratorio e registrati direttamente in formato elettronico (Excel) e successivamente elaborati tramite il software di statistica JMP (SAS institute).

Capitolo 4
RISULTATI

4.1 Analisi sulla sanità delle olive

Le analisi condotte evidenziano come le diverse strategie di difesa adottate nella prova abbiano rivelato differenze nello stato di salute delle olive.

4.1.1 *Olive sane*

La percentuale di olive sane nelle piante coperte in fase di pre-indurimento con trattamento insetticida a base di piretro e in quelle coperte nel medesimo periodo senza alcun trattamento insetticida non mostra differenze significative; lo stesso vale per le piante coperte all'indurimento del nocciolo (Figura 12). Per tale motivo i risultati riguardanti la sanità delle olive che verranno mostrati nei grafici successivi terranno in considerazione la media dei dati provenienti dalle piante trattate con piretro e non trattate, focalizzando l'attenzione sulle differenze determinate dal periodo di applicazione delle reti antinsetto.

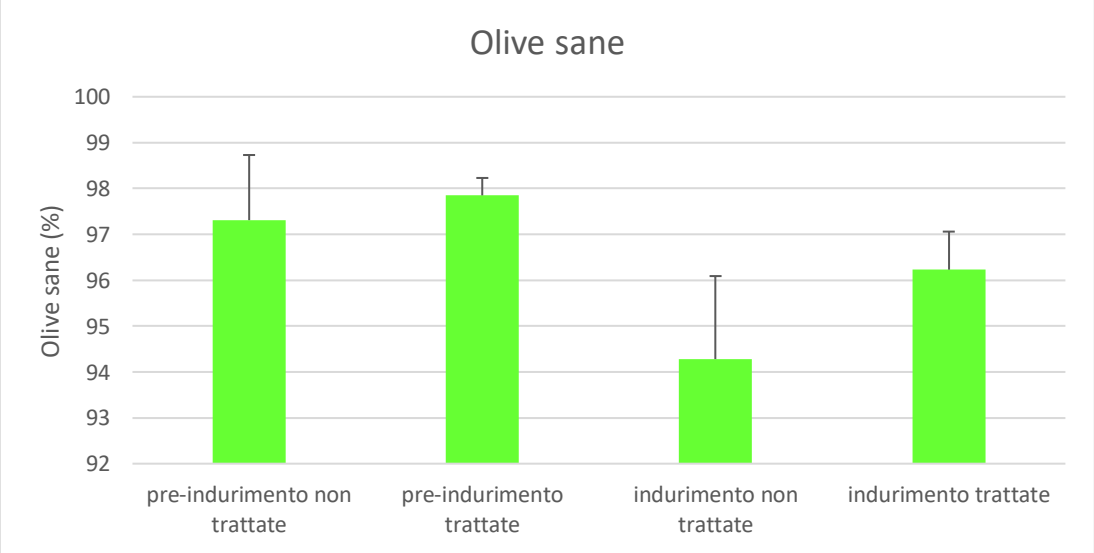

Figura 12. *La figura rappresenta i valori percentuali di olive sane nelle piante coperte in pre-indurimento e all'indurimento, trattate con piretro e non trattate. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.*

In figura 13 vediamo che le percentuali di olive sane più alte sono state riscontrate nelle piante sottoposte a copertura con rete antinsetto in fase di pre-indurimento nocciolo, in quelle sottoposte a copertura all'indurimento e per le piante trattate con farina di basalto; per queste tre categorie le percentuali di olive sane sono state superiori al 90%. Le piante controllo, ovvero le piante che non hanno ricevuto né trattamento con farina di basalto né copertura con rete antinsetto, hanno mostrato una percentuale di olive sane significativamente inferiore alle altre, poco meno del 70%.

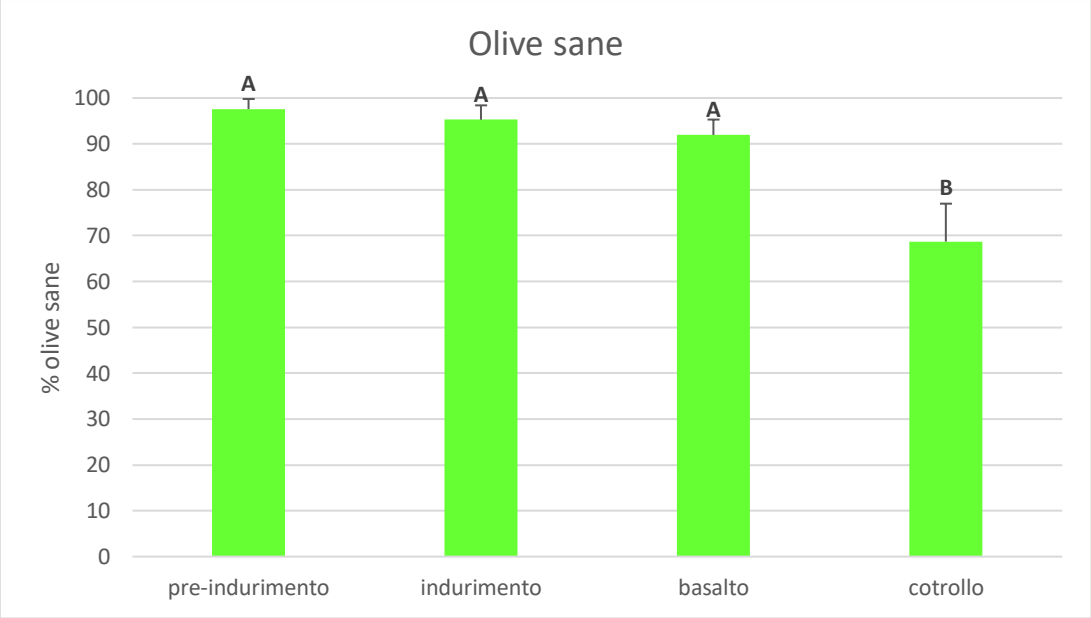

Figura 13. *La figura rappresenta in percentuale i valori medi di olive sane in base alla strategia di difesa adottata nella la prova. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Le differenze risultano significative per il test HSD Tukey*

4.1.2 *Olive attaccate dalla mosca*

La percentuale di olive colpite da mosca tra le piante coperte in fase di pre-indurimento con trattamento insetticida a base di piretro e quelle coperte nel medesimo periodo senza alcun trattamento insetticida non riportano differenze significative; lo stesso vale per le piante coperte all'indurimento del nocciolo (figura 14). Per tale motivo, i risultati riguardanti le analisi svolte sulle olive attaccate da *Bactrocera oleae* verranno mostrati nei grafici seguenti considerando la media dei dati provenienti dalle piante trattate con piretro che non trattate, focalizzando l'attenzione sulle differenze determinate dal periodo di applicazione delle reti antinsetto.

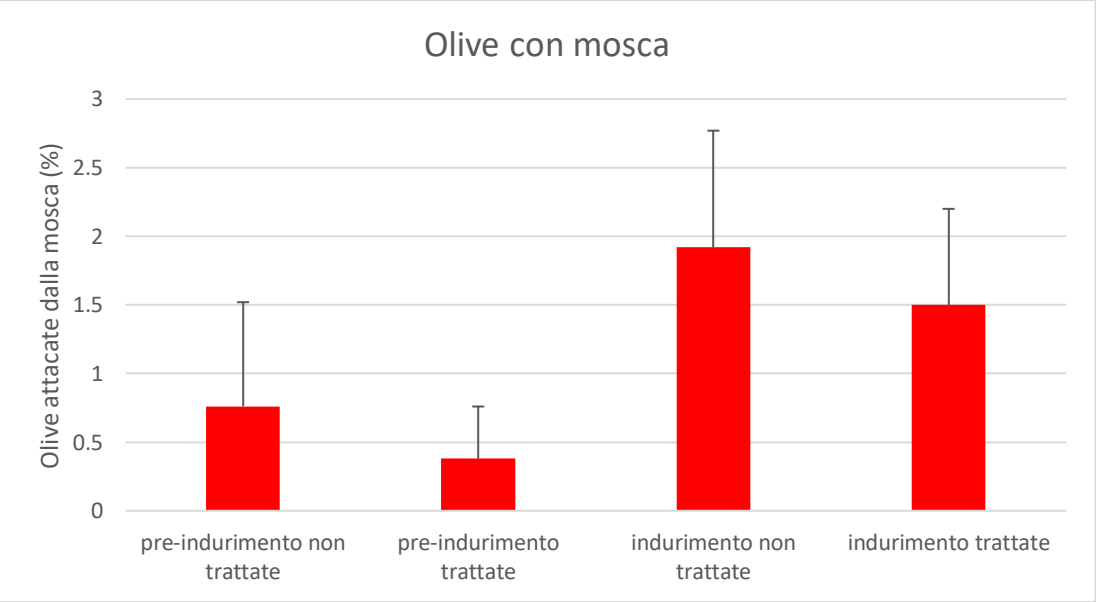

Figura 14. *La figura rappresenta i valori percentuali di olive attaccate da mosca nelle piante coperte in pre-indurimento e all'indurimento, trattate con piretro e non trattate. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.*

Per quanto riguarda le olive colpite da *Bactrocera oleae*, le analisi hanno evidenziato significative differenze (figura 15): la percentuale, indubbiamente più alta, di olive colpite dalla mosca si riscontra nelle piante controllo, intorno al 25%; le piante sottoposte a trattamento con farina di basalto presentano già una netta riduzione delle olive colpite dalla mosca, con percentuale di poco superiore al 5%; le piante coperte con rete hanno registrato i livelli più bassi di olive attaccate da mosca, in particolar modo le piante sottoposte a copertura in pre-indurimento, con percentuale di poco superiore all'1%. Le piante coperte all'indurimento hanno mostrato livelli di olive con mosca intermedi tra basalto e pre-indurimento.

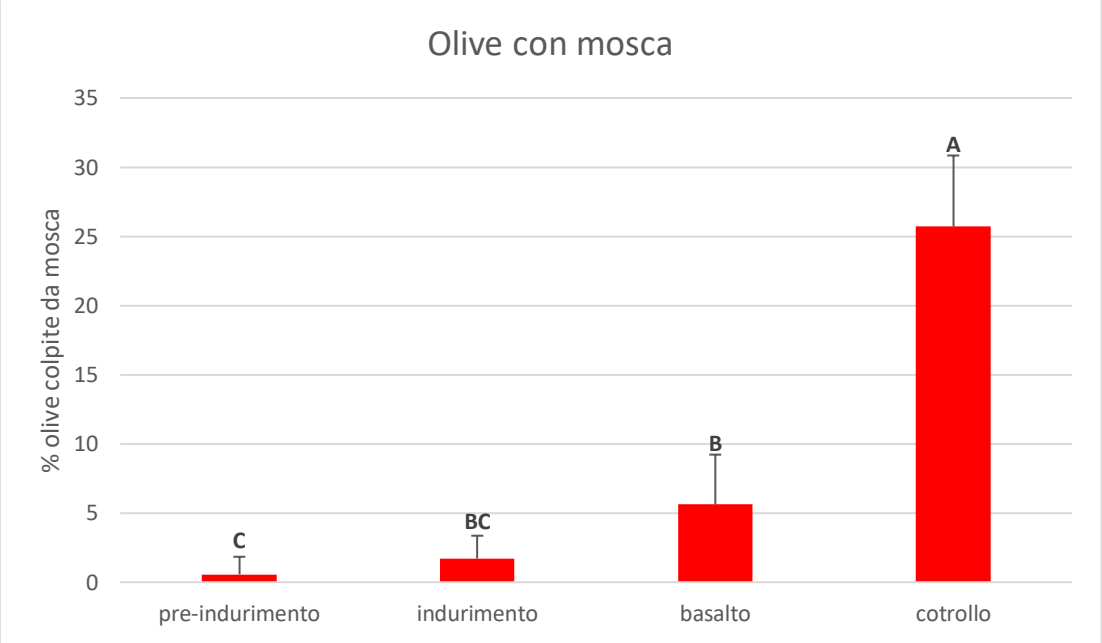

Figura 15. *La figura rappresenta in percentuale i valori medi di olive colpite da Bactrocera oleae in base alla strategia di difesa adottata nella prova. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard. Le differenze risultano significative per il test HSD Tukey.*

4.1.3 *Olive danneggiate*

La percentuale di olive danneggiate (non da mosca) tra le piante coperte in fase di pre-indurimento con trattamento insetticida a base di piretro e quelle coperte nel medesimo periodo senza alcun trattamento insetticida non riportano differenze significative; lo stesso vale per le piante coperte all'indurimento del nocciolo (figura 16). Per tale motivo, i risultati riguardanti le olive danneggiate da agenti diversi dalla mosca verranno mostrati in seguito considerando la media dei dati provenienti dalle piante trattate con piretro che non trattate, focalizzando l'attenzione sulle differenze determinate dal periodo di applicazione delle reti antinsetto.

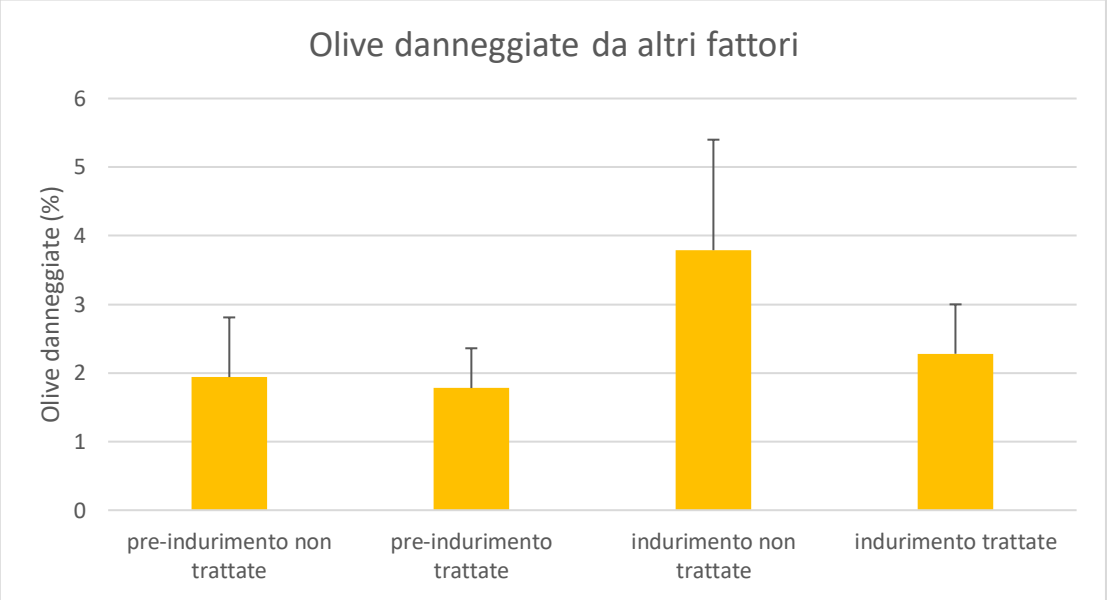

Figura 16. *a figura rappresenta i valori percentuali di olive danneggiate nelle piante coperte in pre-indurimento e all'indurimento, trattate con piretro e non trattate. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.*

Durante l'analisi dei frutti sono stati registrati anche i danni sulle olive non riconducibili a *Bactrocera oleae*. Il limitato numero di olive non permette di evidenziare differenze significative (figura 17); tuttavia, si rileva una tendenza ad un maggior numero di danni sulle olive delle piante controllo.

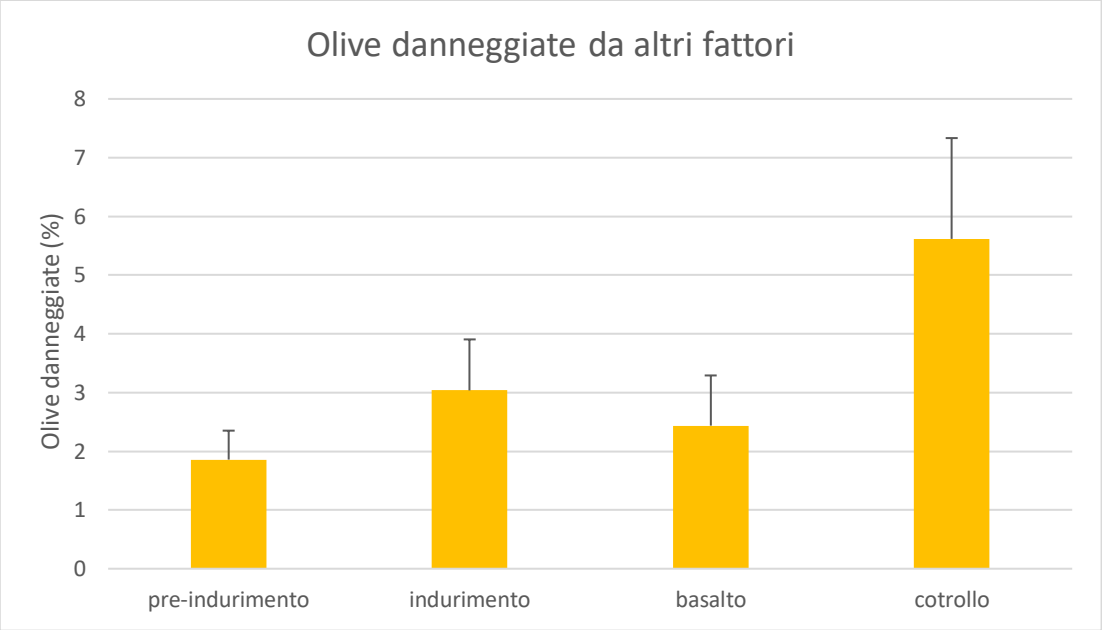

Figura 17. *La figura rappresenta in percentuale i valori medi di olive per altre cause danneggiate in base alla strategia di difesa adottata nella prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.*

4.2 Analisi su pesi e raccolta

I risultati delle analisi svolte su pesi e raccolta hanno mostrato differenze interessanti.

4.2.1 *Peso medio delle olive*

Secondo quanto si evince dai risultati delle analisi sul peso medio delle olive in figura 18, le piante sottoposte a copertura in pre-indurimento hanno mostrato valori similari a quelle coperte in fase di indurimento; in entrambi i casi il valore medio del peso delle olive risulta superiore a 3 g. Il controllo e le piante trattate con farina di basalto hanno prodotto, invece, olive più piccole, con un peso medio che si aggira intorno ai 2,9 g.

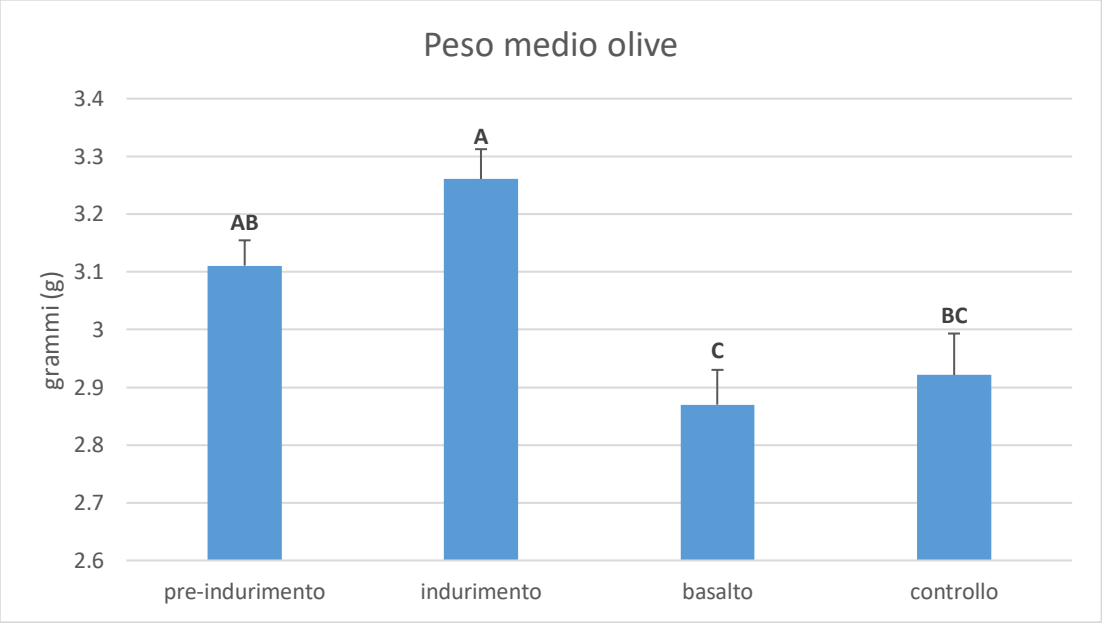

Figura 18. *La figura rappresenta il peso medio in grammi delle olive in base alla strategia di difesa adottata nella prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. I dati risultano significativi per il test HSD Tukey.*

4.2.2 *Peso delle olive raccolte per pianta*

I risultati delle analisi riguardanti il peso delle olive raccolte (figura 19) per pianta non evidenziano differenze significative. I valori delle medie si aggirano, generalmente, intorno ai 9 Kg di olive per pianta

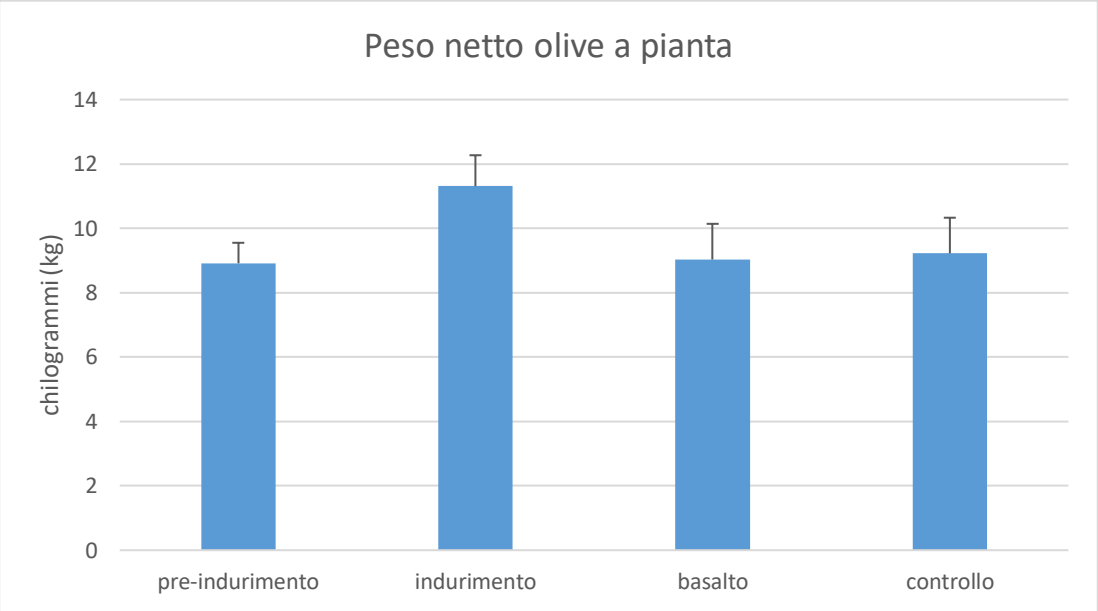

Figura 19. *La figura rappresenta i pesi medi in chilogrammi di olive raccolte in base alla strategia di difesa adottata nella prova. Le barre di errore rappresentano l'errore standard.*

4.3 Fioritura 2022

Le analisi svolte sulla fioritura 2022 (figura 20) hanno portato a risultati significativi, che tuttavia sembrano dipendere dalla posizione e dall'esposizione delle piante all'interno del campo, piuttosto che dall'applicazione o meno della rete. I risultati mostrano una maggiore produzione di mignole sulle piante controllo, che mediamente hanno differenziato l'11% di mignole su gemme totali. A tal proposito è doveroso ricordare che le piante controllo sono localizzate a sud del campo. Le piante coperte, sia in fase di pre-indurimento che all'indurimento del nocciolo, localizzate a sud del campo hanno prodotto quantità minori di mignole sul totale delle gemme, intorno al 7%. Le piante localizzate a nord campo, ovvero le controllo trattate con farina di basalto e le piante chiuse all'interno delle reti in fase di pre-indurimento e all'indurimento, trattate con insetticida a base di piretro, hanno mostrato un numero di fiori presenti sul totale delle gemme inferiore al 4%.

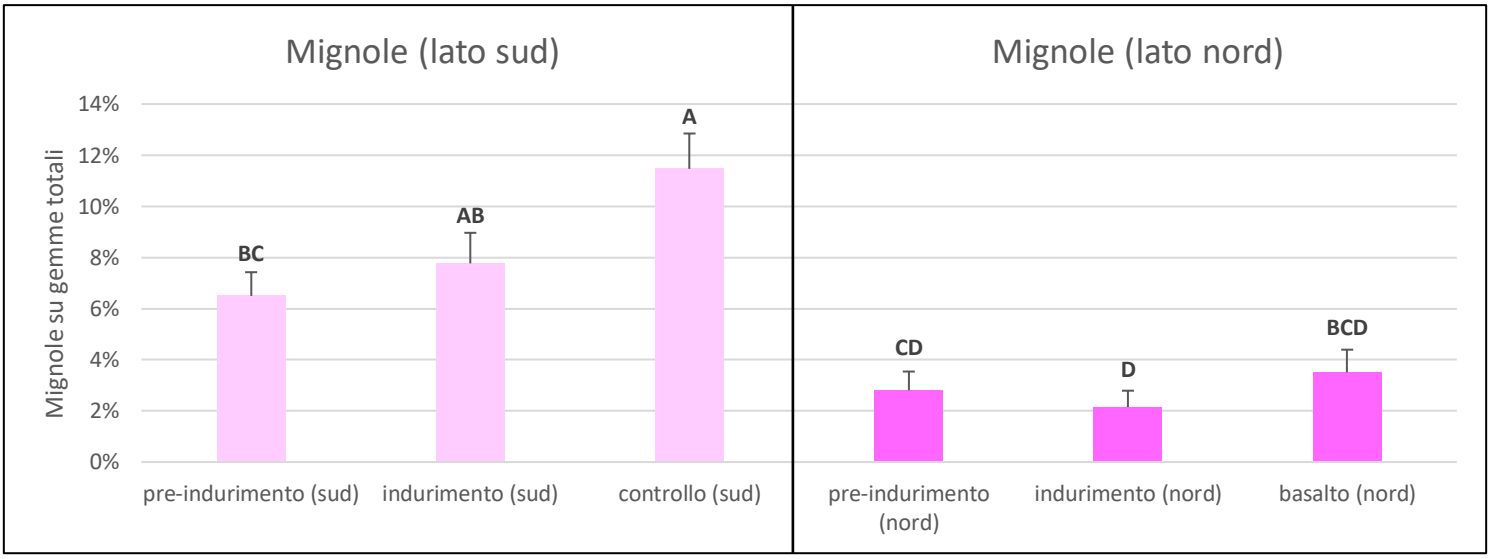

Figura 20. *La figura rappresenta i valori in percentuale delle mignole prodotte dalle piante in base alla strategia di difesa adottata per la prova e alla posizione delle piante all'interno dell'oliveto. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. Le differenze risultano significative per il test HSD Tukey.*

4.4 Analisi fotosintesi

4.4.1 *Assimilazione netta di CO_2*

I risultati delle analisi riguardanti l'assimilazione di anidride carbonica delle piante in prova mostrano come a livelli bassi di Radiazione Fotosinteticamente Attiva (PAR), misurata in Densità di Flusso Fotonico Fotosintetico (ppfd), le piante controllo tendono ad assimilare una quota di anidride carbonica leggermente superiore; tale tendenza si mantiene fino ad un PAR di 400, dopodiché con l'aumentare della luminosità fino ad un PAR di 1200/1300 le piante coperte con rete antinsetto mostrano una assimilazione netta di CO_2 relativamente superiore alle piante controllo (figura 21).

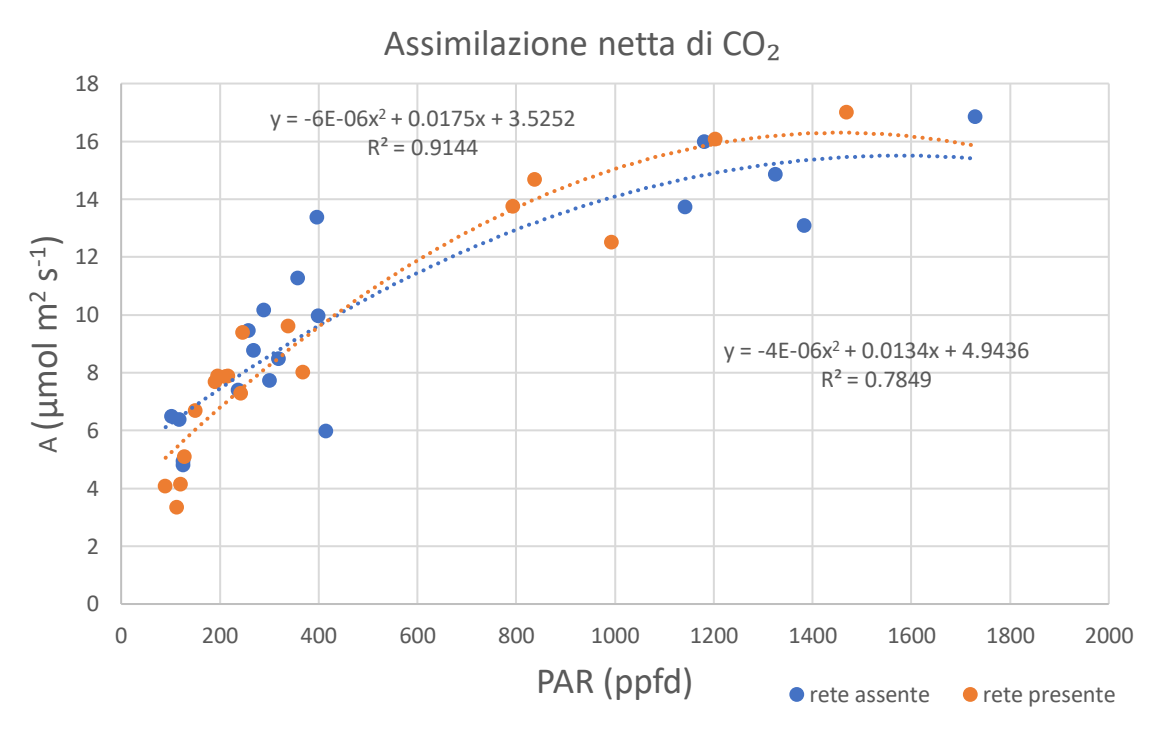

Figura 21. *La figura rappresenta i valori di assimilazione netta (A) per le piante coperte con rete antinsetto e per quelle non coperte in condizioni di diversa quantità di PAR.*

4.4.2 *Traspirazione*

I risultati delle analisi effettuate sulla traspirazione delle foglie delle piante in prova non evidenziano differenze significative tra le piante coperte e quelle non coperte (figura 22).
In linea generale, si osserva come a partire da bassi livelli di luminosità vi sia un graduale incremento della traspirazione all'aumentare del PAR, tale crescita dell'attività traspirativa raggiunge il suo culmine intorno ad un PAR di circa 1200, dopodiché si osserva un progressivo decremento della traspirazione a mano a mano che i livelli di PAR aumentano.

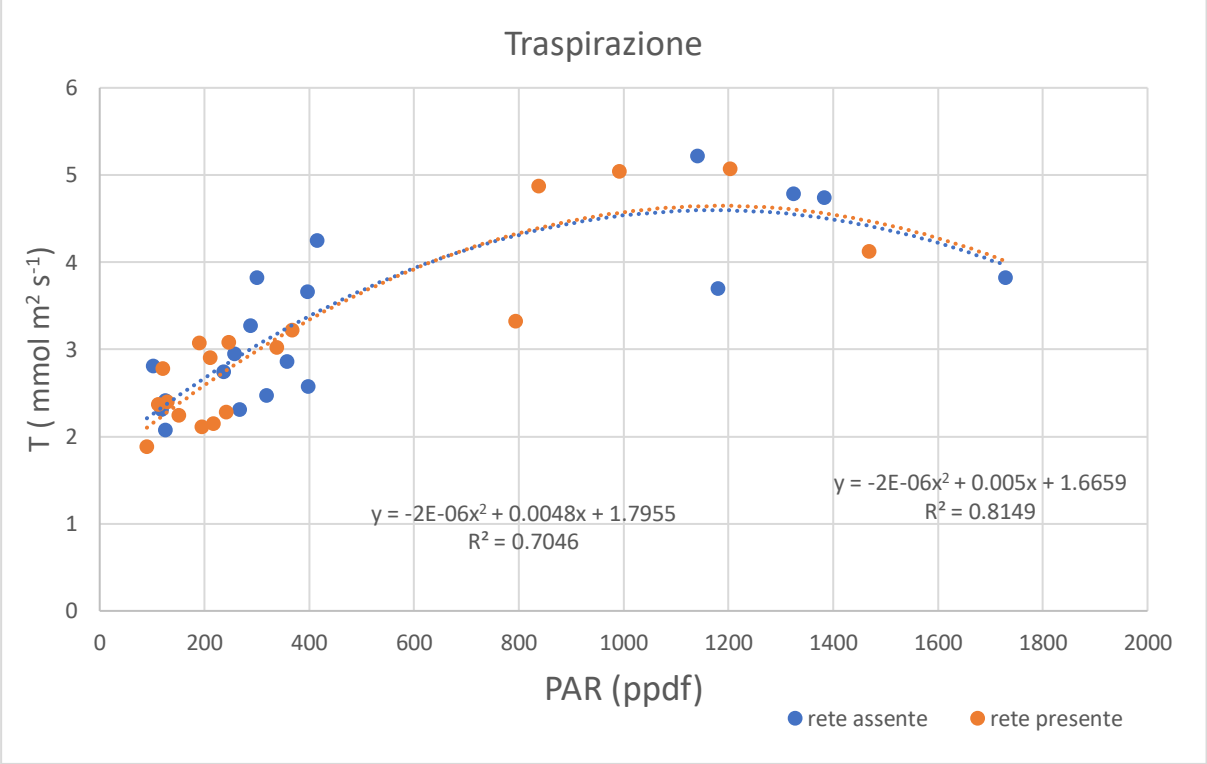

Figura 22. *La figura rappresenta i valori di traspirazione (T) per le piante coperte con rete antinsetto e per quelle non coperte in condizioni di diversa quantità di PAR.*

4.5 Analisi crescita germogli 2021

I risultati delle analisi sulla crescita dei germogli valutata come numero di nodi formati dal 7 luglio al 30 agosto 2021, rivelano differenze significative in base alla presenza o meno di copertura con rete antinsetto (figura 23).

Le piante sottoposte a copertura all'indurimento del nocciolo mostrano un accrescimento dei germogli più energico, in particolare la lunghezza media è di poco inferiore a 0,8 nodi.

Le piante coperte in fase pre-indurimento hanno mostrato una crescita dei germogli meno vigorosa, con lunghezza media dei nuovi germogli di poco superiore a 0,4 cm.

Infine, le piante non provviste di rete, ovvero sia il controllo e quelle trattate con farina di basalto, hanno mostrato una crescita inferiore alle piante coperte, con valore medio di lunghezza dei germogli di circa 0,3 nodi.

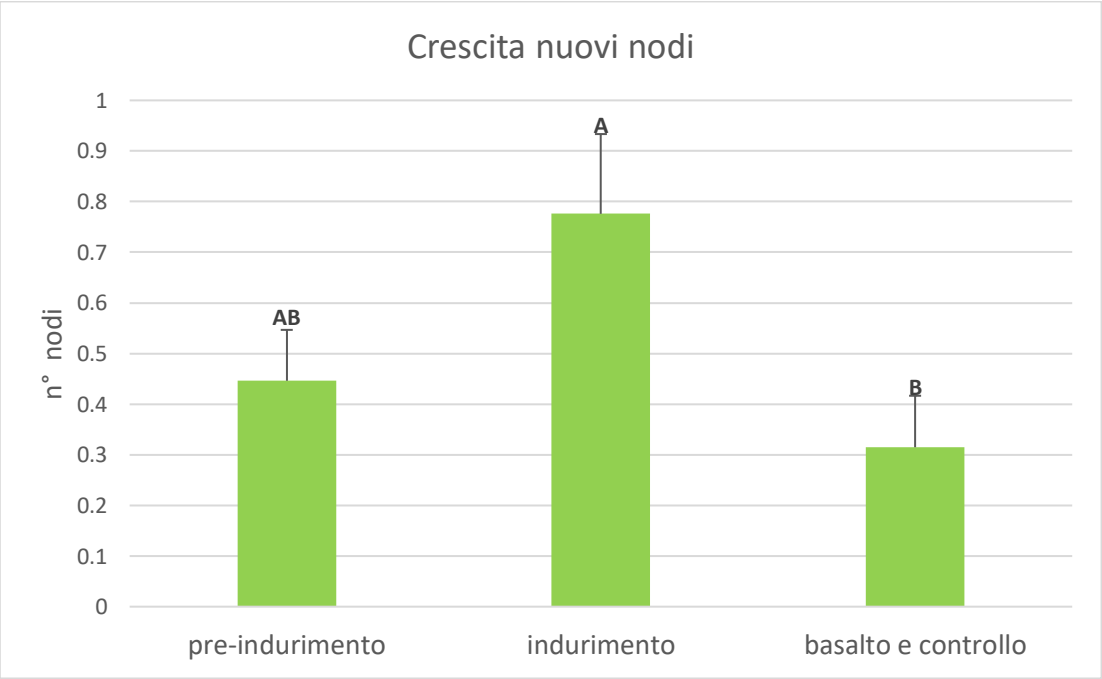

Figura 23. *La figura rappresenta i valori medi di crescita dei germogli (cm) in base alla presenza e all'epoca di copertura. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. Le differenze risultano significative per il test HSD Tukey.*

4.6 Analisi tempi di chiusura e apertura reti

Le analisi svolte sui tempi di chiusura e di apertura delle reti hanno portato ai seguenti risultati. Le operazioni di copertura e chiusura della rete prevedono: il posizionamento di questa al di sopra della pianta tramite l'uso di lunghe aste, la successiva chiusura laterale effettuata unendo i lembi laterali mediante graffettatrice, ed infine la chiusura basale risolta tramite una legatura con filo di nylon ad altezza tronco. Analizzando i tempi impiegati da due operai per tali operazioni, si osserva un tempo medio di chiusura per pianta di circa 9/10 minuti.

Le operazioni di apertura e rimozione della rete prevedono di slegare basalmente la rete per poi aprirla lateralmente rimuovendo le graffette che tengono uniti i due lembi laterali, infine, si procede con la rimozione della rete aiutandosi con delle aste. Il tempo medio impiegato da un operaio per tali operazioni è di circa 3 minuti (figura 24).

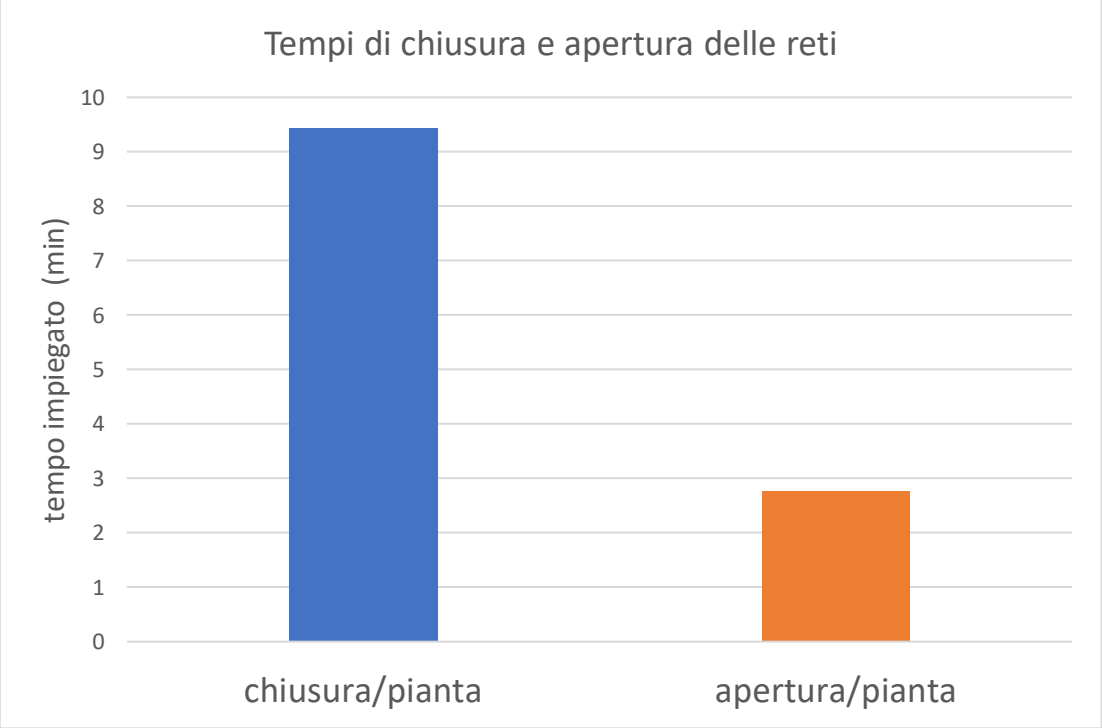

Figura 24. *La figura rappresenta i valori medi di tempo impiegato per le operazioni di chiusura e apertura delle reti su singola pianta.*

Nella figura 25 si riporta la media dei tempi di chiusura e apertura delle reti antinsetto per ettaro. Le operazioni di chiusura, eseguite da due operai richiedono, circa 43 ore per ettaro; per le operazioni di apertura, eseguite da un solo operaio, il tempo medio è di circa 12 ore per ettaro.

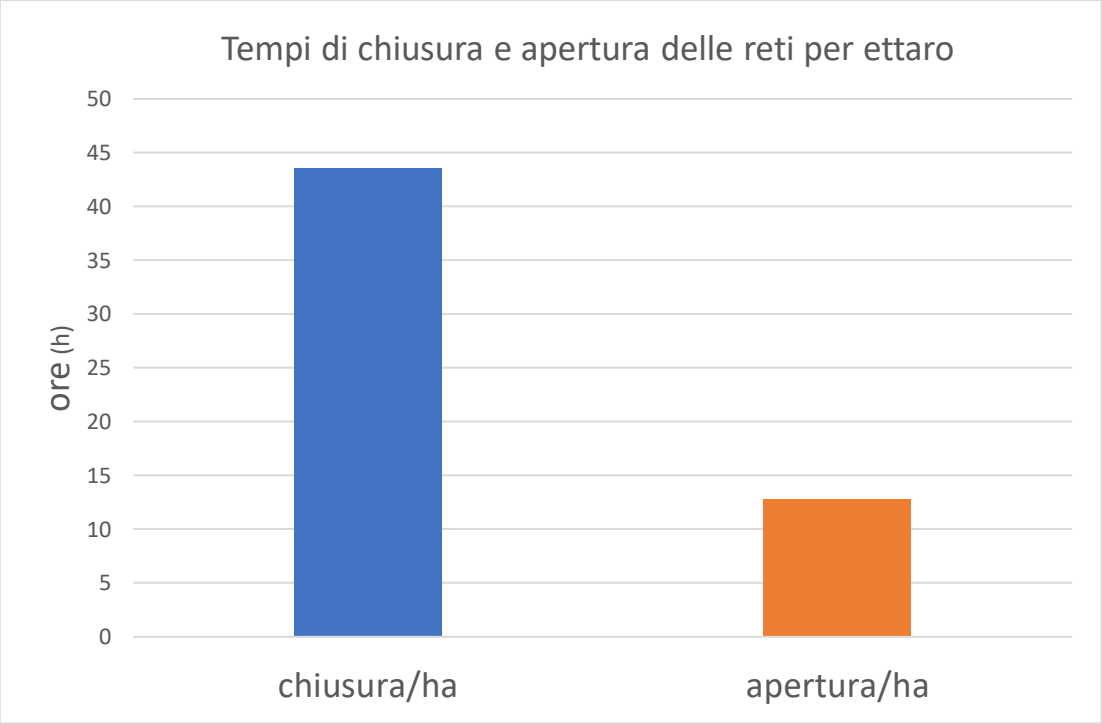

Figura 25. *La figura rappresenta i valori medi di tempo impiegato per le operazioni di chiusura e apertura delle reti antinsetto ad ettaro.*

Nel grafico a seguire (figura 26) sono riportati i costi relativi alla manodopera, tenendo in considerazione una tariffa oraria per operaio di 10€.

Le operazioni di chiusura comportano un costo di circa 860 € ad ettaro, considerando l'impiego di due operai. Le operazioni di apertura arrivano, invece, a costare all'incirca 120 € ad ettaro, considerando l'impiego di un solo operaio.

Complessivamente, i costi necessari sia per le operazioni di chiusura che per quelle di apertura ammontano a poco meno di mille euro ad ettaro.

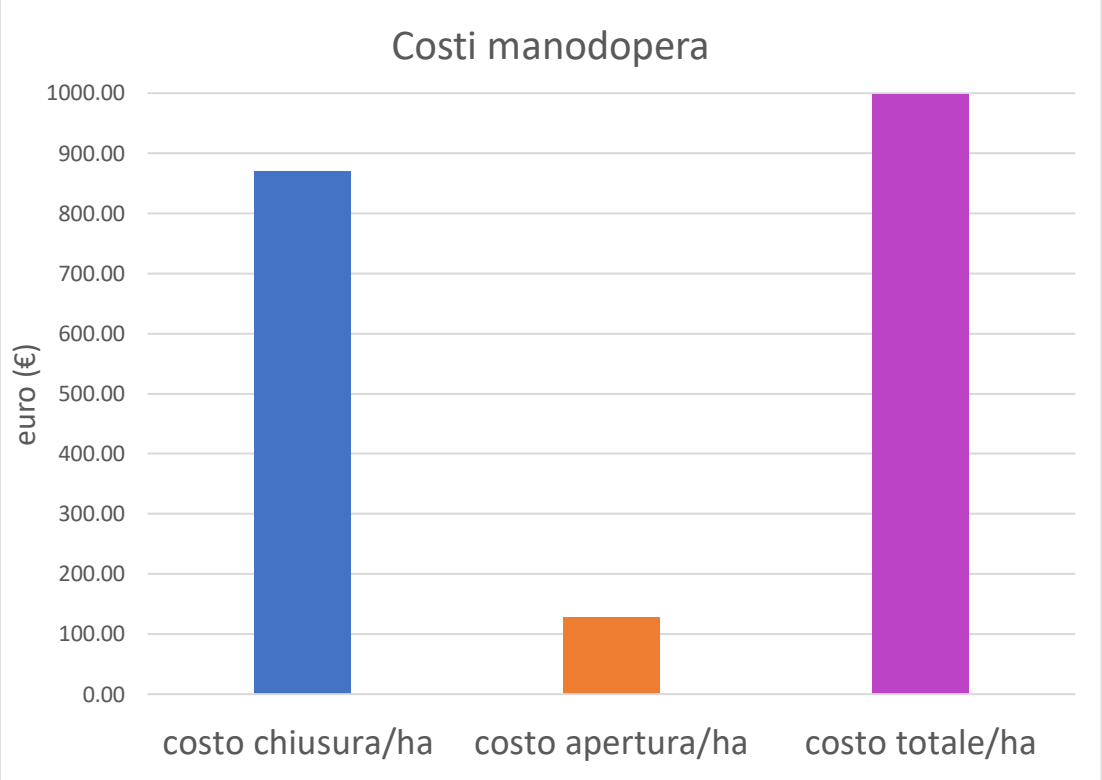

Figura 26. *La figura rappresenta i valori relativi ai costi di manodopera necessari per le operazioni di chiusura e apertura delle reti antinsetto ad ettaro.*

Capitolo 5
DISCUSSIONI

I risultati riguardanti lo stato di salute delle olive ci mostrano come l'applicazione delle reti antinsetto possa abbattere sostanzialmente l'attacco di *Bactrocera oleae.* In particolar modo, l'applicazione delle reti in fase di pre-indurimento potrebbe mantenere la soglia di olive colpite dalla mosca intorno al 1-2 %; la scelta riguardante il periodo di applicazione della rete trova spiegazione in merito al ciclo biologico della mosca dell'olivo, che generalmente a partire da fine giugno inizi di luglio (fase di pre-indurimento del nocciolo) inizia ad ovideporre sulle olive ancora piccole (7-8 mm), nonostante le olive considerate più recettive per l'ovideposizione siano quelle dotate di nocciolo indurito e quindi disponibili per il fitofago a partire dalla seconda metà di luglio.

L'applicazione delle reti dimostra, inoltre, un incremento del peso delle drupe; tale aumento di peso potrebbe essere motivato dall'effetto ombreggiante delle stesse reti, che ha permesso di contenere entro certi limiti lo stress fotossidativo provocato dall'eccessiva esposizione alla radiazione solare, favorendo così l'assimilazione di CO_2 e la fissazione di carbonio; per gli stessi motivi, possiamo supporre che la crescita di nuovi nodi sui rametti di un anno sia più evidente nelle piante dotate di rete, in particolare in quelle coperte in fase di indurimento del nocciolo.

Per quel che riguarda le analisi delle mignole, si può notare come i risultati delle piante coperte in fase di indurimento del nocciolo, fase che per altro coincide con l'induzione a fiore delle gemme, siano significativamente similari al controllo. Questo fa pensare che il periodo di applicazione più opportuno delle reti sia proprio all'indurimento del nocciolo; a conferma di ciò si registra, invece, una riduzione dell'induzione a fiore nelle piante coperte in fase pre-indurimento. Tuttavia, il dato in questione risulta da confermare e rafforzare con ulteriori studi, poiché molte mignole sono andate perse a causa di gelata.

I risultati sui tempi e sui costi di manodopera mostrano che le operazioni di chiusura delle reti, che comprendono il posizionamento della rete al di sopra della pianta, la chiusura laterale e quella basale, richiedono un tempo circa tre volte più lungo rispetto alle operazioni di apertura (figura 27). Da ciò si può facilmente desumere come le operazioni di chiusura abbiano un

impatto notevolmente determinante sul costo annuo della manodopera. In particolar modo, possiamo affermare che tra le operazioni di chiusura quella che comporta un impiego maggiore di tempo risulta essere la chiusura laterale, che da sola rappresenta circa il 63% di tempo necessario per le operazioni di chiusura. A tal proposito si vuole ricordare che per la prova la chiusura laterale delle reti antinsetto è stata eseguita tramite l'utilizzo di una graffettatrice, ma ciò non esclude la possibilità di dotare le reti con sistemi di chiusura più rapidi e funzionali, in modo da velocizzare l'operazione, ridurre le ore di lavoro ad ettaro e abbassare le spese di manodopera.

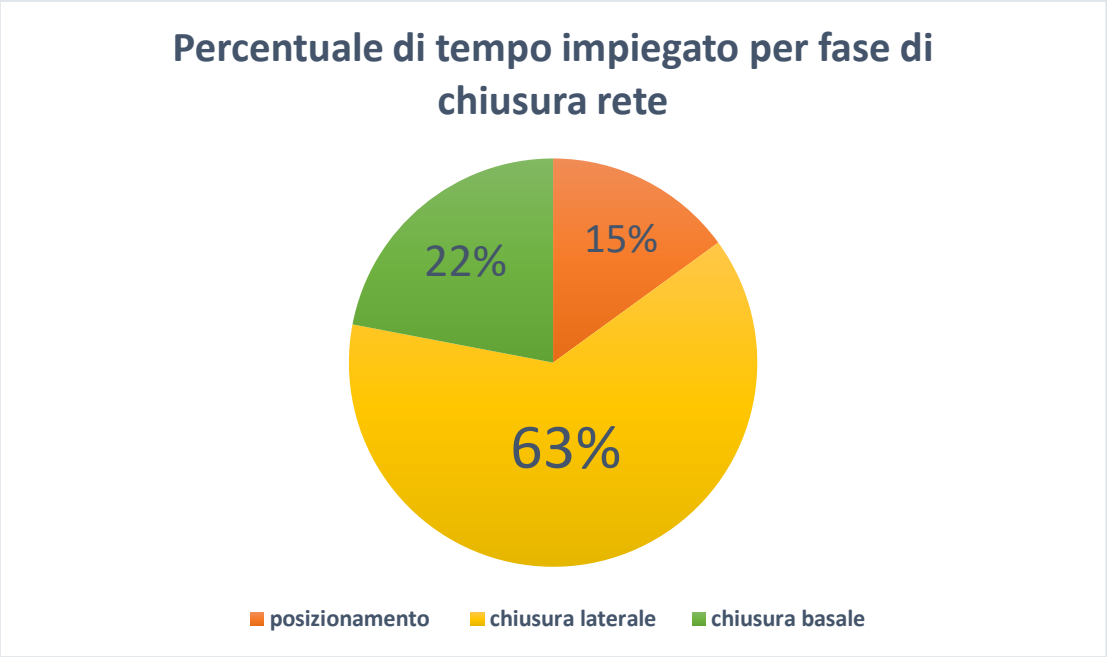

Figura 27. *La figura rappresenta in percentuale la quantità di tempo impiegato per le fasi di chiusura delle reti.*

Capitolo 6
CONCLUSIONI

L'applicazione delle reti antinsetto gestisce molto bene l'attacco della mosca abbattendone l'attacco significativamente (con attacchi attorno al 1-2%).

Inoltre, se installate dopo l'indurimento del nocciolo i frutti possono risultare più grossi, e i germogli allungano di quasi mezzo nodo in più rispetto al controllo nei soli mesi di luglio ed agosto (periodo in cui la crescita di solito si ferma). Sebbene la fotosintesi sia stata analizzata in ottobre, non si vedono differenze di capacità tra controllo e rete; tuttavia, precedenti sperimentazioni svolte con reti antinsetto sullo stesso oliveto hanno mostrato che l'uso delle reti ha aumentato la velocità fotosintetica, la traspirazione e la conduttanza stomatica rispetto ad alberi scoperti, principalmente nella porzione esposta a sud-ovest della chioma (Lodolini et al., 2018).

I costi, sia di tipo economico che ecologico del materiale (essendo le reti in plastica, che andrà smaltita a fine ciclo), sia di installazione sono importanti, e ad oggi solo nel caso di olive da mensa può essere economicamente sostenibile (soprattutto se in agricoltura biologica). Sicuramente le tecniche d'installazione e di gestione della chioma possono abbatterne i costi. È ovvio che i costi vadano paragonati poi a quelli della gestione chimica della mosca dell'olivo che negli ultimi anni sta vedendo l'eliminazione di prodotti molto efficaci, ma dannosi per l'ambiente.

Ad oggi possiamo dire che un 14 % di ombreggiamento svolto dalle reti, su piante di olivo, attuate dopo l'indurimento del nocciolo, può aiutare nella produzione di nuovi nodi (potenziale produttivo per l'anno a seguire) e nella grandezza del frutto (fattore apprezzabile nelle olive da mensa) e può abbattere l'attacco da mosca fino a quote dell'1% (soglia accettabile).

BIBLIOGRAFIA

Berlinger, M. J. et al., 2002. Efficiency of insect exclusion screens for preventing whitefly trasmission of tomato yellow leaf curl virus of tomatoes in Israel. *Bulletin of Entomological Research ,* 92(5), pp. 367-373.

Brydges, T., 2001. Ecological change and the challenges for monitoring. *Environmental monitoring and assessment,* 1(67), pp. 89-95.

Castellano, S. e. a., 2008. Design and use criteria of netting systems for agricultural production in Italy. *Journal of Agricultural Engineering,* 3(39), pp. 31-42.

Castellano, S. et al., 2008. DESIGN AND USE CRITERIA OF NETTING SYSTEMS FOR AGRICULTURAL PRODUCTION IN ITALY. *Journal of Agricultural Engineering,* pp. 31-42.

Cimitato, A., Baldini, A. & Moretti, R., 1997. L'Olio di Oliva, Cultivar, Ambiente e Tecniche Agronomiche. *Regione Toscana (Ed.), CNR, ARSIA,* pp. 1-93.

Cimitato, A., Baldini, A. & Moretti, R., 2001. Cultivar, Ambiente e Tecniche agronomiche, Il Edizione. *Manuale edito Regione Toscana, CNR, ARSIA*, gennaio, pp. 1-168.

Cimitato, A. & Fiorino, P., 1985. L'alternanza di produzione dell'olivo: 2. Influenza dei frutti sulla differenziazione a fiore e sulla nutrizione minerale. *Rivista Ortoflorofrutticola Italiana,* Volume 69, pp. 413-424.

Cimitato, A., Fiorino, P. & Poli, P., 1986. Induzione e differenziazione a fiore dell'olivo. 1. Defogliazione ed ombreggiamento strumenti per studiare il processo. *L'Informatore Agrario,* Volume 31, pp. 47-50.

Franchini, E., Cimitato, A. & Costantini, E., 2006. *Olivo,* s.l.: s.n.

Giacalone, C., 2011. *IL CONTROLLO DI BACTROCERA OLEAE (ROSSI) E DI ALTRI CARPOFAGI NEGLI OLIVETI BIOLOGICI IN SICILIA E SUD AFRICA.* Palermo, UNIPA.

Giansante, L. et al., 2021. Controllo fitosanitario e qualità degli oli di oliva in areale invaso da Bactrocera oleae. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse,* Volume 98.

Girolami, V. & Strapazzon, A., 1982. Attrattività della pianta ospite, stimolazione e regolazione della fecondità fi Dacus oleae (Gmelin). In: *Atti di incontro sul Dacus oleae.* Perugia, marzo: Frustala Ent. (N.S.), pp. 247-255.

Gucci, R. e. a., 2020. *Intensificazione sostenibile per la filiera olivicolo-olearia: approfondimenti sulle filiere di interesse per l'ambiente mediterraneo,* s.l.: s.n.

Hanafi, A. e. a., 2003. Evaluation of different types of insect screens for the exclusion of whiteflies and natural enemies. *IOBC wprs Bulletin,* 26(10), pp. 43-48.

Inglese, P., Corelli Grappadelli, L. & Sebastiani, L., 2012. Progettazione e impianto del frutteto. In: *Arboricoltura generale.* Bologna: Pàtron Editore, pp. 327-331.

Lavee, S. & Wodner, M., 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (Olea europaea L.) cultivars. *Journal of Horticult. Science,* 66(5), pp. 583-591.

Lodolini, E.M., Riolo, P., Bastianutto, S., Polverigiani, S., Minuz, R.L., Trobbiani, P., Isidoro, N. and Neri, D. (2018). Use of nets in olive orchard management. Acta Hortic. 1228, 129-134.

Longo, S. & Parlati, M., 1993. Caratteristiche qualitative della produzione in rapporto all'infestazione dacica. MAF, Atti Convegno "Olivicoltura", Firenze. In: Roma: (coord. M. Crovetti), ed. Ist. Sper. Pat. Veg., pp. 53-59.

Loucks, O. L., 1977. Emergence of research on agro-ecosystems. *Annual review of ecology and systematics,* Issue 8, pp. 173-192.

Mazomenos, B. E., 1989. Dacus oleae. In: *Robinson A.S. e G. Hooper "Fruit Flies their Biology, Natural Enemies and Control".* s.l.:3A, pp. 78-169.

Michelakis, S. & Neuenschwander, P., s.d. Estimates of crop losses caused by Dacus oleae (Gmel), in Crete, Greece. In: *Cavalloro R. "Fruit Flies of Economic Importance".* s.l.:s.n., pp. 11-603.

Neri D., M. Bravetti, G. Murri, G. Nardini and M. Paroncini. 2021. Light spectrum modifications under photo-selective hail-nets. Acta Hortic. 1304. 191-200. ISHS. Proc. IX International Peach Symposium. Eds.: F. Stanica and T. Dejong DOI 10.17660/ActaHortic.2021.1304.27.

Odum, E. P., 1969. The Strategy of Ecosystem Development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *science,* Issue 164, pp. 262-270.

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I., and Greenblat-Avron, Y. (2004a). *ColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees*. Acta Hortic. 636, 609–616 https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.76.

Shahak, Y., Kong, Y., and Ratner, K. (2016). *The wonders of yellow netting*. Acta Hortic. 1134, 327–334 https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.43.

Teerling, C. R., Murphy, G. & Van Lentere, J. C., 1999. *Experiences with insect exclusion screening of greenhouse vents in Ontario, Canada.* France, IOBC WPRS Bulletin.

Tombesi, A., 1994. Olive fruit growth anf metabolism. *Acta Horticulturae,* Volume 356, pp. 225-229.