



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

EFFETTI DELL'APPLICAZIONE DI CLORURO DI CALCIO SUI FRUTTI DI
ASCOLANA TENERA

Effects of the application of calcium chloride on the fruits of "Ascolana tenera"

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
LUCA CANTALAMESSA

Relatore:
PROF. ENRICO MARIA LODOLINI

Correlatore:
DOTT. FRANCESCO BELLUCCINI

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

SOMMARIO

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI	6
PREMESSA E SCOPO DELLA TESI	7
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE	8
1.1 Storia dell'olivicoltura	8
1.2 Caratteristiche morfologiche della cultivar Ascolana tenera.....	9
1.3 Gestione agronomica	12
1.4 Trattamenti fogliari.....	14
1.5 Ione calcio	18
CAPITOLO 2 MATERIALI E METODI	21
2.1 Contesto aziendale.....	21
2.2 Impostazione della prova sperimentale e rilievi eseguiti	23
CAPITOLO 3 RISULTATI E DISCUSSIONE	26
3.1 Primo rilievo.....	26
3.2 Consistenza del frutto del secondo rilievo.....	26
3.3 Peso fresco del frutto del secondo rilievo.....	28
3.4 Peso fresco della polpa del secondo rilievo.....	29
3.5 Calibro polare del frutto del secondo rilievo.....	30
3.6 Peso fresco del frutto del secondo rilievo.....	31
3.7 Peso fresco della polpa del secondo rilievo.....	32
3.8 Terzo rilievo	33
3.9 Resistenza al distacco del terzo rilievo	33
3.10 Consistenza del frutto del terzo rilievo.....	34
3.11 Peso fresco della polpa del terzo rilievo	36
3.12 Peso fresco del frutto del terzo rilievo	37
3.13 Consistenza del terzo rilievo	38
3.14 Forza di ritenzione del frutto del terzo rilievo	40

3.15 Volume del terzo rilievo.....	41
3.16 Peso fresco della polpa del terzo rilievo	42
CONCLUSIONI	43
BIBLIOGRAFIA.....	45
RINGRAZIAMENTI.....	47

ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1-1: Morfologia della drupa	8
FIGURA 1-2: Una foto al microscopio elettronico a scansione del polo anteriore di un uovo di mosca delle olive, su cui sono visibili numerose colonie batteriche di <i>Candidatus Erwinia Dacicola</i> . (Fonte: prof. Antonio Belcari - Università di Firenze)	9
FIGURA 1-3: Dimostrazione dell'effetto di tensioattivi	12
FIGURA 1-4: Sezione trasversale di foglie di pesco. La pagina inferiore presenta la maggiore concentrazione di soluzioni di continuità della cuticola rispetto a quella superiore	13
FIGURA 2-1: Andamento pluviometrico dicembre 2023-ottobre 2024 del comune di Montalto delle Marche (AP) relazionato con precipitazioni medie 1991-2020 (fonte AMAP)	20
FIGURA 2-2: Andamento termico dicembre 2023-ottobre 2024 del comune di Montalto delle Marche (AP) relazionato con temperature mensili medie 1991-2020.	20
FIGURA 2-3: Immagine dell'oliveto oggetto di sperimentazione.	21
FIGURA 2-4: Misurazione del diametro polare di un frutto	22
FIGURA 2-5: Misurazione del peso totale di un frutto	23
FIGURA 3-1: Rappresentazione grafica della consistenza media degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	25
FIGURA 3-2: Rappresentazione grafica del peso medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	26
FIGURA 3-3: Rappresentazione grafica del peso fresco medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	27

FIGURA 3-4: Rappresentazione grafica del calibro polare dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	28
FIGURA 3-5: Rappresentazione grafica del peso fresco medio degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative dei singoli gruppi per il test HSD Tukey ($p < 0,05$)	29
Figura 3-6: Rappresentazione grafica del peso fresco medio della polpa dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	30
FIGURA 3-7: Rappresentazione grafica forza di ritenzione dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	32
FIGURA 3-8: 1 Rappresentazione grafica della consistenza media dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	33
FIGURA 3-9: Rappresentazione grafica del peso fresco della polpa degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	34
FIGURA 3-10: Rappresentazione grafica del peso fresco globale dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	35
FIGURA 3-11: Consistenza media del frutto negli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($P < 0,05$).	36
FIGURA 3-12: Rappresentazione grafica della forza di ritenzione (FRF) degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	38
FIGURA 3-13: Rappresentazione grafica del volume medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey.	39
FIGURA 3-14: Rappresentazione grafica del peso fresco medio della polpa dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).	40

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

FRF Forza di ritenzione del frutto

PREMESSA E SCOPO DELLA TESI

L'olivo rappresenta una delle colture di maggior rilievo nel panorama agricolo italiano, con la varietà Ascolana tenera che si distingue per le sue peculiari caratteristiche organolettiche e il suo elevato valore commerciale. Tuttavia, la coltivazione di questa cultivar presenta una fase particolarmente critica: la raccolta; Infatti, quest'ultima deve essere necessariamente effettuata a mano per evitare di danneggiare la polpa particolarmente tenera, determinando un'alterazione del prodotto finale. Negli ultimi anni però, l'evoluzione di nuove tecniche di gestione colturale ha permesso di esplorare alternative alla classica raccolta manuale, cercando ovviamente di preservare l'integrità della drupa. Proprio in questo contesto, l'impiego di trattamenti in pre-raccolta volti a migliorare la consistenza del frutto, come per esempio l'impiego di sali di calcio, hanno avuto un crescente sviluppo. L'obiettivo della presente tesi è proprio quello di approfondire le ricerche in merito a trattamenti fogliari utilizzando il cloruro di calcio in pre-raccolta, e lo studio si propone di analizzare gli effetti di questo trattamento sulla consistenza della polpa, valutando se il calcio possa essere considerato uno strumento efficace per ridurre la sensibilità del frutto senza comprometterne la qualità. Un'attenta analisi in merito risulta fondamentale per poter considerare effettivamente questo macroelemento come uno strumento in grado di risolvere il problema della sensibilità della polpa della drupa.

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Storia dell'olivicoltura

Le Marche, con la loro varietà paesaggistica e clima particolarmente favorevole, rappresentano il territorio ideale per l'olivicoltura.

La regione vanta una lunghissima tradizione olivicola avviata, a partire dal III° secolo, dai romani. Ebbe quindi un importante sviluppo grazie alla divisione, eseguita da parte dell'agrimensore, dei territori marchigiani in centuriazioni romane, ovvero appezzamenti di terra donati ai veterani dell'esercito come forma di previdenza per la vecchiaia. In questo modo venne favorita la produzione di grano, vino ed appunto olio. La produzione marchigiana di olio riuscì poi a non sparire nonostante la caduta dell'Impero Romano, grazie soprattutto a monasteri ed abbazie, particolarmente diffusi nelle Marche.

Il Medioevo vide, al contrario, una battuta d'arresto importante per due principali ragioni; Innanzitutto arrivarono popoli con tradizioni alimentari totalmente diverse, ma soprattutto il signore feudale introdusse una tassa sulla molitura delle olive ed infine, a causa di un'economia fortemente depressa, i capitali richiesti per la realizzazione di frantoi vennero meno.

Il Rinascimento vide poi un'iniziale ripartenza dell'olio, grazie ad una generale ripresa dell'economia con conseguente aumento dei consumi. Proprio in questo periodo nacque la figura del mastro oleario.

Il consumo crebbe nei secoli successivi fino a quando, nel 1830, Papa Pio VII, attraverso una notificazione, garantì il premio di un "Paolo" (compenso di una giornata lavorativa di un bracciante) a tutti coloro i quali avrebbero piantato e curato un olivo sino ai 18 mesi di età, determinando un exploit della sua coltivazione.

Oggi, l'olivo è la coltura arborea più diffusa nelle Marche con 9.530 ettari dedicati e con circa 150 frantoi ed una produzione di circa 2300 quintali nel 2022, valevoli 16,3 milioni di euro (ANSA).

In banca dati sono presenti ben 35 varietà provenienti dalla nostra regione, tra cui: Ascolana dura e Ascolana tenera, Carboncella, Cornetta, Coroncina, Lea, Mignola, Nebbia del Menocchia, Orbetana, Piantone di Falerone, Piantone di Mogliano, Raggia, Raggiola, Sargano di Fermo, Sargano di San Benedetto, Pendolino, Rosciola dei colli Esini, Coratina, Frantoio e Leccino (Barbara Alfei, 2021). Il recupero e la conservazione del germoplasma olivicolo marchigiano ha luogo a Carassai (AP) presso il campo di conservazione genetica.

Nel contesto delle sperimentazioni oggetto di questa tesi, ci siamo focalizzati sulla cultivar Ascolana tenera, che dal 2005 ha ottenuto il riconoscimento DOP, sancendone così l'importanza storica e territoriale. Questa varietà deve il suo nome alla città di Ascoli Piceno. Gli antichi romani la chiamavano *colymbades*, termine derivato dal greco *kolymbáo* (che significa "io nuoto"), in riferimento alla tecnica di conservazione delle olive in salamoia. Le origini di questa cultivar sono molto antiche: già nel I secolo d.C. viene menzionata dal politico e scrittore romano Gaio Petronio nel *Satyricon*, dove descrive le abitudini gastronomiche della società del tempo. Questo riferimento dimostra come questa cultivar fosse non solo diffusa, ma anche apprezzata nelle tavole romane, dove le olive in salamoia rappresentavano un alimento di largo consumo.

1.2 Caratteristiche morfologiche della cultivar Tenera ascolana

Dal punto di vista morfologico, l'albero si presenta con vigoria media e portamento mediamente assurgente. La chioma è densa ed espansa, favorendo una buona produttività. Le foglie sono di forma ellittico-lanceolata, con una lunghezza variabile tra 5 e 7 cm e una larghezza tra 1 e 1,5 cm. La pagina superiore è verde-grigiastro, mentre quella inferiore è verde chiaro.

La fioritura avviene in primavera, principalmente nel mese di maggio. Le infiorescenze sono caratterizzate da una struttura compatta con una ramificazione media-elevata. Ogni infiorescenza porta un numero di fiori basso, circa 16/17 per infiorescenza. La pianta risulta essere autoincompatibile, motivo per cui è fondamentale la presenza di impollinatori compatibili (Rosciola, Frantoio, Leccino e Lea) all'interno dell'impianto.

Il frutto, particolarmente pregiato per le sue dimensioni e le qualità organolettiche della polpa, è costituito dal pericarpo e dal seme. A sua volta il pericarpo è costituito da un epicarpo

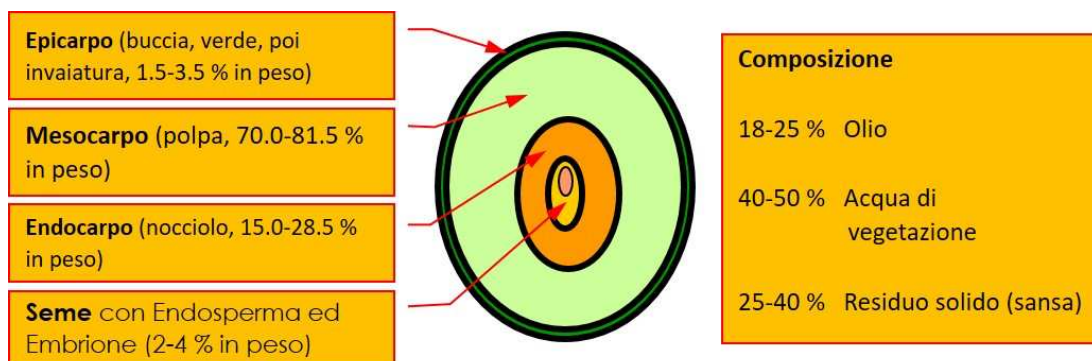


Figura 2-1 Morfologia della drupa

piuttosto sottile, mesocarpo ben sviluppato e carnoso ed endocarpo legnoso. La drupa ha una forma allungata, con apice arrotondato e base tronca. Il peso oscilla tra 5 e 10 grammi, e l'epidermide, quando raggiunge l'invasatura ideale per la raccolta per la trasformazione in olio, assume una colorazione verde tenue con sfumature violacee. Questo frutto è particolarmente apprezzato per il rapporto polpa/nocciolo elevato (6:1), ottimale per le olive da tavola, con una polpa molto sensibile, che facilita la lavorazione e l'impiego gastronomico. La consistenza, parametro misurabile attraverso l'utilizzo di penetrometri o durometri, si presenta bassa sin dalle prime fasi di maturazione (Pannelli et al., 2001).

Dal punto di vista produttivo, la pianta entra precocemente in produzione. Diversi sono i punti critici propri di questa varietà; la tolleranza al freddo risulta essere piuttosto ridotta, ma la problematica principale è legata alla sensibilità alla mosca olearia (*Bactrocera oleae* L.). Questa vulnerabilità necessita particolare attenzione, infatti la difesa risulta essere fondamentale in quanto questo fitofago è in grado di causare danni diretti (cascola) e indiretti, che determinano difetti organolettici all'olio di oliva, favoriti proprio dall'avvio delle fermentazioni dovute alla presenza della larva. Tradizionalmente si interviene attraverso l'utilizzo di insetticidi organofosfati, i quali vanno ad inibire la sintesi dell'acetilcolinesterasi, enzima sinaptico fondamentale per la funzionalità del sistema nervoso di insetti, animali e dell'uomo, motivo per cui si stanno sviluppando sistemi di difesa alternativi (Vatrano, 2022). La degradazione di questo tipo di fitofarmaci avviene in maniera piuttosto veloce, circa due settimane, ad opera di luce ed umidità. Un'altra efficace soluzione è rappresentata dallo spinosad: sostanza attiva translaminare e ad ampio spettro, derivante dalla fermentazione di brodo di coltura (substrato composto da zuccheri, farine, vitamine ed oli vegetali) ad opera del

microrganismo *Saccharopolyspora spinosa*. Quest'ultimo, fermentando il brodo di coltura produce una serie di metaboliti tra cui le spinosine, che svolgono un'attività insetticida particolarmente forte. Come gli organofosfati, anche lo spinosad agisce sugli impulsi nervosi dell'insetto, una volta che lo stesso è entrato in contatto con la sostanza o la ingeriscono (Tarquini, 2023). Una valida alternativa a questi tipi di trattamenti, che risultano in qualche modo impattanti per l'ambiente, è rappresentata dall'utilizzo di funghi dannosi per il dittero, quali per esempio *beauveria bassiana* V.(fungo) o, come ulteriore opzione, potremmo ricorrere al controllo simbiotico, tecnica che mira ad aumentare la mortalità di un organismo nocivo, mosca olearia nel nostro caso, eliminando i suoi microorganismi simbiotici, quale per esempio *Candidatus Erwinia dacicola* (batterio Gram -). Questo batterio risulta essere fondamentale per la sopravvivenza della larva all'interno delle olive non ancora mature in quanto è

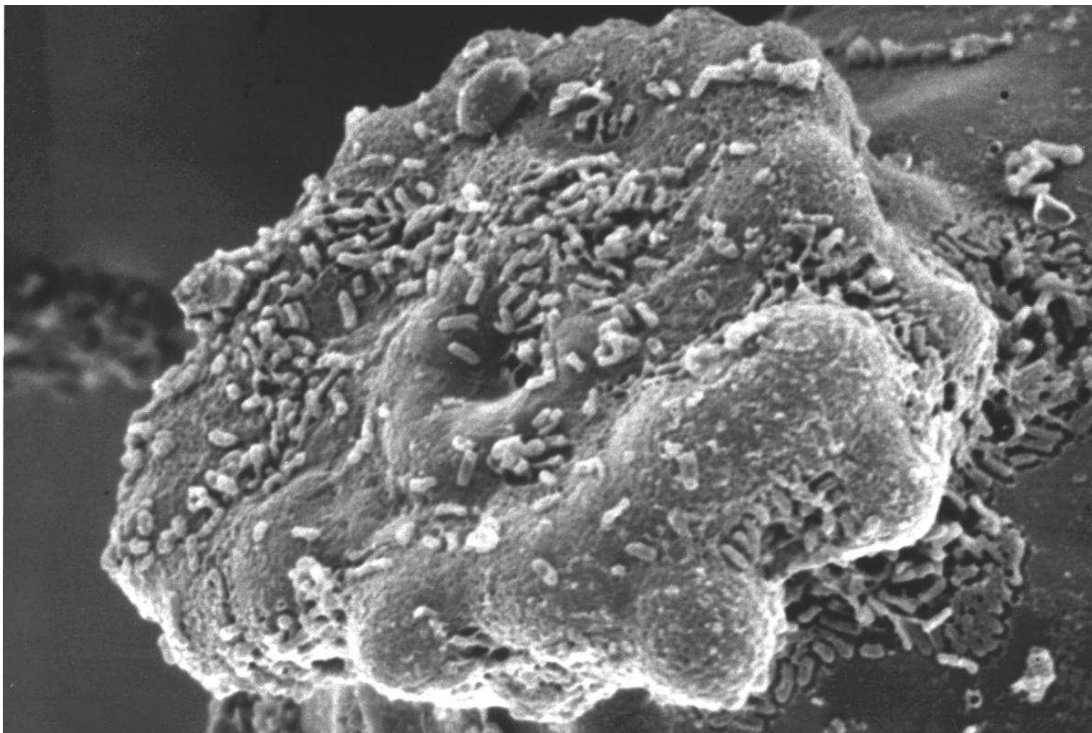


Figura 1-3 Una foto al microscopio elettronico a scansione del polo anteriore di un uovo di mosca delle olive, su cui sono visibili numerose colonie batteriche di *Candidatus Erwinia Dacicola*. (Fonte: prof. Antonio Belcari - Università di Firenze)

responsabile della neutralizzazione dell'oleuropeina, polifenolo presente proprio nelle olive verdi che conferisce un sapore amaro all'oliva e ne determina la tossicità per la mosca. Il batterio viene trasmesso dalla madre alla progenie, quindi verticalmente, attraverso le uova, essendo localizzato nel polo anteriore dell'uovo, che corrisponde proprio al punto in cui

emergerà la larva grazie alla rottura, attraverso l'apparato boccale masticatore, del corion, assumendo quindi il simbionte (Bigiotti et al., 2021).

Come affermato precedentemente, la lotta alla mosca può prevedere anche l'utilizzo di funghi cosiddetti "entomopatogeni", ovvero funghi con proprietà entomoparassitarie, quale per esempio "*Beauveria Bassiana V.*". Questo microrganismo manifesta la propria tossicità attraverso l'infezione delle cuticole del patogeno stesso e le spore prodotte penetrano all'interno dell'insetto nutrendosi dei suoi tessuti provocandone la morte. Dopo che il patogeno è stato ucciso, il fungo produce i conidi, strutture filamentose che sono responsabili della produzione di nuove spore, le quali verranno poi diffuse per via anemocora ed entomocora (De Rosa, 2023).

In biologico è sempre più frequente il ricorso a trappole di vario genere, quali per esempio le "Attract and kill", basate sull'utilizzo di attrattivi a feromoni o alimentari e di principi attivi insetticida. Un ulteriore strumento è il caolino, polvere di roccia tritata che svolge azione di contrasto all'attività della femmina di mosca olearia sia per l'azione riflettente, che disorienta il dittero, sia per l'azione di contrasto all'ovideposizione svolta dal prodotto, che si distribuisce sulla drupa sotto forma di una sottile pellicola biancastra. Il caolino non interferisce con gli scambi gassosi e lascia filtrare la radiazione fotosinteticamente attiva, ma ha la proprietà di ridurre l'assorbimento delle radiazioni ultraviolette e di quelle infrarosse contribuendo in tal modo a diminuire la temperatura delle foglie, del frutto e della pianta in generale. Nel complesso favorisce un benessere fisiologico della pianta che si riflette su un migliore stato vegetativo (Fiorentino, 2022).

1.3 Gestione agronomica

Le tecniche agronomiche necessarie per la cultivar Ascolana tenera sono diverse e richiedono attenzione e tempistiche precise per garantire una produzione di qualità. Queste operazioni includono:

- Potatura: pratica fondamentale per garantire uno stato di benessere generale della pianta e garantire l'equilibrio vegeto-riproduttivo, data soprattutto l'importante vigoria della stessa. Una potatura regolare risulta essere necessaria per garantire un'ottimale penetrazione della luce all'interno della chioma. Possiamo ricorrere a diverse forme di allevamento, ma nel caso dell'Ascolana tenera, si ricorre principalmente al vaso classico o al vaso policonico.

- Fertilizzazione: L'apporto di macro e microelementi, quali Azoto, Fosforo, Potassio, Boro e Zinco, è essenziale per garantire lo sviluppo vegetativo e riproduttivo della pianta. La nutrizione della pianta può basarsi sulla fertilizzazione del suolo e/o della foglia; La situazione ideale prevede l'integrazione di ambe due le tecniche.
- Irrigazione: anche se l'olivo è una specie resistente alla siccità, l'Ascolana tenera, coltivata soprattutto per la produzione di olive da tavola, può beneficiare di irrigazioni regolari o di soccorso nei periodi più caldi e secchi. Un'adeguata irrigazione aiuta a mantenere la consistenza e la qualità della polpa.
- Raccolta: la raccolta delle olive da mensa avviene nei mesi di settembre e ottobre. Per le olive destinate alla produzione di olio, specialmente per la cultivar Ascolana tenera, la raccolta avviene più tardi, solitamente prolungandosi fino a novembre. Questo processo è meno delicato rispetto alla raccolta delle olive da mensa, poiché i frutti, una volta destinati alla produzione di olio, non debbono necessariamente mantenere un'integrità perfetta. Per questo motivo, si può ricorrere alla raccolta meccanica, utilizzando abbacchiatori o scuotitori che fanno vibrare il tronco o i rami, favorendo così la caduta delle olive su reti poste sotto la pianta. I frutti debbono essere raccolti al giusto grado di maturazione per garantire una qualità ottimale del prodotto. È importante che le olive vengano poi portate al frantoio il più rapidamente possibile e poi molite, preferibilmente entro 24-48 ore, evitando processi di fermentazione che potrebbero compromettere la qualità dell'olio.

Discorso diverso per quanto concerne le olive da mensa, che, a causa della forte sensibilità che caratterizza la polpa di questa cultivar, debbono essere necessariamente raccolte a mano. Ciò causa tempi di raccolta molto lunghi e costi importanti. Proprio per cercare di trovare una via alternativa a questo processo così oneroso, sia in termini di tempo che di denaro, abbiamo deciso di testare trattamenti fogliari a base di cloruro di calcio. L'obiettivo di questa operazione è quello di rendere la polpa delle drupe più resistente e compatta, facilitando così il ricorso alla raccolta meccanica. In tal modo, si potrebbe ridurre il rischio di danneggiare le olive durante la raccolta e, allo stesso tempo, potrebbero diminuire i costi operativi associati alla raccolta manuale.

1.4 Trattamenti fogliari

Il trattamento fogliare è una tecnica attraverso la quale si vanno ad apportare elementi nutritivi alla pianta mediante l'irrorazione della chioma con una soluzione in cui sono stati disciolti fertilizzanti minerali e/o organici (Proeitti et al., 2020). Attraverso la bagnatura della parte epigea della pianta con questa soluzione, gli elementi penetrano all'interno della stessa principalmente attraverso le foglie, e, se presenti, anche attraverso i frutti, bypassando così il passaggio attraverso il suolo, dove le condizioni chimico-fisiche determinano sovente fenomeni di immobilizzazioni, retrogradazioni ed insolubilizzazioni (Toselli et al., 2009).

La cuticola rappresenta la prima barriera che una soluzione deve attraversare una volta raggiunta la superficie della lamina fogliare. È costituita da uno strato ceroso che svolge una duplice funzione: limita la perdita d'acqua e consente, allo stesso tempo, il passaggio di soluzioni nutritive attraverso l'osmosi. Passaggio che viene poi facilitato, nel caso dei trattamenti fogliari, da agenti tensioattivi che riducono la tensione superficiale della soluzione, come mostrato in figura 3.



Figura1-4 Dimostrazione dell'effetto di tensioattivi

È importante specificare che l'assorbimento varia anche a seconda dell'anatomia della foglia; Infatti, nei casi dove abbiamo un'abbondante micro-rugosità della foglia, la ritenzione idrica aumenta. Al contrario, nelle foglie più giovani, meno abbondanti di cere e con una cuticola meno sviluppata, abbiamo una maggior permeabilità (Toselli et al., 2004). La pagina inferiore della lamina sembra essere maggiormente predisposta all'assimilazione dei nutrienti e in genere risulta essere più ricca di stomi, come illustrato in figura 4.

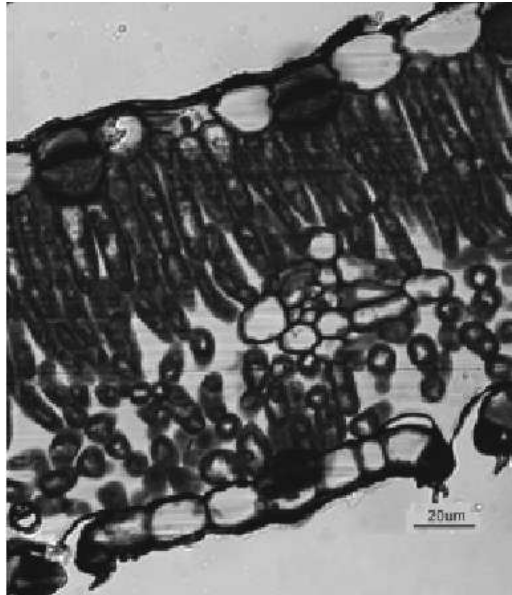


Figura 1-5 Sezione trasversale di foglie di pesco. La pagina inferiore presenta la maggiore concentrazione di soluzioni di continuità della cuticola rispetto a quella superiore

Allo stesso modo, l'assorbimento può avvenire attraverso particolari strutture, presenti sempre nella lamina fogliare, che prendono il nome di stomi e tricomi. Gli stomi sono dei piccoli pori situati sulla foglia e sono composti da cellule modificate che hanno la capacità di aprirsi e di chiudersi regolando lo scambio gassoso. La regione peristomatale risulta essere particolarmente incline alla penetrazione dei composti, in quanto è caratterizzata da uno strato cuticolare molto sottile, tanto che la soluzione sembra passare per diffusione (Eichert et al., 2006). La loro apertura è regolata principalmente attraverso la presenza della radiazione luminosa. Sono particolarmente presenti nella pagina inferiore ed il loro positivo contributo viene dimostrato proprio dal fatto che la pagina inferiore risulta essere maggiormente permeabile rispetto alla pagina superiore. Un esempio significativo del ruolo positivo degli stomi si osserva nella vite, che possiede un'elevata capacità di scambio cationico fogliare (66 meq/100 g di sostanza secca) e una densità di circa 800 stomi per mm², evidenziando il ruolo cruciale degli stomi nell'assorbimento dei nutrienti (Tonelli et al., 2009). La CSC fogliare possiamo esprimerla come la capacità delle superfici fogliari di assorbire e trattenere cationi come Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e K⁺.

Infine, troviamo i tricomi, escrescenze unicellulari dell'epidermide che svolgono un'importante funzione di adsorbimento di minerali (Derrick, 2009).

Analizzando nel complesso il meccanismo di assimilazione della pianta, possiamo affermare che esso sia prevalentemente di tipo passivo, contrariamente a quanto spesso sostenuto. Questo processo è reso possibile dagli strati di emicellulosa, pectine e microfibrille polisaccaridiche, che conferiscono permeabilità e idrofilia agli strati amorfi (Franke, 1967). Differentemente, le parti legnose hanno una capacità di assorbimento trascurabile.

Rispetto alla concimazione al suolo, l'apporto di nutrienti proprio per via fogliare è caratterizzato da una maggior efficienza legata ad una velocità di assorbimento maggiore di circa 8/9 volte (Proietti et al., 2020). Proprio questa maggior capacità di assorbimento della pianta, rende, il trattamento fogliare, una tecnica eccellente per intervenire in condizioni di necessità, come "concimazione di soccorso". Fondamentale però, è ricordare che l'apporto per via fogliare non deve porsi come sostituzione della concimazione di fondo, che risulta altrettanto importante in relazione al mantenimento della fertilità chimica del suolo, ma come elemento di integrazione per una maggior salute della coltura stessa. Non tutte le piante sono però ugualmente recettive a questa forma di concimazione, esiste infatti una maggior capacità di scambio cationico fogliare, che è differente tra specie e specie (Marques et al., 2021).

La modalità di trattamento prevede l'interruzione della somministrazione della soluzione in corrispondenza dell'inizio del gocciolamento della pianta. La distribuzione prevede la possibilità di utilizzare vari strumenti quali: pompe a spalla, manuali o a batteria come nel nastro caso, atomizzatori, ed irroratrici nel caso di colture erbacee. In tale contesto si stanno sviluppando sistemi "Smart" che, attraverso l'utilizzo di scanner laser, definiti Lidar, vengono rilevate una serie di informazioni quali stato della foglia e LAI (indice di area fogliare), permettendo di ridurre drasticamente la deriva del prodotto in quanto in caso di assenza di bersaglio, gli ugelli, che con un atomizzatore tradizionale andrebbero ad erogare comunque il prodotto, si chiudono.

Una prerogativa assoluta dell'applicazione fogliare di fertilizzanti è rappresentata dal fatto che, durante giornate ventose o con elevata domanda evapotraspirativa (umidità relativa minore del 70%) e/o in corrispondenza delle ore più calde, bisogna assolutamente evitare di intervenire (Cinquemani, 2022). Infatti, giornate particolarmente ventose potrebbero essere un problema in termini di deriva del prodotto, mentre quelle eccessivamente secche possono causare un asciugatura della foglia troppo veloce, provocando un mancato assorbimento del macro/micro elemento da parte della pianta; questo perché l'assorbimento fogliare dei nutrienti aumenta con

il prolungamento del contatto tra soluzione fertilizzante e foglia, e una volta sciugata, riprende l'assimilazione solamente se bagnata con una quantità di acqua che non causi dilavamento (Proietti, 2020)

Le dosi, orientativamente, prevedono l'utilizzo di circa 1m^3 di soluzione per ha. È consigliabile l'aggiunta di sostanze bagnanti per cercare di indurre un maggior tempo di permanenza del trattamento sulla foglia e sul frutto, caratterizzati entrambi da una cuticola esterna idrofoba. Per efficientare ancor più il processo, è possibile aggiungere anche eventuali antiparassitari, accertandosi che non vi siano problemi di incompatibilità. La pratica della concimazione fogliare ovviamente non presenta solo vantaggi, ma è caratterizzata da alcuni limiti quali per esempio il rischio di piogge dilavanti immediatamente dopo l'applicazione del concime solubilizzato, che andrebbero a vanificare il trattamento. Bisogna inoltre prestare particolare attenzione alla temperatura dell'acqua in cui vengono sciolti i fertilizzanti poiché l'acqua molto fredda facilita la formazione di precipitati mentre l'acqua molto calda può provocare la formazione di gesso.

I nutrienti che possiamo apportare per via fogliare sono molteplici e, ovviamente, differiscono a seconda dell'esigenza e del periodo;

Troviamo:

- Azoto → Macroelemento fondamentale, apportato principalmente sottoforma di urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), la cui distribuzione deve avvenire in maniera oculata; Infatti, un'eventuale carenza può causare scarso vigore vegetativo, minor emissione di rami produttivi per l'anno successivo, scarsa allegazione e produzione, cascola e ridotta pezzatura. Da non sottovalutare sono anche gli eccessi, in quanto possono causare eccesso di vigore vegetativo con conseguente emissione di polloni e succhioni, scarsa fioritura e allegazione, ma soprattutto determina una maggior suscettibilità al freddo, in quanto la pianta, essendo più attiva dal punto di vista metabolico, ha un maggior contenuto di acqua all'interno; Così facendo, in caso di gelate, la pianta si troverà in forte difficoltà. Il periodo di maggior esigenza va da marzo a giugno, mesi in cui vi è l'accrescimento dei germogli, ma anche nei mesi di luglio ed agosto, fase dell'indurimento del nocciolo, è importante che tale macroelemento non manchi.
- Ferro → Elemento fondamentale apportato principalmente sottoforma di solfato ferroso (FeSO_4). Eventuali carenze determinano la comparsa di clorosi ferrica: fisiopatia favorita da primavere piovose, dalle lavorazioni del terreno, dalle elevate concimazioni

azotate, ma soprattutto da determinate caratteristiche chimico-fisiche del terreno, quali pH e contenuto di calcaree. I sintomi tipici sono l'ingiallimento della lamina fogliare, l'arresto dello sviluppo del germoglio, caduta di fiori e conseguente scarsa produzione (Toselli et al., 2009).

- Boro → Microelemento molto importante nell'olivicoltura, distribuito principalmente sottoforma di acido borico (H_3BO_3). Eventuali carenze, ricorrenti in terreni con pH tra 7 e 8, riducono fioritura, allegagione, produzione ed inolizione.
- Magnesio → Apportato sottoforma di solfato ($MgSO_4$), influisce positivamente sulla produzione.
- Potassio → Apportato sottoforma di nitrato (KNO_3) stimola la formazione di fiori, la resistenza a stress biotici e abiotici ed infine favorisce l'inolizione della drupa, processo attraverso il quale il frutto aumenta il suo contenuto lipidico. Fase fondamentale nel caso dell'oliva.
- Calcio → Distribuito principalmente sottoforma di cloruro ($CaCl_2$) è uno ione piuttosto che contribuisce al miglioramento delle proprietà meccaniche del frutto, senza però modificarne la morfologia o lo spessore dell'epicarpo. Molto utilizzato nella produzione di mele è stato impiegato anche nelle olive da mensa come dimostrato in una sperimentazione che avevano come oggetto le applicazioni a livello di chioma sulle cultivar "Manzanilla de Sevilla" e "Ascolana tenera" (Morales-Sillero et al., 2021). Questo macroelemento favorisce un aumento di antiossidanti quali idrossitirosolo e tirosolo, ma soprattutto promuove l'inolizione.

Attraverso il trattamento fogliare vi è la possibilità di apportare non solo nutrienti, ma anche batteri promotori di crescita (PGPR). Tali batteri appartengono principalmente al genere *Bacillus* e *Pseudomonas* e producono fito-regolatori quali auxine e citochinine, che vanno a migliorare l'attività fotosintetica della pianta e lo sviluppo dei germogli.

1.5 Ione calcio

Lo ione calcio è presente nelle piante in quantità significativa (0,1-5% della sostanza secca). Risulta essere indispensabile per la divisione e per la distensione cellulare, ma anche per la tolleranza a stress biotici e abiotici (Ghosh et al., 2022). Diversamente dagli altri macronutrienti, quantità elevate di calcio sono localizzate nelle pareti cellulari e sulla superficie esterna della membrana plasmatica. In queste aree di

accumulo il calcio svolge funzioni strutturali, regolando la permeabilità delle membrane biologiche e i processi ad esse collegati. È presente nei tessuti vegetali come ione Ca^{2+} libero o come sale di acidi organici. Sovente si deposita come carbonato o fosfato all'interno dei vacuoli.

Per quanto concerne il Calcio presente nel suolo, il contenuto totale è piuttosto variabile ed oscilla tra lo 0,7e il 30%. Il suo movimento nel suolo è strettamente legato alla circolazione idrica. In suoli ben irrigati, può accumularsi negli strati più profondi a causa della solubilizzazione con le acque ricche di carbonati, mentre in aree aride tende a concentrarsi negli strati superficiali per effetto della risalita capillare. Gli ioni Ca^{2+} , rilasciati nella soluzione del suolo, vengono generalmente trattenuti dal complesso di scambio cationico (CSC), dove rappresentano oltre l'80% dei cationi presenti. Tuttavia, nei suoli molto acidi, gli ioni prevalenti nel complesso di scambio sono H^+ e Al^{3+} . Nei suoli calcarei, diffusi in molte zone d'Italia, la principale fonte di calcio è il carbonato di calcio. Sebbene poco solubile, esso può trasformarsi in bicarbonato di calcio, una forma molto più solubile, attraverso l'azione dell'acqua arricchita di anidride carbonica. La velocità e l'entità di questa trasformazione dipendono dalla finezza delle particelle di calcare; per questo, nelle analisi del suolo, si parla di calcare attivo, riferendosi alla frazione più fine, che è quella più reattiva (Valente, 2013). La mobilità all'interno della pianta è ridotta e condizionata dalla traspirazione, in quanto, una volta che è stato assorbito dalle radici, si sposta principalmente attraverso il flusso di acqua che sale dalle radici alle foglie, seguendo quindi la via xilematica. (White et al., 2003). L'elemento è poi difficilmente traslocato ai frutti tendendo ad accumularsi nelle foglie. Tale situazione può provocare delle carenze di Ca nei frutti con conseguenze negative sulla consistenza della polpa. In questo ambito, le applicazioni dirette sui frutti (fertilizzazione su chioma) possono aiutare ad aumentarne il contenuto. Carenze legate a tale macroelemento determinano inoltre ridotto accrescimento degli apici fogliari e delle giovani foglie, formazione di tessuti molli, deformazioni, clorosi. Questa sintomatologia va ad interessare parti della pianta con bassa attività traspiratoria come frutti o giovani foglie, poiché, come detto, il calcio si muove prevalentemente attraverso l'acqua trasportata dalla traspirazione.

La pianta, come tutti gli esseri viventi, subisce un'ampia gamma di stress, che possono essere associati a stimoli abiotici, ossia legati a condizioni ambientali esterne, o a stimoli biotici, provocati da un altro essere vivente. Una delle varie strategie che la pianta adotta per affrontare queste situazioni prevede l'utilizzo dello ione calcio.

Attraverso variazioni nel tempo della concentrazione del calcio all'interno della cellula, vengono codificate informazioni specifiche relative ai diversi fattori di stress (Brillo, 2023). Ciò consente, all'organismo stesso, di attivare appropriati meccanismi di risposta mirata, ad esempio promuovendo la cicatrizzazione di una foglia dopo l'aggressione di un animale fitofago. Quindi, attraverso precise trasduzioni dei segnali derivanti da variazioni del contenuto di calcio intracellulare nel tempo, la pianta risponde in maniera adeguata e puntuale allo stress biotico o abiotico.

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Contesto aziendale

Le sperimentazioni hanno avuto luogo a Montalto delle Marche (AP) presso l'azienda agricola biologica "Olive Gregori s.a.s."

L'oliveto oggetto delle prove si estende su una superficie di 5 ha ed è esposto a sud-est. È stato impiantato nel 2009 ed ospita principalmente la cultivar Ascolana tenera, e la Lea e la Rosciola, come impollinatori. Le piante sono tutte impostate a vaso policonico con un sesto d'impianto di 7x7m e l'intero appezzamento è inerbito.

Il suolo risulta essere tendenzialmente argilloso, mentre il pH è di 7,93, quindi leggermente alcalino e il rapporto C/N è di 7,3.

L'azienda dispone di un lago artificiale, realizzato con una forma tronco-piramidale rovescia, dalle dimensioni di 60 metri di lunghezza, 20 metri di larghezza e 5 metri di profondità, con una capacità d'invaso complessiva di circa 3000 metri cubi. L'acqua accumulata viene utilizzata principalmente per irrigazioni di soccorso.

L'oliveto è attrezzato con un impianto di irrigazione a goccia costituito da un'ala gocciolante in polietilene di 16 mm di diametro, fissata ai tutori e ai pali di testata tramite fili in acciaio zincato. Presso ciascuna pianta, lato monte, è stato installato un gocciolatore che eroga circa 4 litri d'acqua all'ora. L'impianto di irrigazione svolge un ruolo fondamentale in quanto, come mostrato dal grafico sottostante, nel comune di Montalto delle Marche, nel periodo che va da maggio ad agosto del 2024, le precipitazioni mensili (barra blu), confrontate con le precipitazioni medie 1991-2020 (barra grigia), sono state al di sotto della media. Più precisamente, i cali registrati sono i seguenti: maggio -9,6 mm, giugno -13,6 mm, luglio -28,2 mm e agosto -15 mm. Settembre, al contrario, ha visto un aumento importante della piovosità.

La riduzione delle precipitazioni diventa ancora più problematica se confrontata con l'aumento delle temperature. Il grafico in Fig.6 mostra le temperature medie mensili del 2024 (linea rossa) rispetto alla media 1991-2020 (linea grigia). Sull'asse delle ascisse troviamo i differenti mesi, mentre nell'asse delle ordinate, abbiamo la temperatura espressa in gradi centigradi.

Gli aumenti più significativi si sono registrati a luglio e agosto, con incrementi rispettivi di 2,4°C e 2,5°C. La situazione è particolarmente critica durante questi mesi, in cui il notevole aumento termico è accompagnato da una forte riduzione delle precipitazioni (figura 5), aggravando l'impatto sull'oliveto. L'aumento delle temperature è stato comunque generale e sono stati registrati incrementi medi di 2.2 gradi centigradi

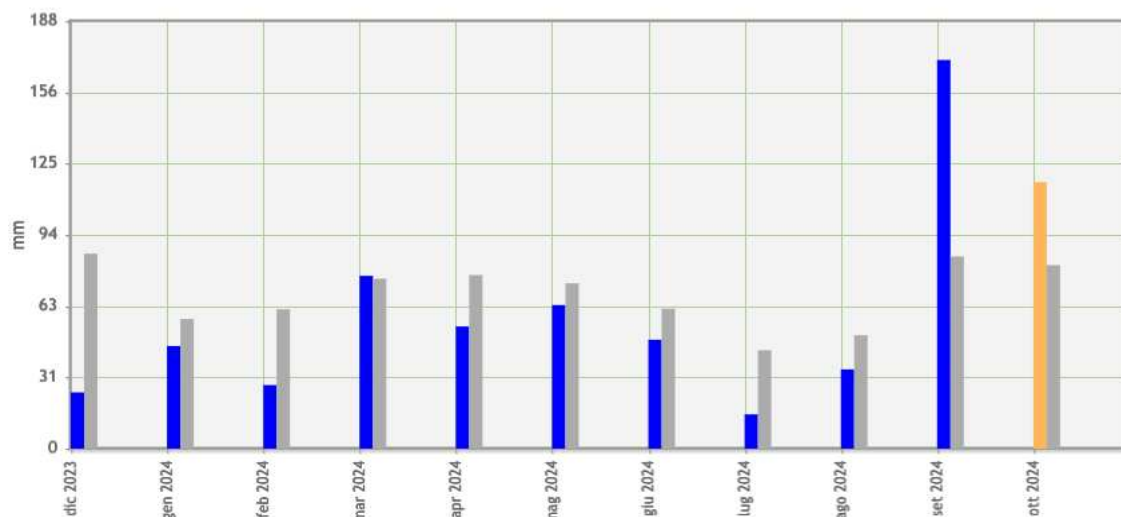


Figura 2-1 Andamento pluviometrico dicembre 2023-ottobre 2024 del comune di Montalto delle Marche (AP) relazionato con precipitazioni medie 1991-2020 (fonte AMAP)



Figura 2-2 Andamento termico dicembre 2023-ottobre 2024 del comune di Montalto delle Marche (AP) relazionato con temperature mensili medie 1991-2020.

2.2 Impostazione della prova sperimentale e rilievi eseguiti

Gli alberi sottoposti a sperimentazione sono 12 e il disegno sperimentale è completamente randomizzato. Di questi 12 alberi, 3 sono stati sottoposti ad applicazioni su chioma con cloruro di calcio nella fase fenologica pre-indurimento del nocciolo e 3 sono stati trattati con cloruro



Figura 2-3 Immagine dell'oliveto oggetto di sperimentazione

di calcio nella fase di post-indurimento del nocciolo. Tre alberi sono stati utilizzati come controllo prima dell'indurimento del nocciolo e 3 come controllo dopo l'indurimento del nocciolo,

Il trattamento prevedeva un dosaggio all'1% di cloruro di calcio (CaCl_2), distribuito con pompa a spalla a batteria con l'interruzione della somministrazione della soluzione in corrispondenza dell'inizio del gocciolamento della pianta. Mentre i controlli prevedevano l'applicazione di acqua. L'intervallo previsto tra una somministrazione e l'altra è stato di 14 giorni circa.

In totale sono state eseguite 6 applicazioni, con cadenza bisettimanale, dal 21/06 al 30/08. Sono stati effettuati i campionamenti periodici di foglie e frutti, in tre momenti distinti: prima delle applicazioni, dopo aver concluso i trattamenti pre-indurimento del nocciolo e dopo le tre applicazioni post-indurimento del nocciolo. I 120 campioni di frutti raccolti sono stati

poi analizzati per misurare una serie di parametri specifici, differenti a seconda dell'epoca di prelievo.

Infatti, nel primo rilievo, eseguito l'11/06, è stato misurato il peso fresco totale, il peso secco totale, il diametro polare ed il diametro equatoriale.

Nel secondo rilievo, eseguito in data 29/07, è invece stato misurato il volume, la consistenza, il diametro polare ed equatoriale, il peso fresco totale del frutto, della polpa e del nocciolo ed il peso secco totale del frutto, della polpa e del nocciolo.

Infine, nella terza ed ultima data di campionamento (poco prima della raccolta), eseguita il 27/09 è stata rilevata la resistenza al distacco, il volume, la consistenza, il peso fresco totale, della polpa e del nocciolo ed il peso secco totale, della polpa e del nocciolo.

Gli strumenti utilizzati per la determinazione dei vari parametri sono stati i seguenti:

- Calibro digitale, utilizzato per la determinazione dei diametri, espressi in mm.
- Bilancia digitale di precisione, per la determinazione dei pesi freschi e secchi ed espressi in grammi.
- Cilindro graduato, per la determinazione del volume espresso in ml.
- Dinamometro, per la misurazione della resistenza al distacco del frutto, misurati in grammi.
- Penetrometro, per misurare la consistenza del frutto espressa in grammi. Per ogni frutto sono state eseguite due misure su lati opposti del frutto con puntale da 1.5mm



Figura 2-4 Misurazione del diametro polare di un frutto

Dopo la raccolta dei dati relativi alla sperimentazione, si è proceduto con l'analisi degli stessi, confrontando: la pianta trattata con cloruro di calcio prima e dopo l'indurimento del nocciolo con i relativi controlli, il trattamento prima e dopo l'indurimento del nocciolo e la media di vari parametri dei 12 alberi sottoposti a sperimentazione. I parametri sono stati poi analizzati a livello statistico attraverso ANOVA e Tukey test.



Figura 2-5 Misurazione del peso totale di un frutto

Capitolo 3

RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 Primo rilievo

Dal primo rilievo effettuato in data 11/06, abbiamo valutato i campioni per una serie di parametri quali: peso fresco, peso secco, diametro polare ed equatoriale.

È emerso che: il peso fresco medio delle 120 drupe analizzate è stato di 0,278 grammi, il peso secco medio equivale a 0,075 grammi e i diametri polari ed equatoriali medi sono rispettivamente di 10,590 e 6,062 millimetri.

Le relative deviazioni standard hanno valori corrispondenti a 0,773, 0,021, 1,367, 1,753. Nei primi due casi abbiamo deviazioni standard basse, indice del fatto che i dati sono abbastanza concentrati attorno alla media; nel caso dei diametri, invece, abbiamo deviazioni piuttosto alte, specialmente nel caso del diametro equatoriale, riflettendo così una maggior variabilità dei dati.

3.2 Consistenza del frutto secondo rilievo

Nella Figura 10 rappresenta i valori medi della consistenza dei frutti dei 12 alberi, espressi in grammi forza (g), con barre di errore che indicano la deviazione standard dei dati all'interno di ciascun campione. I dati riflettono le differenze tra trattamenti con calcio (pre e post indurimento del nocciolo) e i relativi controlli, evidenziando la risposta dei frutti ai diversi trattamenti.

Dal confronto dei dati della seconda epoca di campionamento del 29/07 è emerso che le piante sottoposte a trattamento prima dell'indurimento del nocciolo presentano una consistenza piuttosto buona, come ad esempio la pianta 6, con una consistenza di 545 grammi.

Anche le piante trattate post-indurimento presentano discreti risultati, con la pianta 7 che presenta la seconda miglior consistenza, ad eccezione della pianta 5, sulla quale potrebbero aver agito fattori esterni. Ponendo attenzione sulle differenze tra i trattamenti, possiamo affermare che le piante non soggette ad applicazioni di calcio mostrano comunque valori buoni

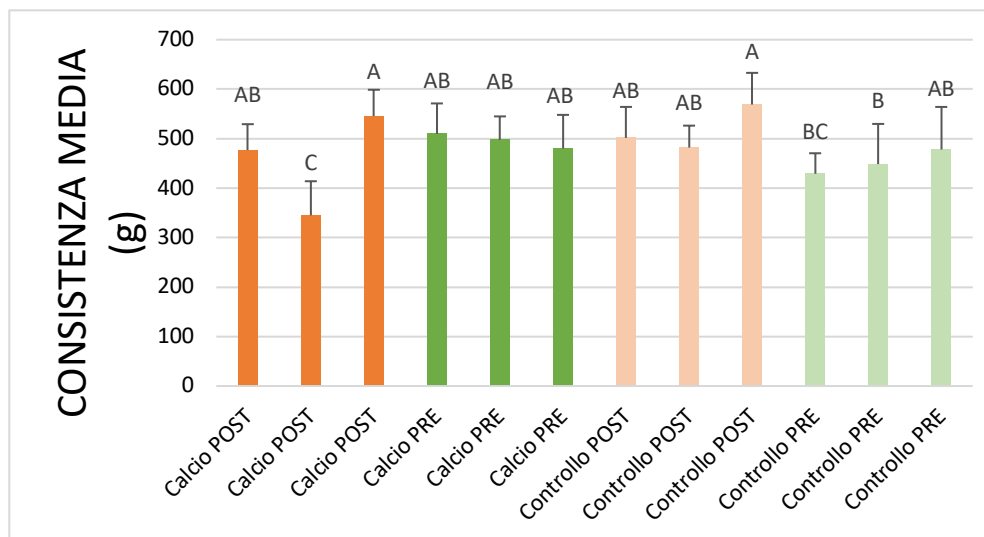


Figura 3-1 Rappresentazione grafica della consistenza media degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

ed uniformi, con la pianta 11 che presenta il miglior risultato, ma sulla quale, potrebbero aver agito, come nella pianta 5, fattori esterni.

La differenza, nel caso di ANOVA è stata significativa ed è stata approfondita successivamente. Ad emergere rispetto alle altre piante, come indicato dalle lettere disposte sopra le barre, è il controllo post, molto probabilmente a causa dell'influenza di fattori esterni.

3.3 Peso fresco del frutto del secondo rilievo

La figura 12 mostra i valori medi del peso fresco (g) dei frutti per i 12 alberi in prova e contenente anche in questo caso barre di errore che indicano la variabilità dei dati raccolti.

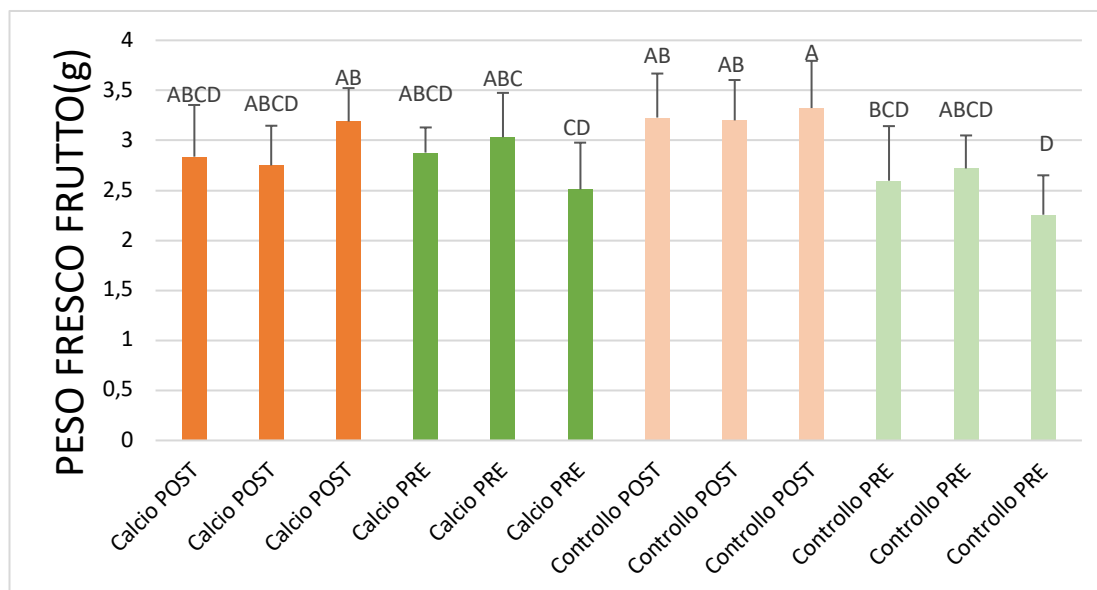


Figura 3-2 Rappresentazione grafica del peso fresco medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

Tra le piante trattate con calcio prima dell'indurimento del nocciolo, la pianta 7 si distingue per risultati piuttosto elevati, mentre gli altri 2 alberi, ovvero la pianta 1 e 5, presentano risultati inferiori ma comunque stabili, suggerendo un possibile effetto positivo dell'applicazione sul peso fresco del frutto. La costanza del risultato viene mantenuta anche nelle piante 4, 6 e 10, trattate post indurimento. Discorso diverso per quanto riguarda gli alberi controllo, i quali presentano una maggior variabilità dei dati, come mostrato dalle piante 11 e 12, che rappresentano rispettivamente il migliore ed il peggior risultato. Da ciò potremmo dedurre che l'utilizzo di calcio, sia pre che post-indurimento, possa avere un effetto lievemente positivo sulle caratteristiche del frutto, in particolare sul peso fresco.

3.4 Peso fresco della polpa del secondo rilievo

Il grafico (figura 11) rappresenta il peso fresco della polpa in grammi delle 12 piante, confrontato tra i trattamenti pre e post con i rispettivi controlli pre e post, esattamente come fatto nei precedenti casi

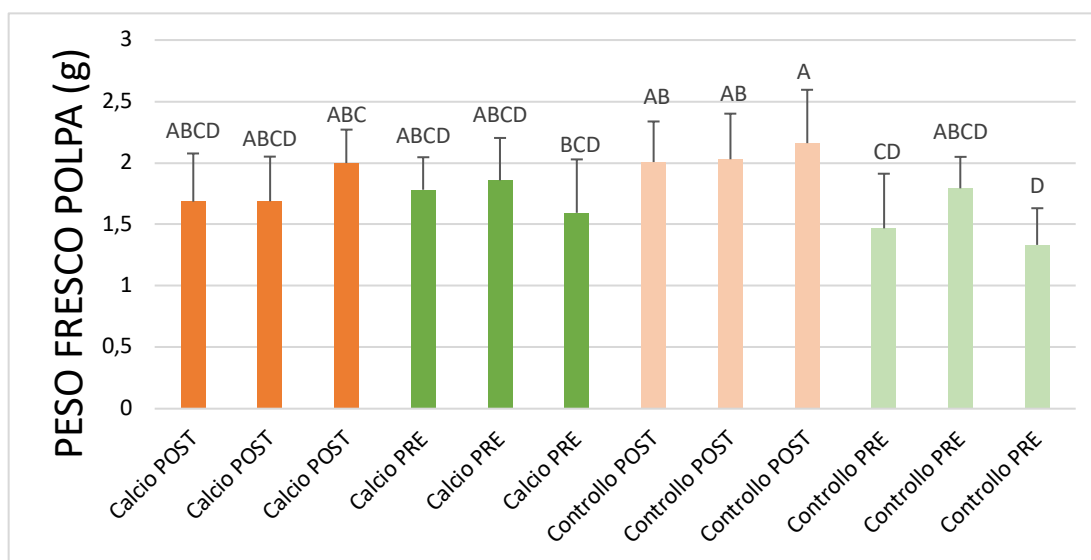


Figura 3-3 Rappresentazione grafica del peso fresco medio della polpa dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

Sono incluse le barre di errore che indicano la variabilità dei dati raccolti. Come si può osservare, i trattamenti con calcio, sia prima che dopo l'indurimento, sembrano aver avuto un effetto positivo con risultati tendenzialmente simili e valori particolarmente buoni nella pianta 7 (trattata post-indurimento), che però potrebbe essere dovuto ad altre ragioni.

Le piante non trattate presentano invece una maggior variabilità, come evidenziato dagli alberi 11 e 12, dove fattori genetici, ambientali, come ad esempio la posizione della pianta nel campo, e fisiologici possono aver inciso in modo più marcato sui risultati.

Analizzando i risultati a livello statistico, il controllo post, una sola pianta ha registrato pesi medi freschi maggiori rispetto ai restanti alberi, mentre negli altri due casi non ci sono stati risultati particolarmente evidenti. Le ragioni, come già affermato, possono essere imputate a fattori fisiologici o ambientali. Nei trattamenti con calcio non emergono differenze, come indicato dall'analisi statistica.

La comparazione dei dati ha riguardato anche i trattamenti. Sono stati quindi confrontati i trattamenti prima e dopo l'indurimento o del nocciolo con i relativi controlli.

3.5 Calibro polare del frutto del secondo rilievo

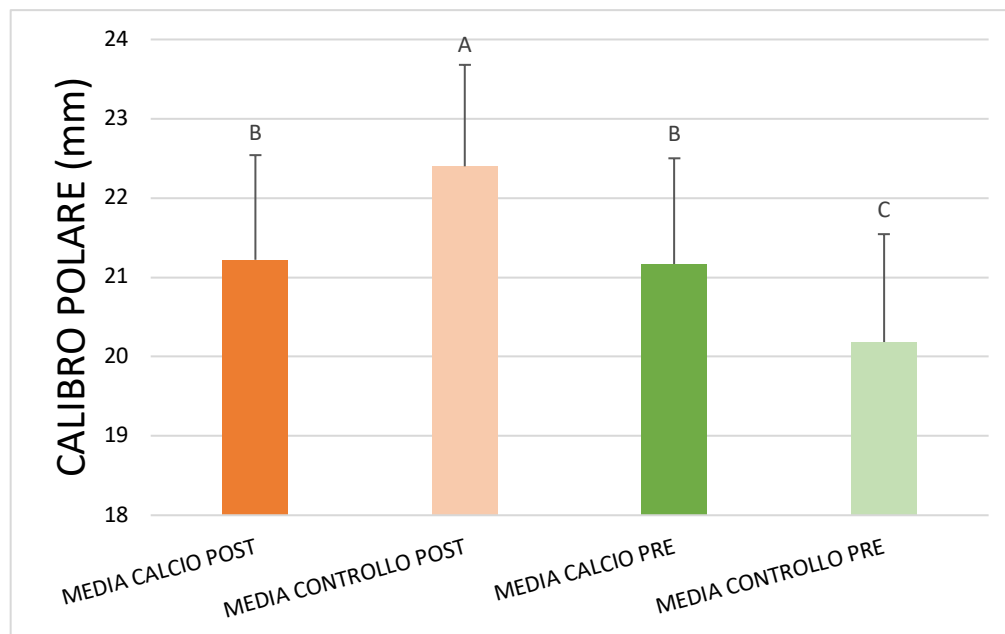


Figura 3-4 Rappresentazione grafica del calibro polare dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

La figura 13 rappresenta i valori medi del calibro polare (mm) dei frutti per i trattamenti applicati e i relativi controlli.

Come sarà possibile osservare anche nei prossimi grafici, il primo dato che balza ripetutamente all'occhio, risulta essere il controllo post, il quale presenta in più occasioni i risultati più alti. In questo caso però, nel controllo post abbiamo allo stesso modo una maggior eterogeneità dei risultati. Il gruppo trattato invece con calcio post mostra un calibro medio inferiore, ma comunque più costante nei valori, ipotizzando che l'applicazione di calcio abbia un effetto regolatore nel mantenere le dimensioni più uniformi. I frutti trattati con calcio prima dell'indurimento presentano in media un valore simile a quelli trattati calcio post. Infine, troviamo il controllo pre indurimento, il quale presenta il calibro medio più basso dei quattro gruppi.

L'ANOVA ha rilevato differenze significative tra i trattamenti, con il Tukey Test che ha confermato che il controllo Post ha il valore più alto. Gli alberi trattati pre e post indurimento

non differiscono tra loro, ma sono inferiori al controllo Post (A). Infine, il controllo Pre (C) è significativamente più basso rispetto a tutti gli altri trattamenti.

3.6 Peso fresco del frutto del secondo rilievo

La figura 14 rappresenta i valori medi del peso fresco del frutto (g) per i trattamenti e i controlli

Come nel precedente caso, la miglior performance riguarda il controllo post, con il miglior risultato (3,25g) e una variabilità piuttosto ridotta. Leggermente inferiore è risultato il peso medio dei frutti delle piante trattate dopo l'indurimento del nocciolo. Gli alberi trattati con calcio prima dell'indurimento del nocciolo hanno presentato frutti con peso fresco leggermente inferiore (2,81g) rispetto al calcio post (2,92g).

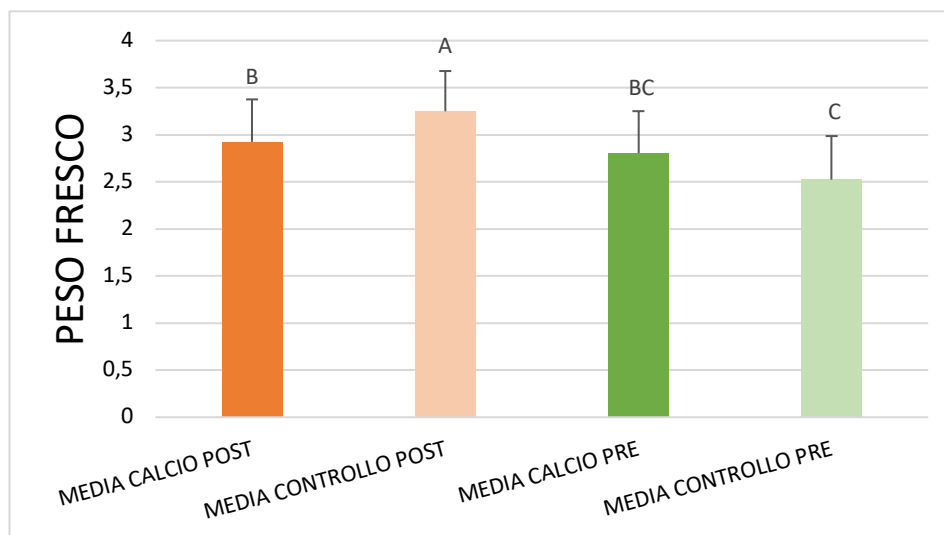


Figura 3-5 Rappresentazione grafica del peso fresco medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative dei singoli gruppi per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

La media del controllo pre-indurimento, infine, è risultato essere il valore più basso (2,52 g) e ciò potrebbe suggerire che, senza trattamento, il peso fresco dei frutti tende ad essere inferiore. Analizzando il grafico statisticamente, i frutti del controllo post (A) presentano i valori più alti di peso fresco, risultando significativamente diversi rispetto al controllo Pre (C). Anche in questo caso, come indicato dalle lettere, non emergono risultati particolarmente differenti tra i frutti degli alberi trattati prime e dopo l'indurimento del nocciolo.

3.5 Peso fresco della polpa del secondo rilievo

Il grafico rappresenta i valori medi del peso fresco della polpa (g) dei frutti per quattro gruppi: Media Calcio Post, Media Controllo Post, Media Calcio Pre e Media Controllo Pre.

Osservando, vi è la conferma della tendenza del controllo post, il quale presenta un peso fresco

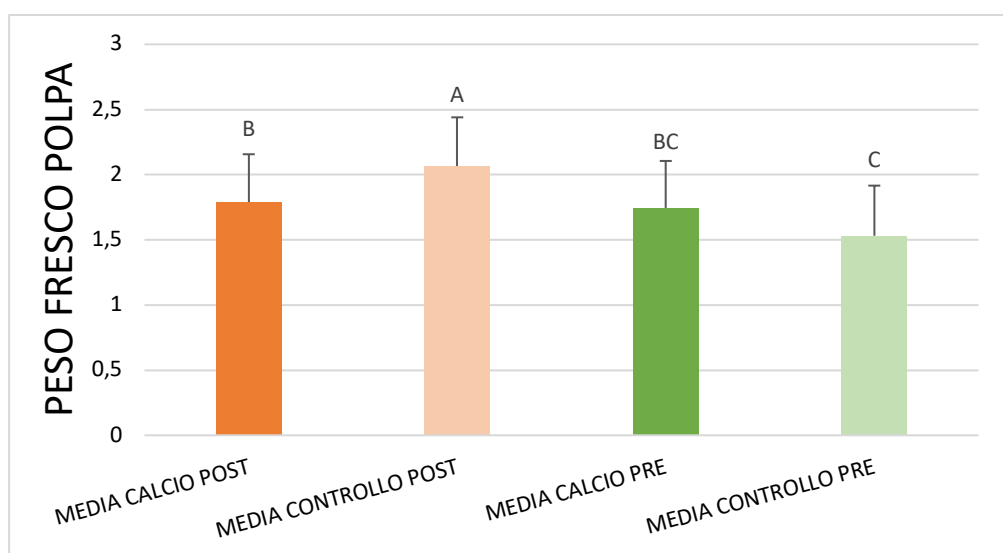


Figura 3-6 Rappresentazione grafica del peso fresco medio della polpa dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo.

Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

medio della polpa pari a 2,07 grammi, maggiore di 0,30 grammi rispetto al peso medio della polpa delle piante tratte con calcio post indurimento del nocciolo. Il gruppo trattato post indurimento presenta comunque un valore maggiore rispetto al valore medio del gruppo trattata pre-indurimento (1,74 g). Il gruppo di controllo pre-indurimento presenta il valore medio più basso (1,53 g), e come nel precedente caso, ciò potrebbe essere sinonimo del fatto che, qualora non vi sia trattamento, il peso fresco globale e della polpa, come in questo caso, possa essere generalmente inferiore.

L'ANOVA ha identificato differenze rilevanti tra i gruppi, con il Tukey Test che mostra che il controllo Post (A) è significativamente superiore agli altri trattamenti (o controllo). I frutti degli alberi trattati sia pre che post-indurimento hanno valori intermedi, senza differenze significative tra loro. Infine, il controllo Pre (C) è significativamente inferiore rispetto agli altri trattamenti (o controlli).

3.8 Terzo rilievo

I campioni raccolti in data 27/09 sono stati analizzati in relazione ad una serie di parametri, quali resistenza al distacco, volume, consistenza e peso fresco. Il confronto è avvenuto in merito alle 12 piante, ma anche riguardo i diversi trattamenti.

3.9 Resistenza al distacco del terzo rilievo

Il grafico 16 rappresenta i valori medi della resistenza al distacco, espressa in grammi. Il confronto riguarda le 12 piante soggette a sperimentazioni di cui: la 7, la 11 e la 12 sottoposte a trattamento di calcio dopo l'indurimento del nocciolo ed indicate con la barra arancione mentre gli alberi 4, 6 e 10 sono stati trattati con calcio prima dell'indurimento del nocciolo e sono indicati con la barra verde. Infine, troviamo i relativi controlli.

Le piante sottoposte a controllo post indurimento presentano una resistenza al distacco mediamente buona ma con una variabilità importante, come mostrato dalle barre di errore. Le piante soggette ad applicazioni di calcio prima dell'indurimento del nocciolo invece, mostrano risultati leggermente minori rispetto ai loro controlli, tra i quali troviamo il miglior risultato con una FRF di 522 grammi. Ciò potrebbe indicare che il trattamento possa influire negativamente o comunque ridurre la resistenza al distacco. Le piante trattate dopo l'indurimento presentano invece una variabilità dei dati piuttosto importante, in quanto troviamo contemporaneamente il secondo miglior risultato (469 grammi) e la peggior resistenza (329 grammi).

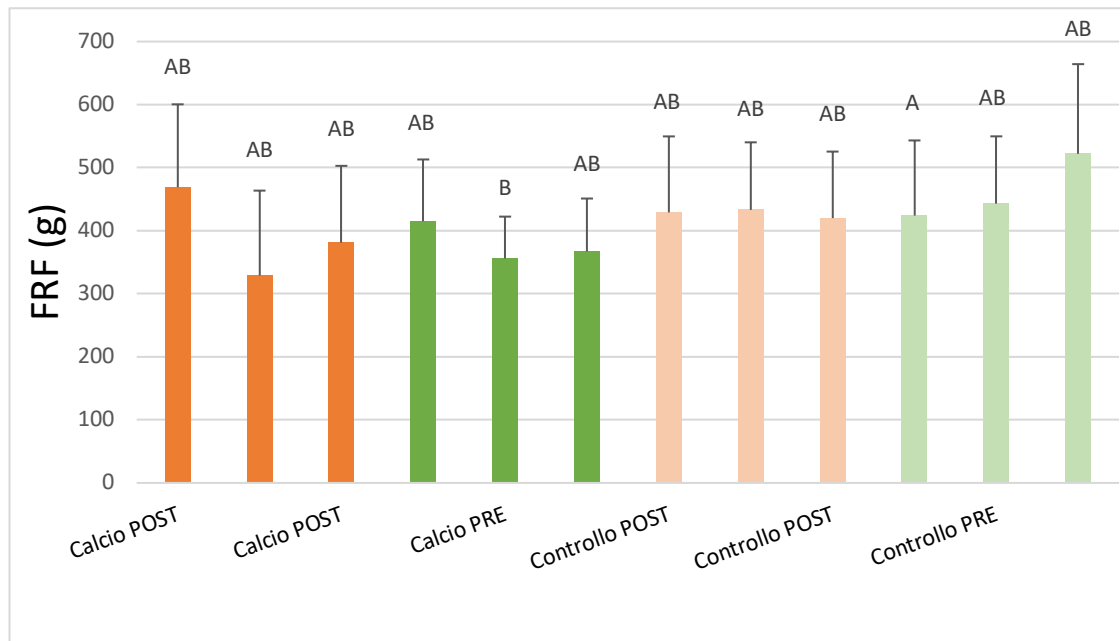


Figura 3-7 Rappresentazione grafica forza di ritenzione dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

L'ANOVA ha rilevato differenze significative tra i gruppi: Il Tukey test rileva che gli alberi trattati sia prima che dopo l'indurimento del nocciolo, hanno valori, seppur limitatamente, minori rispetto ai controlli.

3.10 Consistenza del frutto del terzo rilievo

Il grafico 17 rappresenta il confronto dei valori di consistenza media dei frutti delle 12 piante sottoposte a sperimentazione con barre di errore che rappresentano la deviazione standard. In arancione sono rappresentate le consistenze medie dei frutti delle piante trattate con calcio dopo l'indurimento del nocciolo, mentre le barre verdi riguardano le consistenze medie delle piante trattate prima dell'indurimento.

Come è possibile osservare, i gruppi di controllo, sia pre che post, mostrano valori relativamente omogenei, con differenze praticamente minime, ad eccezione della pianta 8, che presenta il miglior risultato (519 grammi), dovuto probabilmente a ragioni genetiche e/o ambientali e/o fisiologiche.

Le piante trattate con calcio post indurimento presentano una maggior variabilità dei valori in quanto troviamo il secondo miglior risultato (478 grammi) e il secondo peggiore (439 grammi). Date le minime differenze, in termini di valori, presentate in tale grafico, possiamo

affermare che in questo caso, il trattamento con calcio, sia pre che post indurimento, non abbia alcun effetto significativo, né migliorativo né peggiorativo.

L'ANOVA ha rilevato differenze significative tra gruppi, con il Tukey Test che conferma la tendenza del controllo post, per ragioni da valutare, mentre nei restanti casi le differenze non risultano particolarmente evidenti.

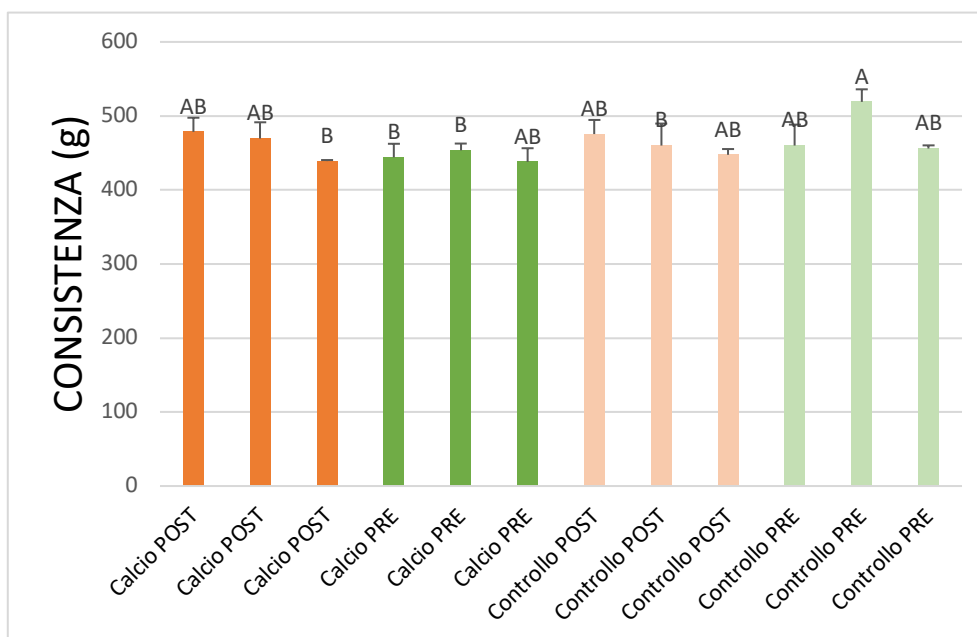


Figura 3-8 Rappresentazione grafica della consistenza media dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

3.11 Peso fresco della polpa del terzo rilievo

Il grafico 18 rappresenta i valori medi del peso fresco medio della polpa, espresso in grammi, delle 12 piante soggette a test. Sono presenti barre di errore rappresentanti la deviazione standard dei valori.

In arancione sono rappresentati i valori medi delle piante soggette ad applicazioni di calcio dopo l'indurimento del nocciolo, mentre le barre verdi rappresentano i valori relativi alle piante trattate prima dell'indurimento.

Dall'analisi del grafico, possiamo vedere che il gruppo "controllo post" presenta i 2 migliori risultati (5,89 grammi per la pianta 3 e 5,64 grammi per la pianta 9). La variabilità allo stesso modo risulta alta, soprattutto nella pianta 9 (controllo post). Le piante trattate con calcio, sia prima che dopo l'indurimento del nocciolo, presentano valori generalmente minori rispetto ai controlli. Le ragioni possono essere molteplici; Il calcio, infatti, va ad aumentare la compattezza dei tessuti e stabilità della parete cellulare, determinando però una minor capacità di ritenzione dell'acqua e quindi un minor peso. Ciò non è necessariamente negativo in quanto l'obiettivo principale delle applicazioni a base di calcio è proprio quello di migliorare la consistenza e la resistenza meccanica del frutto. L'eventuale riduzione del peso fresco a discapito di una maggior consistenza potrebbe essere un compromesso da considerare. L'analisi statistica dei dati ha segnalato che non vi è alcun aumento di peso tra le piante trattate prima e dopo l'indurimento. Il miglior risultato, come nei precedenti casi, riguarda la pianta 7 (controllo post), mentre il peggior dato viene registrato dalla pianta 10 (controllo pre)

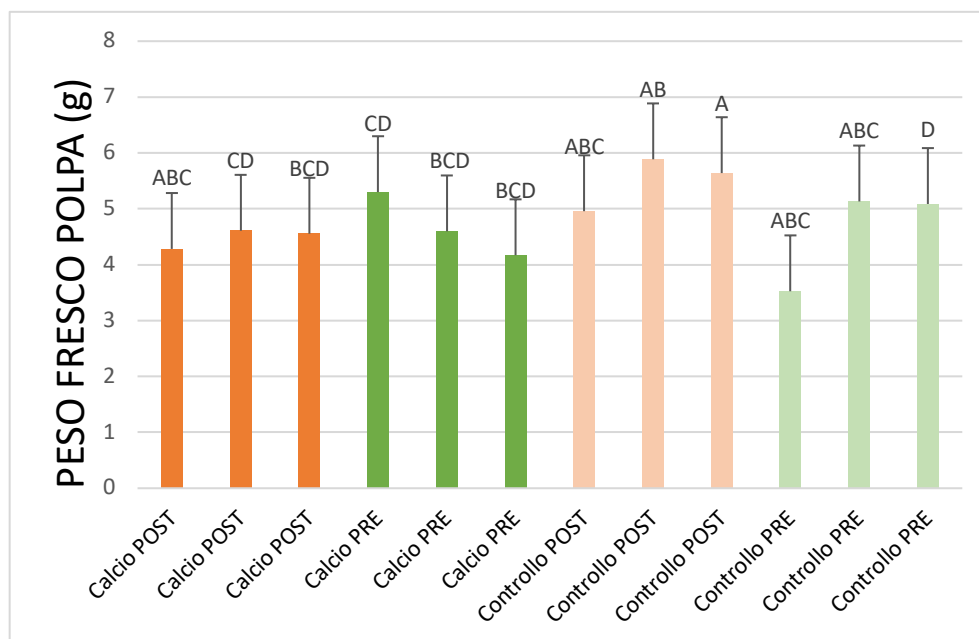


Figura 3-9 Rappresentazione grafica del peso fresco della polpa degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0.05$).

3.11 Peso fresco del frutto

Il grafico 19 rappresenta i valori medi del peso fresco espresso in grammi in diverse condizioni sperimentali, distinguendo tra gruppi di controllo e trattati con calcio, e nei momenti pre e post indurimento. Le barre di errore presenti rappresentano la deviazione standard dei valori medi.

Con le barre arancioni sono rappresentati i valori medi delle piante trattate con calcio prima dell'indurimento, mentre in verde vi è la rappresentazione degli alberi trattati prima dell'indurimento.

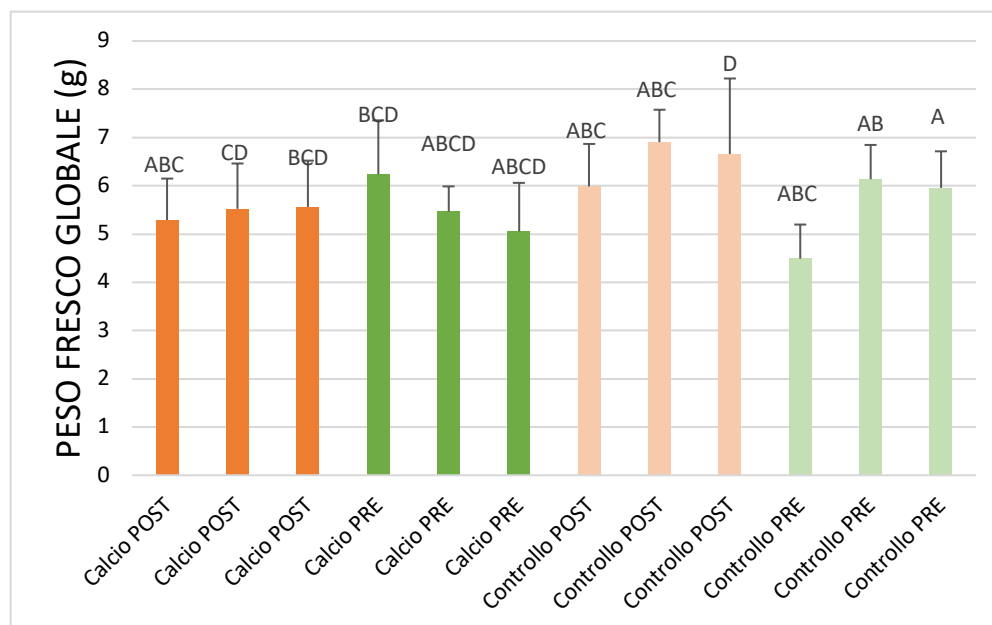


Figura 3-10 Rappresentazione grafica del peso fresco globale dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

Analizzando la tabella 19, è possibile notare che vi è una conferma della tendenza del grafico precedente. Infatti, i valori più alti sono stati registrati dalle piante "controllo post". Proprio in questo gruppo troviamo i 2 miglior risultati, rispettivamente della pianta 3 (6,90 grammi) e della pianta 9 (6,69 grammi). Gli alberi trattati, sia pre che post indurimento, presentano pesi medi che oscillano tra 5,05 e 5,56 grammi. Un'eccezione è rappresentata dalla pianta 4, irrorata con calcio prima dell'indurimento del nocciolo, con un peso medio di 6,24 grammi. In quest'ultimo caso però, come fatto precedentemente, dobbiamo considerare la possibile influenza in merito di fattori esterni.

Dal punto di vista statistico, i controlli pre e post presentano i valori medi più alti di peso fresco del frutto. Le barre riferite ai trattamenti pre e post indurimento condividono le lettere “BCD”, indicando che non ci sono differenze statisticamente significative tra di loro.

Possiamo quindi affermare che vi sia una conferma di quanto detto prima, ovvero che il calcio, irrigidendo la parete cellulare, può causare il calo del peso del frutto a discapito di una maggior rigidità del tessuto.

La comparazione dei dati ha incluso un’analisi dettagliata dei trattamenti, confrontando quelli applicati nelle fasi precedenti e successive all’indurimento del nocciolo con i rispettivi controlli, al fine di evidenziare eventuali differenze significative nei risultati ottenuti.

3.13 Consistenza del frutto

La figura 20 mostra i valori medi della consistenza dei frutti, espressa in grammi, di due condizioni sperimentali: alberi trattati con calcio prima e dopo l’indurimento del nocciolo con i rispettivi controlli.

Il confronto tra il trattamento pre e post indurimento, escludendo per il momento i controlli, mostra, seppur lievemente, una consistenza media maggiore nei frutti delle piante in cui l’applicazione è avvenuta dopo l’indurimento del nocciolo. In ogni caso, il risultato maggiore

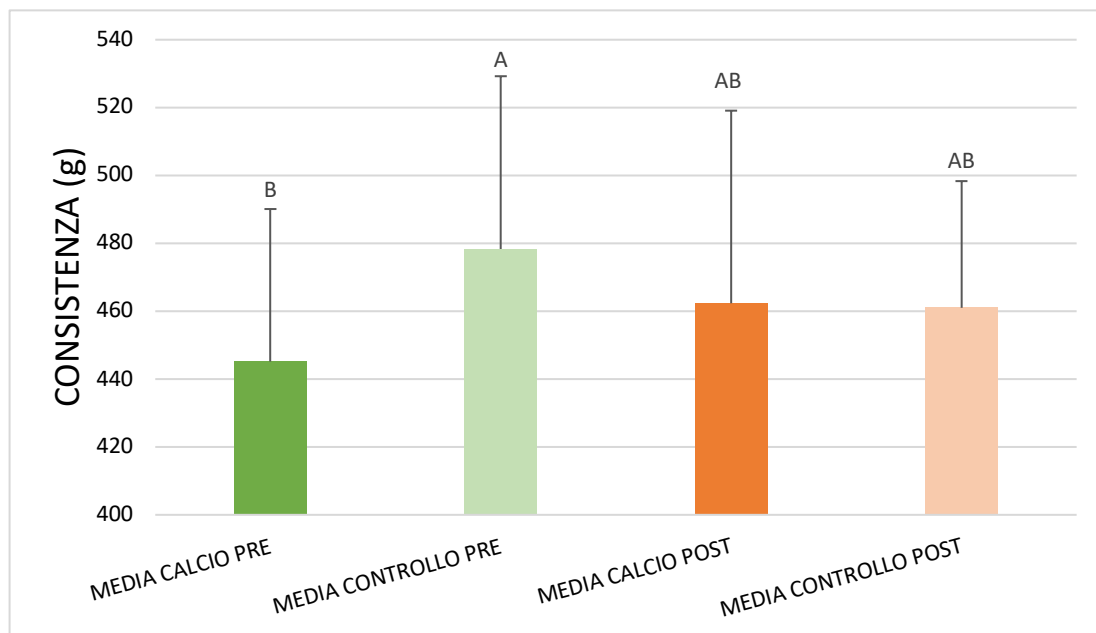


Figura 3-11 Consistenza media del frutto negli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($P < 0,05$).

viene registrato dal controllo post, come mostrato precedentemente dal confronto delle 12 piante. Le ragioni possono essere diverse, ma in questo caso il grafico ci mostra che il calcio, applicato alla concentrazione dell'1%, non apporta alcun miglioramento, anzi; nel caso della comparazione tra la consistenza media dei frutti delle piante trattate pre-indurimento con i relativi controlli, si evince che il macroelemento ha addirittura un effetto peggiorativo. Mentre, nel caso delle piante in cui l'applicazione è avvenuta dopo l'indurimento del nocciolo, il risultato non è significativo. Infatti, la consistenza media dei frutti nelle piante trattate post-indurimento equivale a 462,33 grammi invece nel controllo di riferimento la media è di 461,00 grammi.

L'analisi statistica dei dati ha mostrato che i valori medi degli alberi trattati con calcio prima dell'indurimento (A) risultano essere i più bassi, e lo stesso riguarda gli alberi trattati post indurimento, pur mostrando un leggero miglioramento.

3.14 Forza di ritenzione del frutto

Il grafico 21 rappresenta la forza di ritenzione media dei frutti, espressa in grammi, confrontando i diversi trattamenti (fatti pre e post indurimento) e i relativi controlli.

Nella comparazione tra le diverse applicazioni, come si può notare, non vi sono differenze significative; infatti, la forza di ritenzione (FRF) media delle piante trattate pre-indurimento è di 379 grammi, mentre nelle piante trattate post indurimento la FRF equivale a 393 grammi.

I controlli, invece, mostrano una forza di ritenzione maggiore, sia in quello pre-indurimento che in quello post-indurimento.

Ciò potrebbe indicare di un effetto antagonista del calcio riguardo la FRF alla raccolta.

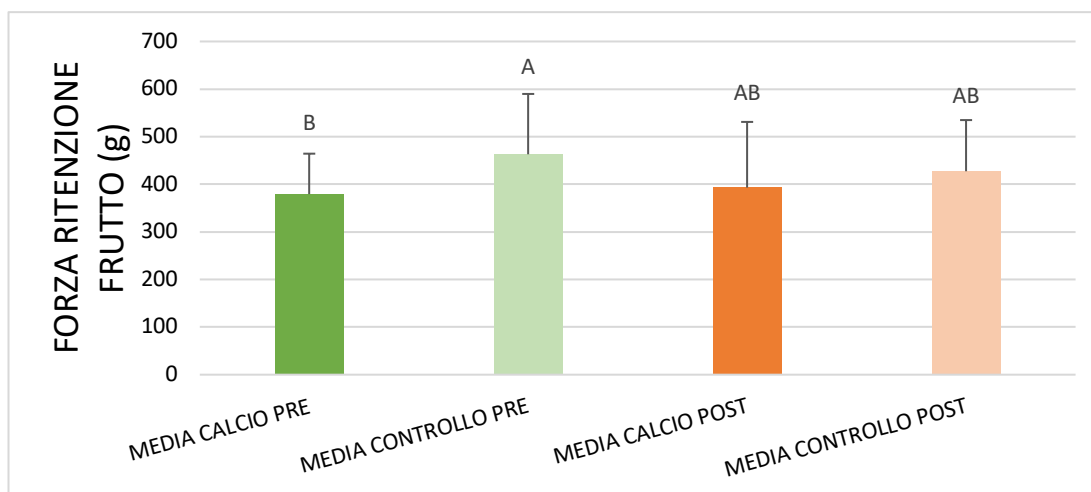


Figura 3-12 Rappresentazione grafica della forza di ritenzione (FRF) degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

3.15 Volume

La figura 22 rappresenta il volume medio del frutto, espresso in ml, nelle piante trattate prima e dopo l'indurimento del nocciolo e dei rispettivi controlli. Per ciascuna colonna sono riportate le barre di errore che rappresentano la deviazione standard. I trattamenti, per questo parametro, non risultano particolarmente efficaci in quanto non ci sono evidenti differenze rispetto ai rispettivi controlli. Anzi, nel caso del controllo post, abbiamo un valore maggiore (6,17 ml) rispetto al volume medio dei frutti nelle piante trattate dopo l'indurimento del nocciolo (5,17 ml). Come visto in precedenza col peso fresco del frutto e della polpa, le applicazioni di calcio potrebbero influire negativamente sullo sviluppo volumetrico probabilmente a causa di un'eccessiva rigidità dei tessuti.

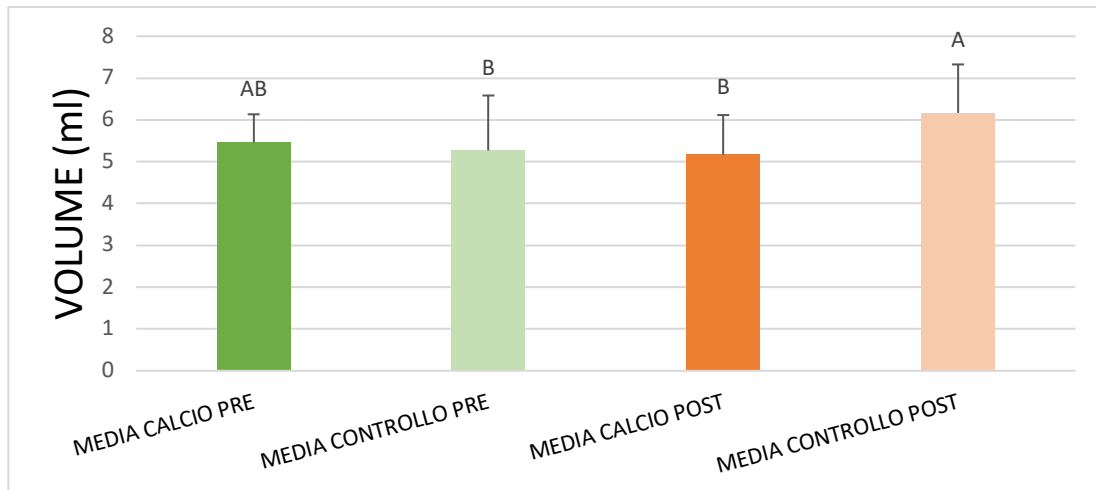


Figura 3-13 Rappresentazione grafica del volume medio dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey.

3.16 Peso fresco polpa

La figura 23 mostra il peso fresco della polpa, espresso in grammi, nelle piante sottoposte a trattamento con calcio sia prima che dopo l'indurimento del nocciolo, confrontandolo con i rispettivi controlli. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard, fornendo un'indicazione della variabilità dei dati raccolti.

Osservando la figura, è possibile osservare che il peso fresco della polpa è inferiore nei frutti delle piante trattate con calcio, sia pre che post-indurimento del nocciolo, rispetto ai corrispondenti controlli.

La differenza è perlopiù evidente tra il “calcio post” ed il “controllo post” dove abbiamo un peso fresco medio di 5,49 grammi nel controllo a discapito dei 4,48 grammi dei frutti della pianta trattata con calcio post-indurimento.

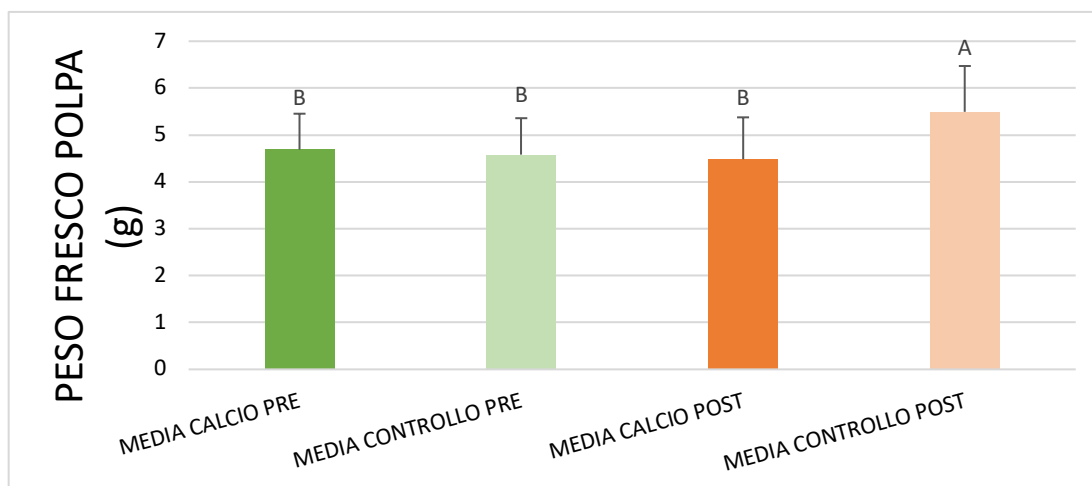


Figura 3-14 Rappresentazione grafica del peso fresco medio della polpa dei frutti degli alberi oggetto di sperimentazione. Gli alberi sono raggruppati per trattamento e per controllo. Lettere diverse indicano differenze significative per il test HSD Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nel corso di questo studio sperimentale hanno evidenziato come il trattamento con calcio non abbia influenzato in maniera significativa i diversi parametri considerati delle olive di Ascolana tenera. Sebbene il calcio sia stato applicato con l'obiettivo di migliorare la struttura e la resistenza della polpa per facilitare la raccolta meccanica, i suoi effetti hanno mostrato una complessità che dipende dalla tempistica del trattamento e dai processi fisiologici coinvolti.

Le applicazioni di calcio hanno portato a:

1. **Consistenza:** una diminuzione della rigidità dei tessuti, attribuibile alla formazione di pectati di calcio, infatti tale parametro era inferiore rispetto al controllo nel confronto "pre" ed uguale nel confronto "post". Risulta consigliabile il trattamento con Ca dopo l'indurimento del nocciolo rispetto ad un'applicazione di calcio pre indurimento.
2. **Peso fresco e volume:** Entrambi i parametri sono risultati inferiori nei frutti trattati con calcio rispetto ai rispettivi controlli. Ciò può essere spiegato da una riduzione della capacità di trattenere acqua e sostanze nei tessuti della polpa, probabilmente legata alla rigidità cellulare indotta dal calcio o a possibili squilibri nutrizionali causati dall'antagonismo con altri macroelementi come potassio e magnesio.
3. **Forza di ritenzione del frutto (FRF):** Il calcio ha mostrato un lieve impatto negativo con riduzione della FRF dei frutti alla raccolta, soprattutto nel trattamento post-indurimento. Questo effetto può essere attribuito alla maggiore rigidità del peduncolo e a modifiche nella zona di abscissione, dove il calcio potrebbe aver interferito con i normali processi enzimatici e ormonali, facilitando il distacco del frutto.

I risultati confermano che il trattamento con calcio, pur migliorando alcuni aspetti strutturali della polpa, può avere effetti secondari non sempre desiderabili, come la riduzione del peso fresco e del volume, nonché un lieve indebolimento della forza di ritenzione del frutto. Tali

risultati indicano la necessità di ottimizzare le condizioni del trattamento, in particolare la tempistica di applicazione e la concentrazione del calcio, per ottenere il massimo beneficio senza compromessi rilevanti. Da queste conclusioni appare evidente che:

- La fase di applicazione risulta critica: i trattamenti pre-indurimento del nocciolo sembrano avere un impatto minore su parametri come peso fresco e forza di ritenzione del frutto rispetto ai trattamenti post-indurimento.
- Sebbene il calcio possa facilitare la raccolta meccanica agendo sulla consistenza, come ipotizzato inizialmente, una diminuzione eccessiva del peso fresco potrebbe influire negativamente sulla resa complessiva e sulla qualità percepita del prodotto.

Questo studio fornisce una base per comprendere meglio l'effetto del calcio sulle olive da mensa, in particolare della cultivar Ascolana tenera, evidenziando il suo potenziale nell'aumentare la consistenza della polpa, ma anche sottolineando le sue limitazioni. Ulteriori studi saranno necessari per affinare le tecniche di trattamento e migliorare la sostenibilità delle operazioni di raccolta meccanica, preservando al contempo la qualità del prodotto finale.

BIBLIOGRAFIA

1. ANAPO. "Storia dell'ulivo e dell'olio in Italia".
2. Alfei, B. (2021). "Nelle Marche, il cuore degli oli monovarietal". *Olivo e Olio*.
3. Bigiotti, G., Sacchetti, P., Belcari, A. (2021). "Aspetti applicativi della simbiosi batterica tra la mosca delle olive, *Bactrocera oleae* e il batterio *Candidatus Erwinia dacicola*". *Rivista di Entomologia Agraria*, 56(2), 123-135.
4. Brillo, (2023). "Un approccio di deep learning per l'analisi del 'segnale calcio' nella caratterizzazione della risposta biologica delle piante agli stimoli esterni". Università degli Studi di Torino.
5. Cinquemani, T. (2022). "Concimazione fogliare dell'olivo". *Olivo e Olio*, n. 5/2022.
6. Consorzio Marche Extravergine. "L'olivo e l'olio, una storia millenaria".
7. De Rosa, V. (2023). "Come combattere la mosca dell'olivo con metodi naturali in agricoltura biologica". *Olivo e Olio*.
8. Eichert, T., Kurtz, A., Goldbach, H. (2006). "Investigations on the contribution of the stomatal pathway to foliar uptake". *Acta Horticulturae*, 721, 203-210.
9. Franke, W. (1967). "Mechanism of foliar penetration of solutions". *Annual Review of Plant Physiology*, 18, 281-300.
10. Ghosh, S., Bheri, M., Bisht, D., Pandey, G.K. (2022). "Calcium signaling and transport machinery: Potential for development of stress tolerance in plants". *Current Plant Biology*, 29.
11. Lucidi, F., Speranza, L. (2003). "Una coltura bimillenaria, l'Oliva Ascolana".
12. Morales-Silero, A., Lodolini, E.M., Suarez, M.P., Navarrete, V., Jimenez, M.R., Casanova, L., Gregori, L., Rallo, P., Martin-Vertedor, D. (2021). "Calcium applications throughout fruit development enhance olive quality, oil yield, and antioxidant compounds' content". *Frontiers in Plant Science*, 12, 663047.
13. Otto, R., Marques, J.P., Pereira de Carvalho, H.W. (2021). "Strategies for probing absorption and translocation of foliar-applied nutrients". *Journal of Plant Nutrition*, 44(10), 1501-1512.

14. Pannelli, G., Alfei, B., Santinelli, A. (2001). "Varietà di olivo nelle Marche". ASSAM.
15. Proetti, P., Regni, L. (2020). "La via fogliare alla nutrizione dell'olivo". L'Informatore Agrario, n. 10/2020.
16. Tarquini, M. (2023). "Spinosad, insetticida biologico, caratteristiche e uso". ColtivoBio.
17. Toselli, M., Scudellari, D., Fernandez, V., Abadia, J. (2009). "La nutrizione fogliare delle colture arboree da frutto". Rivista di Frutticoltura, n. 11/2009.
18. Toselli, M., Tagliavini, M., Le Bris, K., Thalheimer, M., Paoli, N., Gioacchini, P., Scudellari, D. (2004). "Leaf uptake and tree partitioning of urea-N as affected by concentration and volume of spray solution and leaf age of apple trees". Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79(1), 97-100.
19. Toscano, P., Godino, G., Belfiore, T., Briccoli-Bati, C. (n.d.). "Foliar fertilization: a valid alternative for olive cultivar". Acta Horticulturae, 1199, 43-48.
20. Vatrano, T. (2022). "L'informatore agrario". Articolo 28/2022.
21. Volante, P. (2013). "Chimica e fertilità del suolo". Edagricole.
22. Weil, R.R., Brady, N.C. (2017). "Soil Phosphorus and Potassium". The Nature and Properties of Soils (2002), pp. 643-695.
23. White, P.J., Broadley, M.R. (n.d.). "Calcium in Plants". Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, UK.

BIBLIOGRAFIA

Un immenso grazie alla mia famiglia, il mio porto sicuro e la mia forza in ogni momento.