



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti
Risorse naturali e Ambiente - DAFNAE

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN SCIENZE E
TECNOLOGIE AGRARIE

Il diradamento del melo: prova pilota comparativa con formulati disponibili per l'agricoltura biologica

Relatore

Prof. Alessandro Botton

Laureando

Simone Paterno

Matricola n.

2032631

ANNO ACCADEMICO 2023-24

Indice

RIASSUNTO	5
ABSTRACT	7
1 INTRODUZIONE	9
1.1 IL MELO	9
1.1.1 <i>L'autoincompatibilità del melo</i>	12
1.2 PROCESSO DI NANIZZAZIONE, PORTINNESTI E SESTI D'IMPIANTO	13
1.3 OBIETTIVI PRODUTTIVI: QUALITÀ E QUANTITÀ	14
1.4 L'IMPORTANZA DEL DIRADAMENTO	15
1.5 L'AGRICOLTURA BIOLOGICA	16
2 SCOPO DELLA TESI	19
3 IL DIRADAMENTO DEL MELO	21
3.1 IL DIRADAMENTO MECCANICO	21
3.2 IL DIRADAMENTO MANUALE.....	23
3.3 IL DIRADAMENTO CHIMICO	24
4 APPROFONDIMENTO SUL DIRADAMENTO CHIMICO SU MELO IN AGRICOLTURA INTEGRATA	27
4.1 RUOLO DEI FITORMONI	27
4.2 DIRADANTI FIORALI	28
4.2.1 <i>ATS – ammonio tiosolfato</i>	28
4.2.2 <i>Ethephon – acido 2-cloroetilfosfonico</i>	28
4.3 DIRADANTI POST-FIORALI.....	29
4.3.1 <i>NAD – amide dell'acido naftalenacetico</i>	29
4.3.2 <i>NAA – acido naftalenacetico</i>	30
4.3.3 <i>BA – 6-benziladenina</i>	31
4.3.4 <i>Metamitron</i>	32
5 APPROFONDIMENTO SUL DIRADO CHIMICO SU MELO IN AGRICOLTURA BIOLOGICA	35

5.1	POLISOLFURO DI CALCIO	36
5.2	OLIO MINERALE	37
5.3	LE POSSIBILI ALTERNATIVE	37
6	APPROCCIO SPERIMENTALE	39
6.1	SCHEMA DELLA SPERIMENTAZIONE	40
6.2	RILIEVI E APPLICAZIONE DEI PRODOTTI	42
6.3	RISULTATI E CONSIDERAZIONI	46
7	CONCLUSIONI	55
8	BIBLIOGRAFIA.....	57

Riassunto

La tesi esplora l'efficacia di diverse tecniche di diradamento del melo, con un focus particolare prima sull'agricoltura integrata e poi sull'agricoltura biologica, che richiede l'uso di trattamenti compatibili con i principi della sostenibilità e della tutela dell'ambiente. Tradizionalmente, il diradamento chimico viene eseguito utilizzando prodotti di sintesi chimica ad azione fisica o ormonale, che però possono presentare limitazioni, soprattutto in contesti biologici dove le normative sono più restrittive e l'obiettivo è minimizzare l'uso di sostanze chimiche.

Partendo dagli unici prodotti consentiti ed utilizzati in agricoltura biologica, ossia polisolfuro di calcio e olio minerale, è stato condotto uno studio su due varietà di melo, Renè Civren e Gaia, che sono state sottoposte a diverse modalità di applicazione dei trattamenti diradanti. Oltre ai metodi tradizionali, la ricerca ha investigato l'uso di alternative come la borlanda e il sapone molle (sali potassici di acidi grassi insaturi), prodotti che potrebbero rappresentare opzioni più sostenibili, alternative e/o aggiuntive nel diradamento del melo.

I risultati della sperimentazione hanno evidenziato che, per la varietà Renè Civren, il trattamento tradizionale con polisolfuro di calcio e olio minerale non ha portato a una riduzione significativa della cascola totale dei frutti rispetto al controllo non trattato. Questo suggerisce che tale combinazione potrebbe non essere adeguata a tutte le varietà di melo, richiedendo un adattamento delle pratiche a seconda delle specifiche caratteristiche della cultivar. Al contrario, nella varietà Gaia, si è osservata una cascola tardiva più abbondante, che ha ridotto il numero di frutti persistenti, suggerendo una possibile maggiore efficacia del trattamento tradizionale.

L'alternativa della borlanda ha dimostrato un buon potenziale come agente diradante, con risultati che in alcuni casi hanno superato quelli ottenuti con il trattamento tradizionale. Tuttavia, l'uso del sapone molle, sebbene efficace, ha comportato l'impiego di dosi elevate, che potrebbero rendere il trattamento poco praticabile in contesti di produzione agricola a causa dei costi elevati ma soprattutto dei dosaggi massimi consentiti che sono decisamente inferiori.

Le conclusioni della tesi sottolineano l'importanza di continuare la ricerca su queste tecniche per ottimizzare le pratiche di diradamento in agricoltura biologica. L'obiettivo è quello di identificare metodi che non solo siano efficaci, ma anche sostenibili dal punto di vista

economico e ambientale, in modo da rendere la melicoltura biologica una valida alternativa ai metodi di agricoltura convenzionale e integrata. La necessità di adattare i trattamenti diradanti alle specifiche varietà e alle condizioni locali emerge chiaramente, insieme all'importanza di esplorare nuove sostanze che possano migliorare la competitività e la sostenibilità della melicoltura biologica.

Abstract

This thesis examines the efficacy of diverse apple thinning techniques, with a specific emphasis on organic farming, which requires the implementation of treatments that are in alignment with the principles of sustainability and environmental protection. The conventional approach to chemical thinning involves the use of combinations of calcium polysulfide and mineral oil, but these methods may have inherent limitations, particularly in the context of organic farming, where regulations are more stringent, and the objective is to minimize the use of chemicals.

The study was conducted on two apple varieties, Renè Civren and Gaia, which were subjected to different application methods of thinning treatments. In addition to the conventional techniques, the research also examined the potential of alternative methods, such as the use of vinasse and soft soap (potassium salt of unsaturated fatty acids), as more environmentally conscious alternatives for apple thinning.

The experimental results demonstrated that the traditional treatment with calcium polysulfide and mineral oil did not point out a notable reduction in total final fruit drop when applied to the Renè Civren variety, when compared to the untreated control. This indicates that this combination may not be suitable to all apple varieties, and an adaptation of practices to align with the specific characteristics of the cultivar in question may be required. In contrast, the Gaia variety exhibited a higher late fruit drop, which reduced the total fruit load. This suggests that the traditional treatment was more effective in this case.

The alternative use of vinasse demonstrated considerable potential as a thinning agent, with results in some cases better than those obtained with the traditional treatment. However, soft soap, although effective, was applied at high rates, which might render the treatment not sustainable in agricultural production contexts due to its high costs.

The thesis concludes by emphasizing the need for new research on these techniques in order to optimize thinning practices in organic farming. The objective is to identify methods that are not only effective but also economically and environmentally sustainable, with the aim of making organic apple farming a viable alternative to conventional and integrated farming methods. It is evident that there is a need to tailor thinning treatments to specific varieties

and local conditions, as well as to explore new substances that can enhance the competitiveness and sustainability of organic apple farming.

1 Introduzione

1.1 Il melo

Il melo, nome scientifico *Malus domestica*, appartenente alla famiglia delle *Rosaceae*, è una delle più importanti piante da frutto coltivate. All'interno di questa specie troviamo innumerevoli cultivar che, pur differenziandosi per epoca di raccolta e caratteristiche organolettiche, presentano caratteri botanici comuni.

Il melo è un albero deciduo con chioma ombrelliforme, taglia variabile dai 3 ai 10 metri e sviluppo acrotono; la specializzazione a cui la melicoltura è andata incontro con il passare degli anni ha fatto sì che alle piante coltivate venisse solitamente applicato un habitus vegetativo basitono tramite la potatura, in modo da migliorare l'esposizione alla luce. Le foglie sono alterne, di colore verde scuro, tomentose nella pagina inferiore e talvolta anche in quella superiore, di forma ovale e con margine seghettato; sono inserite su nodi e presentano un picciolo corto con stipole caduche. Le gemme del melo, ossia i primordi degli assi vegetativi, possono essere miste o a legno: le prime danno origine sia a parti vegetative che riproduttive, le seconde solamente a organi vegetativi. Le gemme sono portate su formazioni fruttifere diverse quali lamburde, brindilli e rami misti: a seconda della varietà saranno presenti principalmente le une, le altre oppure entrambe. Il fiore è ermafrodita, epigino con ovario infero ed è portato su un'infiorescenza che prende il nome di corimbo. Il corimbo è formato da 4-9 fiori a seconda della cultivar, anche se nella maggior parte dei casi sono 5. Il fiore centrale, che prende il nome di "*king flower*", ha solitamente antesi anticipata rispetto ai fiori laterali (**Figura 1**); questo gli permette di allegare prima ed acquisire priorità, motivo per il quale il frutto di maggiore pezzatura e qualità deriva solitamente proprio dal fiore centrale. La formula fiorale è $CA^5Pe^5St^{10}P_i^5$ visto che il fiore presenta 5 carpelli, 5 petali, 10 stami e 5 pistilli; l'ovario si compone di 5 carpelli, ciascuno dei quali differenzia 2 ovuli che, se fecondati, danno origine ad almeno 10 semi, ossia 2 per loggia (Alvisi Franco et al., 1981). I granuli pollinici del melo sono pesanti, motivo per il quale l'impollinazione anemofila non è sufficiente ed è importante l'azione degli insetti pronubi; la fioritura delle diverse varietà avviene nell'arco di circa 20 giorni anche se la recettività dello stamma inizia due giorni prima dell'apertura del fiore e si protrae fino a due giorni dopo, con massima recettività il giorno

dell'antesi. (Morettini, 1963). Il frutto del melo si forma dall'estremità del peduncolo florale che accresce avvolgendo le cinque logge dell'ovario; la crescita è di tipo sigmoidale semplice visto che ad una prima fase di divisione cellulare segue una fase di distensione cellulare che porta il frutto alla dimensione finale. Alla formazione del frutto partecipa anche il ricettacolo, motivo per il quale si dovrebbe parlare di falso frutto, che prende il nome di pomo. Il vero frutto, che deriva dall'accrescimento dell'ovario, è quello che comunemente chiamiamo torsolo. La mela come tutti la conosciamo è comunque composta da semi, endocarpo (porzione più cartilaginea che riveste l'interno delle logge), mesocarpo ed epicarpo (la parte che delimita il torsolo) per la parte ovarica, cioè il cosiddetto torsolo, e da cortex ed epidermide che costituiscono proprio la polpa e la buccia, rispettivamente, a caratterizzare le varie cultivar con colori, aromi e consistenze diverse (Morettini, 1963).



Figura 1 - Il corimbo del melo (R J Higginson, 26 aprile 2009).

Il melo non ha particolari esigenze climatiche visto che presenta un'ottima resistenza al freddo e si adatta anche a zone temperate calde, tanto da essere diffuso in molte zone d'Italia e d'Europa con condizioni meteorologiche molto differenti. Per superare la dormienza, ossia la cessazione temporanea della crescita, fondamentale per sopravvivere anche in periodi

sfavorevoli, dev'essere comunque soddisfatto un fabbisogno in freddo di circa 600-900 ore (*CH, chilling hours*). Il fabbisogno in caldo che permette di raggiungere il germogliamento e la fioritura è poi di 7000-12000 ore (*GDH, growing degree hours*) (González Noguera et al., 2023).

Le esigenze pedologiche del melo sono piuttosto generiche, anche se predilige terreni franchi, profondi, permeabili, freschi e con un pH tendenzialmente neutro o sub-acido (Morettini, 1963; Sansavini and Ranalli, 2012). Alle caratteristiche del terreno si associano le esigenze nutritive: l'obiettivo è quello di mantenere la fertilità del suolo in modo da garantire un ottimo equilibrio vegeto-produttivo. Per mantenere una buona percentuale di sostanza organica nel terreno, sono consigliate periodiche distribuzioni di ammendanti quali letame maturo, compost o torba. Le concimazioni annuali invece devono essere effettuate sulla base delle asportazioni e di eventuali fenomeni di immobilizzazione o dilavamento dei nutrienti; il fabbisogno medio annuo del melo dei principali elementi, con una produzione di 60 t/ha, secondo la Fondazione Edmund Mach (Candioli, 2023b) è:

- Azoto (N): 60 kg/ha
- Fosforo (P_2O_5): 20 kg/ha
- Potassio (K_2O): 100 kg/ha
- Calcio (CaO): 40 kg/ha
- Magnesio (MgO): 10 kg/ha.

Questi valori sono ovviamente indicativi e devono essere contestualizzati in base alle condizioni del terreno e delle piante, in base alla produzione e all'eventuale manifestazione di carenze. Per l'applicazione di questi ma anche di altri elementi è sempre più diffusa la concimazione fogliare che permette di risolvere problemi di immobilizzazione o indisponibilità.

Nel melo, la gestione dell'irrigazione è importante per evitare sia stress sia eccessi idrici; l'obiettivo è quindi quello di somministrare la giusta quantità di acqua con le giuste tempistiche a seconda delle caratteristiche del terreno, del fabbisogno della pianta e dell'andamento stagionale. Il fabbisogno idrico indicativo teorico del melo su M9 in funzione del mese e dell'età d'impianto è riportato in Tabella 1 (Candioli, 2023b).

Tabella 1 - Fabbisogno idrico indicativo teorico del melo su M9 in funzione del mese e dell'età d'impianto.

Mese	Litri/giorno per pianta (anno d'impianto)	Litri/giorno per pianta (secondo anno)	Litri/giorno per pianta (in produzione)
Aprile	1,0	2,5	4,5
Maggio	1,5	3,5	6,0
Giugno	2,0	4,0	7,5
Luglio	2,0	4,5	8,0
Agosto	2,0	4,0	7,5
Settembre	1,5	3,0	5,0
Ottobre (metà mese)			3,0

1.1.1 L'autoincompatibilità del melo

La presenza di fiori ermafroditi sulle piante di melo fa pensare ad una possibile fecondazione autogama; in realtà, la maggior parte delle cultivar sono autoincompatibili, fattore che influenza la fecondazione. In presenza di incompatibilità, infatti, una buona impollinazione non è sinonimo di una buona fecondazione, visto che intervengono fenomeni di rigetto per il mancato riconoscimento tra papilla stigmatica e granulo pollinico (Morettini, 1963).

Nel melo, l'autoincompatibilità è una sterilità di tipo fattoriale: tutti gli organi necessari alla fioritura e all'impollinazione sono sviluppati correttamente ma la fecondazione non avviene per via del controllo genetico del locus S polialelico. Nello specifico si tratta di incompatibilità gametofitica, che dipende dall'allele presente nel polline e quindi dall'aplotipo: il polline arriva sullo stigma ed inizia a germinare crescendo nello stilo ma se l'allele al locus S del granulo pollinico è uguale ad uno dei due alleli al locus S dello stilo diploide

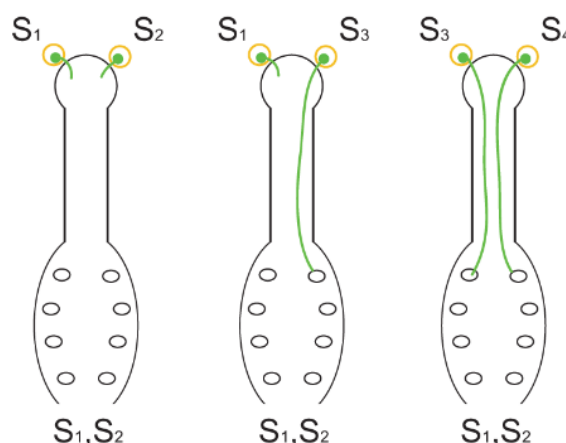


Figura 2 – Rappresentazione schematica del meccanismo di incompatibilità gametofitica.

si arresta la crescita del tubetto pollinico che non porta a termine la fecondazione (**Figura 2**) (Sansavini and Ranalli, 2012). L'autoincompatibilità e la scarsa affidabilità delle poche cultivar autocompatibili rendono necessaria, nella coltivazione del melo, la consociazione fra cultivar a fioritura contemporanea e compatibili tra di loro in modo che avvenga impollinazione e

fecondazione. Oltre a quanto detto finora, nella scelta varietale è importante considerare che nel melo la sterilità può dipendere anche da poliploidia: sebbene la maggior parte delle cultivar sia diploide ($2n = 34$ cromosomi), non mancano cultivar triploidi ($2n = 51$ cromosomi), come la Renetta del Canada, originate da mancata divisione riduzionale in uno dei due gameti durante la gametogenesi. Il polline di queste cultivar è scarso e poco fertile, ed è quindi necessaria una consociazione a tre cultivar (due cv tra loro intercompatibili che impollinano la terza varietà triploide) per favorire la fecondazione (Alvisi Franco et al., 1981).

Di seguito la Tabella 2 che riporta le principali varietà con le rispettive impollinatrici (Sansavini and Ranalli, 2012):

Tabella 2 - Le principali varietà con le rispettive impollinatrici (Sansavini and Ranalli, 2012).

Varietà	Principali varietà impollinatrici
Fuji	Breaburn, Meran, Gala, Golden Delicious
Gala	Fuji, Granny Smith, Pinova, Red Delicious
Golden Delicious	Red Delicious, Fuji, Gala, Breaburn
Red Delicious	Gala, Cripps Pink, Granny Smith, Morgenduft
Granny Smith	Breaburn, Red Delicious, Fuji, Gala

1.2 Processo di nanizzazione, portinnesti e sestì d'impianto

Gli apparati radicali delle piante arboree, melo compreso, hanno funzioni di assorbimento, ancoraggio, trasporto, deposito e sintesi organica. Oltre a ciò, lo sviluppo dell'apparato radicale influenza in maniera importante l'espressione potenziale intrinseca della chioma; la taglia estremamente variabile che può assumere una pianta di melo è infatti legata alle caratteristiche del portinnesto.

Con portinnesto franco si intende un portinnesto che deriva da seme e sarà pertanto estremamente eterogeneo; seppur presenti caratteristiche di pregio quali assenza di virus, ottimo ancoraggio, rusticità e adattabilità, il suo utilizzo è in continua contrazione visto che per le esigenze moderne della melicoltura risulta essere troppo vigoroso e con una lenta entrata in produzione che sarà oltretutto incostante (Alvisi Franco et al., 1981).

Nel corso degli anni si è susseguito quindi un processo di nanizzazione grazie all'utilizzo di portinnesti clonali ottenuti per via agamica con gli obiettivi di ridurre la taglia delle piante, influenzare la fruttificazione in termini di precocità, allegagione e produzione, migliorare la qualità dei frutti ma anche la resistenza al freddo oltre ad altri stress biotici ed abiotici delle piante. Ad oggi, si utilizzano prevalentemente portinnesti clonali di East Malling: il più diffuso in Italia ed Europa è il cosiddetto M9 con i relativi sub-cloni (Pajam 1, Pajam 2, T337) (Sansavini and Ranalli, 2012). Esso deriva dal Paradiso Giallo di Metz, presenta scarsa vigoria e ancoraggio e necessita pertanto di importanti strutture di sostegno, teme il ristagno idrico, è esigente in termini nutritivi ma presenta poi caratteristiche ottime di precoce entrata in produzione, produttività e qualità dei frutti.

L'utilizzo di questi portinnesti clonali ha ridotto la taglia delle piante in maniera importante, permettendo un'evoluzione nella scelta delle forme di allevamento e dei sestri d'impianto.

Tabella 3 - Sesti d'impianto per alcune forme di allevamento in melicoltura.

Forma di allevamento	Sesto d'impianto (m)	Piante/ha
Fusetto o Spindel	2,8-3,3 x 0,8-1,0	3'500-4'500
Biasse o Bibaum	2,5-2,8 x 1,20-1,40	2'700-3'300
Guyot o Guyot doppio	1,8-2,2 x 1,5-3,0	3'000-4'000
Cordone o Superspindel	2-2,5 x 0,2-0,3	15'000-20'000

1.3 Obiettivi produttivi: qualità e quantità

Per valutare in maniera certa la qualità dei frutti, si aspetta solitamente la maturazione, ossia la fase finale dello sviluppo del frutto stesso in cui assume la colorazione tipica della cultivar, avviene l'idrolisi dell'amido, aumenta il contenuto di zuccheri semplici, si riduce l'acidità e si rammollisce la polpa (Sansavini and Ranalli, 2012). In realtà, dal punto di vista commerciale, la maturazione si distingue in maturazione fisiologica, di raccolta e di consumo in base alla destinazione del prodotto. Per valutare lo stato di maturazione del frutto e l'epoca di raccolta si utilizzano gli indici di maturazione, che non devono però essere confusi con gli indici di qualità, ossia quei parametri di qualità ottimale dei frutti in termini di presenza di difetti e calibro necessari per la commercializzazione.

La scheda tecnica relativa alle mele, disponibile sul sito ufficiale dell'Agecontrol (www.agecontrol.it) cita le seguenti caratteristiche minime: mele intere, sane, esenti da parassiti, pulite, sufficientemente sviluppate, prive di umidità anormale e di odore e/o sapore estranei. Le categorie di qualità sono:

- Categoria Extra: di qualità superiore, ammesse lievi alterazioni superficiali e con polpa indenne da deterioramento;
- Categoria I: di buona qualità, con polpa priva di qualsiasi deterioramento. Ammessi lievi difetti di forma, sviluppo e colorazione, il peduncolo può mancare se la rottura è netta e la buccia adiacente non lesionata;
- Categoria II: presentano difetti di forma, sviluppo e colorazione ma devono comunque rispondere alle caratteristiche minime.

Per quanto riguarda il calibro invece si fa riferimento al diametro: il diametro minimo richiesto è di 60 mm che può scendere a 50 mm se il grado Brix è maggiore o uguale a 10,5 Brix. Per i produttori di mele il calibro è importante sia per la remunerazione che per ottenere una quantità di prodotto elevata: gli standard produttivi si sono via via alzati con il passare degli anni e con la specializzazione del settore e anche se molto dipende dalla varietà coltivata si parla solitamente di produzioni che vanno dai 500 agli 800 quintali ad ettaro con punte anche di 1000.

1.4 L'importanza del diradamento

Nella coltivazione del melo, la pratica del dirado è fondamentale per ottenere un carico adeguato di frutti sulle piante e garantire così una produzione di qualità oltre ad un idoneo ritorno a fiore anno dopo anno, dato che, nonostante una percentuale di allegagione piuttosto bassa e il fenomeno della cascola fisiologica, il numero di frutti per pianta sarebbe comunque eccessivo, tanto da alterare l'equilibrio vegeto produttivo e non garantire frutti di qualità.

Il diradamento può essere chimico, meccanico o manuale e deve essere organizzato in base all'intensità di fioritura, al tipo di potatura, alla varietà e alle condizioni climatiche (Candioli, 2023b): in questo modo ci permetterà appunto di risolvere due importanti problematiche quali l'alternanza di produzione e la pezzatura dei frutti. L'alternanza di produzione è quel fenomeno che vede l'alternarsi di un anno con abbondante fioritura e produzione (ON) ad un

anno con fioritura scarsa e produzione ridotta (OFF) portando un'incostanza produttiva con forti ripercussioni economiche; secondo la bibliografia, i meccanismi alla base dell'alternanza sono tre: "diminuzione dei siti di fioritura", "controllo ormonale" e "controllo nutrizionale" (Goldschmidt, 2005). La differenziazione a fiore delle gemme avviene nell'estate dell'anno precedente, in concomitanza con le prime fasi di sviluppo dei frutti (Goldschmidt, 2005; Sansavini and Ranalli, 2012); pertanto, due cicli di fruttificazione sono sovrapposti e il carico di frutti ha una grande influenza sull'antogenesi. I frutti infatti sottraggono nutrienti alle gemme, essendo rispetto ad esse competitori più forti, mentre i semi presenti all'interno dei frutti producono gibberelline, ormone con ruolo inibitore sulle gemme in via di formazione. Da tutto questo capiamo che una carica eccessiva di frutti richiede un importante apporto di nutrienti a discapito delle gemme e, allo stesso tempo è sinonimo di un grande numero di semi che producono gibberelline in abbondanza, facilitando così l'alternanza di produzione. Intervenedo precocemente, soprattutto con diradamenti floreali, si riesce però a ridurre questo fenomeno. Per quanto riguarda la pezzatura, due importanti fattori che regolano la crescita dei frutti sono il numero di semi per frutto e il rapporto foglie/frutti: per garantire un elevato numero di semi per frutto è necessario che avvenga un'ottima impollinazione e fecondazione, mentre il rapporto foglie/frutti ottimale per ottenere frutti di ottima pezzatura è di circa 30/40 foglie ogni frutto. Non potendo influenzare il numero di foglie per pianta, dobbiamo, come detto, agire sul numero di frutti tramite il diradamento per far sì che il rapporto sia ottimale così come la pezzatura.

1.5 L'agricoltura biologica

Quando parliamo di agricoltura biologica facciamo riferimento ad un sistema di produzione agricola che non utilizza prodotti chimici di sintesi e ricorre a pratiche tradizionali per produrre alimenti con soli processi naturali. L'idea di agricoltura biologica nasce nei primi anni del '900 e la sua continua evoluzione e diffusione porta con il tempo alla sua prima regolamentazione in Europa con il Regolamento Comunitario n. 2092 del 1991 che indicava il metodo per la produzione biologica per i soli prodotti agricoli e le linee guida relative ad etichettatura e controlli. Il regolamento n. 2078 del 1992 ha specificato poi i metodi di produzione agricola biologica ed è stato recepito in Italia con il DM 220/95. Il Reg. (CE) n. 834/2007 ha abrogato i precedenti regolamenti e a sua volta è stato sostituito con il Reg. (UE) n. 848/2018 che

tutt'oggi definisce il sistema di produzione, trasformazione, etichettatura, controllo e certificazione relativo all'agricoltura biologica.

L'Eurostat ha raccolto dati relativi alle coltivazioni biologiche a partire dal 2013 e sono stati aggiornati per l'ultima volta nel 2019: in Europa si contano circa 329000 aziende agricole biologiche e una SAU di circa 13,8 milioni di ettari, con un aumento del 30% rispetto al 2013. L'Italia rappresenta il 14,4% di questa superficie con circa 2 milioni di ettari impiegati in biologico, il 15,8% della SAU totale italiana (Chelli et al., 2022).

Se approfondiamo i numeri del biologico in Italia vediamo che, a dicembre 2022, si contano più di 2,3 milioni di ettari a biologico con un'incidenza del 18,7% sulla SAU nazionale. Il tasso di variazione medio annuo è stato del 3% nell'ultimo quinquennio e del 5,6% negli ultimi tre anni. Dal 2010 ad oggi l'aumento è stato addirittura del 111%; nonostante questo dato sia chiaramente dovuto ad una superficie di partenza non particolarmente elevata e facilmente incrementabile, rimane comunque un chiaro segnale di quanto l'agricoltura biologica si stia diffondendo con il passare degli anni (**Figura 3**). Nei prossimi dieci anni difficilmente si avrà un incremento anche solo comparabile, ma se il tasso di crescita fosse stabile intorno al 5% si riuscirebbe a soddisfare il target del *Farm to Fork* che prevede di arrivare al 25% di SAU biologica entro il 2030. (Bravo et al., 2023; Giuliano and Meo, 2022). L'obiettivo, per quanto realistico, è comunque complicato per tre ragioni principali: la disomogeneità del quadro nazionale, le problematiche di prezzo per cui alcuni prodotti convenzionali sono pagati di più

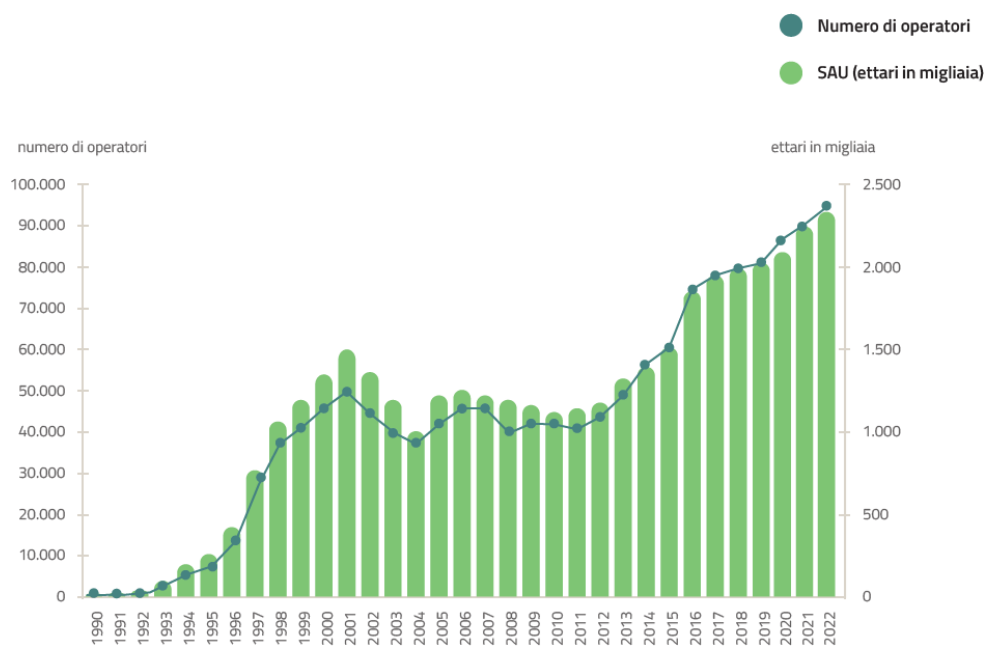


Figura 3 - Agricoltura biologica in Italia: superfici (ha) e operatori (numero). Anni 1990 - 2022. Fonte: Elaborazioni SINAB su dati Organismi di Controllo e Amministrazioni regionali (Bravo et al., 2023)

rispetto ai prodotti bio (Giuliano and Meo, 2022) e una domanda di prodotti biologici non sempre in crescita, fattore fondamentale perché ci sia aumento di superficie e produzione.

Per quanto riguarda il melo, a fine 2022 la superficie in Italia interessata da melicoltura biologica è di circa 8073 ettari, con una diminuzione del 2% rispetto agli 8237 ettari del 2021 (Bravo et al., 2023). In riferimento ai più di 56000 ettari coltivati a melo in Italia nel 2023 (dati Istat), la superficie biologica rappresenta circa il 14%, percentuale piuttosto bassa se comparata con il 20% della vite ed il 25% dell'olivo. Questo deficit è una diretta conseguenza delle difficoltà che si riscontrano nella gestione del melo con metodo biologico; le numerose avversità biotiche a cui è suscettibile, la gestione del cotico erboso e della carica produttiva, nonché le diverse pratiche agronomiche che possono influenzare la produzione e lo sviluppo vegetativo, rendono infatti il melo una delle colture più difficili da gestire rispettando i principi dell'agricoltura biologica (Candioli, 2023a).

2 Scopo della tesi

Lo scopo della presente tesi è stato quello di analizzare l'importanza del diradamento su melo con una particolare attenzione alle varie tecniche utilizzate, nonché ai prodotti chimici ammessi in base al tipo di agricoltura adottata. In agricoltura integrata le possibilità sono molteplici e permettono l'attuazione di strategie ben mirate; al contrario, in agricoltura biologica il dirado chimico presenta limiti importanti soprattutto in termini numerici. Proprio in tal senso la parte sperimentale ha avuto lo scopo di confrontare i prodotti già utilizzati, quali polisolfuro di calcio e olio minerale, a possibili alternative come borlanda e sali potassici di acidi grassi (detti anche saponi molli), che seppur utilizzando la stessa modalità di azione potrebbero rivelarsi alternative valide in grado di garantire maggior possibilità di scelta anche in base a varietà e intensità di diradamento che si vuole imprimere.

3 Il diradamento del melo

Come spiegato in precedenza, il diradamento è una pratica agronomica importante che permette di evitare l'alternanza di produzione ed ottenere una carica di frutti ottimale raggiungendo nel contempo una pezzatura migliore. Il dirado può essere effettuato chimicamente, meccanicamente e manualmente; solitamente si integrano le pratiche in modo da regolare attentamente l'intensità del diradamento stesso. Se è vero che è un'operazione agronomica molto importante è altrettanto vero che è molto difficile da effettuare correttamente: ogni anno, infatti, deve essere eseguita in maniera diversa e adeguata alla carica di gemme e fiori nonché alle condizioni ambientali dell'annata in corso, valutando attentamente il rischio di eventuali gelate o di altri eventi atmosferici avversi. L'attenzione che si deve destinare a questo lavoro è anche dovuta dall'impatto che esso ha sui costi di produzione e sulla possibilità di guadagno a fine annata: il sovradiradamento porta a produzioni scarse con conseguenti perdite economiche per mancata vendita di prodotto, mentre un sottodiradamento iniziale, che solitamente viene corretto con il dirado manuale, influisce in maniera pesante sul costo di produzione stesso e non sempre consente di ottenere una produzione di qualità.

3.1 Il diradamento meccanico

Quando si parla di diradamento meccanico si fa riferimento solitamente all'utilizzo di apposite macchine, quali la Darwin (**Figura 4**), dotate di un rotore su cui sono presenti dei flagelli in plastica che ruotando asportano meccanicamente i fiori. Oltre a ciò, le micro lesioni subite dalla pianta innescano una reazione ormonale con produzione di etilene che determina una ulteriore cascola (Candioli, 2023b). Questa tecnica è adatta su cultivar a forte fioritura ma soprattutto ad impianti con sesto e forma di allevamento a parete quali spindel stretto e multiasse. Nell'effettuare questo tipo di diradamento è importante considerare (Candioli, 2023b, 2023a):

- Epoca di intervento: da mazzetti divaricati a piena fioritura; interventi ritardati a fine fioritura possono causare facilmente deformazioni nei frutti.

- Velocità di avanzamento: tra 5 e 8 km/ha e 180 – 260 giri/minuto da parte del rotore; è importante effettuare delle prove su brevi tratti di filare per valutare la diversa intensità diradante in base alla velocità.
- Percentuale di asportazione: si considera un buon diradamento l'asportazione del 20 – 30 % di fiori.
- Azione dei diradanti chimici: in seguito ad interventi meccanici, l'azione dei diradanti chimici risulta sensibilmente maggiore.



Figura 4 - Macchina Darwin per il diradamento meccanico dei fiori (www.fruit-tec.com)

I vantaggi del diradamento meccanico sono il basso costo (si parla di circa 60 – 80 €/ha) ma soprattutto la precocità di intervento; agendo infatti sui fiori si evita alla pianta la formazione di molti frutti riducendo in maniera importante il rischio di alternanza di produzione. I problemi di questa pratica riguardano invece la mancata selezione sui fiori con possibile rimozione anche del *king flower*, il rischio di sovradiradamento in caso di gelate primaverili e i possibili danni alla struttura della pianta che possono poi facilitare l'infezione di diversi patogeni.

3.2 Il diradamento manuale

Il diradamento manuale del melo è sicuramente il metodo più preciso per regolare la carica di frutti ed ottenere una produzione di qualità. L'obiettivo è quello di eliminare i frutticini in eccesso a partire da quelli di scarsa qualità (ruggini, piccoli, malformi...) per poi concentrarsi su quelli laterali del corimbo: l'idea è solitamente quella di lasciare un solo frutto per infiorescenza in modo da favorire lo sviluppo del frutto centrale (**Figura 5**). Questo principio varia comunque in base alla vigoria della pianta, alla cultivar e all'obiettivo produttivo; per varietà quali Golden Delicious, Morgenduft o Granny Smith che non faticano a produrre frutti di pezzatura importante si può decidere di lasciare anche 2 o 3 frutti per corimbo, mentre nel caso della Gala, che fatica a raggiungere dimensioni elevate dei frutti, si tende ad accentuare il diradamento lasciando un solo frutto per corimbo.



Figura 5 - Rimozione manuale dei frutticini in eccesso (Fonte: www.melinda.it).

Il problema principale di questa pratica è sicuramente il tempo necessario per effettuarla e conseguentemente il costo e la necessità di manodopera specializzata: si parla anche di 150 – 300 ore ad ettaro che variano molto in base all'intensità del diradamento effettuato precedentemente al passaggio manuale. Infatti, il diradamento manuale viene utilizzato come

pratica di finitura in seguito a interventi meccanici o chimici che diminuiscono in partenza il numero di fiori/frutti.

Un altro fattore da considerare prima di effettuare il diradamento manuale è il momento di intervento. Per fare ciò è necessario sapere che il melo presenta solitamente diverse ondate di cascola fisiologica; la prima inizia subito dopo la caduta petali e continua per 2/3 settimane, mentre la seconda, detta anche cascola di giugno, si presenta solitamente alla fine di maggio e si protrae per 15-20 giorni. Nella maggior parte dei casi gli agricoltori attendono quindi la fine della cascola fisiologica prima di intervenire con il dirado manuale in modo da valutare precisamente quanti frutti sono rimasti sulle piante ed evitare quindi un diradamento eccessivo. Allo stesso tempo è importante considerare che la differenziazione a fiore delle gemme è influenzata positivamente dal diradamento se fatto entro 20 giorni dalla piena fioritura; in tal senso possiamo quindi affermare che il diradamento manuale non viene effettuato tanto per evitare alternanza di produzione e favorire il ritorno a fiore quanto per migliorare la qualità e la pezzatura dei frutti ed eliminare eventuali frutti “pigmei” (frutti piccoli, anomali e incapaci di accrescersi) formati per effetto delle auxine utilizzate come diradanti (Alvisi Franco et al., 1981; Sansavini and Ranalli, 2012).

3.3 Il diradamento chimico

Il diradamento chimico (**Figura 6**) è una pratica indispensabile per regolare la carica produttiva e garantire un buon ritorno a fiore con costi sostanzialmente contenuti. Il motivo per cui nella coltivazione del melo il dirado chimico è molto utilizzato rispetto a tante altre colture è la vasta disponibilità di agenti e formulati diradanti che garantiscono buoni risultati; nonostante ciò, è comunque fondamentale impostare una corretta strategia valutando intensità di fioritura, tipo di potatura, varietà e condizioni climatiche (Candioli, 2023b). Le possibili alternative prevedono l'utilizzo di diradanti floreali o post floreali: i prodotti applicati in fioritura impediscono la germinazione e l'accrescimento del tubetto pollinico riducendo così la percentuale di allegagione e presentano una indubbia efficacia seppur entro i limiti di una certa variabilità (Alvisi Franco et al., 1981). Risultano essere molto utili per favorire la differenziazione a fiore ma al contempo è elevato il rischio di sovradiradamento nel caso di scarsa allegagione, gelate tardive o cascola abbondante; per questo motivo vengono solitamente utilizzati su cultivar a forte fioritura, difficili da diradare e/o soggette ad

alternanza. I diradanti post fiorali vengono invece applicati sui frutticini con diametro generalmente tra i 6 e i 16 mm e agiscono sostanzialmente permettendo la completa espressione del potenziale di cascola naturale della pianta, favorendo quindi l'abscissione dei frutticini laterali naturalmente più predisposti alla cascola.

L'obiettivo del diradamento chimico è quindi quello di utilizzare prodotti diversi in epoche diverse e in maniera variabile in relazione alla varietà e all'andamento stagionale, in modo da ottenere un carico di frutti ottimale che permetta di ridurre al minimo la necessità di intervenire anche con il diradamento manuale e minimizzare così i costi.



Figura 6 - Macchina irroratrice in azione (<https://rivistafrutticoltura.edagricole.it/>).

4 Approfondimento sul diradamento chimico su melo in agricoltura integrata

4.1 Ruolo dei fitormoni

I prodotti chimici utilizzati per il dirado del melo sono sostanzialmente prodotti caustici che ustionano gli organi fiorali impedendo la fecondazione nel caso dei diradanti fiorali, oppure regolatori di crescita che intervengono sul bilancio ormonale della pianta, prevalentemente nel caso di interventi post-fiorali. Per capire la modalità d'azione dei prodotti diradanti ed applicare una corretta strategia di dirado è quindi molto importante conoscere il ruolo e l'attività degli ormoni vegetali.

I fitormoni sono appunto ormoni vegetali di origine naturale capaci di influenzare moltissimi processi metabolici a concentrazioni bassissime; sono detti fitoregolatori naturali o endogeni e, a partire da essi, si è arrivati alla sintesi di fitoregolatori esogeni di sintesi chimica somministrati artificialmente per controllare il carico produttivo. Gli ormoni vegetali sono caratterizzati da assenza totale di organi specializzati alla sintesi; in ogni organo si trovano solitamente tutte le classi di ormoni che hanno azioni multiple che spesso si sovrappongono con effetto sinergico, additivo o antagonista: nelle piante la responsabilità dell'avvio dei processi fisiologici è dovuta a più fitormoni. L'ormone è quindi un messaggero chimico che porta un segnale: la sensibilità di una cellula dipende dalla presenza di recettori e dalla loro affinità con l'ormone oltre alla capacità di risposta. In base a specie, organo, tessuto interessato e interazione tra ormoni dipende l'effetto dell'ormone stesso (Sansavini and Ranalli, 2012).

Gli ormoni vegetali vengono convenzionalmente suddivisi in cinque classi: auxine, gibberelline, citochinine, acido abscissico ed etilene. I più importanti, correlati alla regolazione della produzione, sono le auxine, le citochinine e l'etilene. In base alle loro caratteristiche sono state sintetizzate chimicamente delle molecole che replicano l'azione di questi fitormoni e permettono di intervenire sul bilancio interno della pianta, regolando la produzione. Nella coltivazione del melo, le possibilità sono due: dirado fiorale (con prodotti ad azione caustica oppure ormonale) e dirado post-fiorale (con prodotti ad azione ormonale). Oltre a questi

cinque ormoni “classici” ve ne sono altri di più recente scoperta ai quali vengono attribuiti ad oggi dei ruoli minori, come ad esempio i giasmonati, i brassinosteroidi, gli strigolattoni e l’acido salicilico (Costa e Botton, 2018).

4.2 Diradanti fiorali

Le opzioni possibili per il diradamento florale del melo sono essenzialmente due: ATS, ammonio tiosolfato (azione caustica) ed Ethepon (azione ormonale). Si applicano a partire da mazzetti divaricati fino ad inizio caduta petali. Questi prodotti favoriscono una cascola precoce e quindi un miglior ritorno a fiore; sono pertanto molto utilizzati soprattutto su varietà difficili da diradare o che alternano facilmente. Il rischio maggiore legato al loro utilizzo è il sovradiradamento in caso di gelate primaverili.

4.2.1 ATS – ammonio tiosolfato

Il tiosolfato di ammonio, formula chimica $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$, è una molecola registrata come concime fogliare azotato che mostra però anche un effetto diradante sui fiori. Esso presenta infatti elevate proprietà igroscopiche e, assorbendo acqua dall’ambiente circostante disidrata gli organi fiorali (pistillo e polline) che si devitalizzano e impediscono così la fecondazione dell’ovulo. Oltre a ciò, l’ATS inibisce anche la crescita del budello pollinico.

Questo prodotto è utilizzato su varietà che alternano molto e sono consigliati solitamente due interventi: il primo, nonché il più importante, deve essere effettuato nel momento ottimale, ossia a caduta petali del fiore centrale su legno vecchio, visto che deve agire sui fiori laterali aperti ma non ancora fecondati. Il secondo trattamento viene solitamente effettuato 1-3 giorni dopo il primo. Nell’effettuare i trattamenti è molto importante considerare le condizioni climatiche: la temperatura ideale è compresa tra i 16 e i 22 °C e le piante devono essere necessariamente asciutte per evitare ustioni fogliari (Candioli, 2023b; Vigl, 2009).

4.2.2 Ethepon – acido 2-cloroetilfosfonico

L’azione diradante di questa molecola è dovuta al fatto che la sua degradazione libera nella pianta etilene che, in interazione anche con le auxine, è coinvolto nell’attivazione degli enzimi responsabili dell’abscissione del fiore o frutto. Sul peduncolo florale sono infatti presenti le

cosiddette zone di abscissione: la presenza di etilene attiva degli enzimi specifici che degradano la lamella mediana e lasciano sostanzialmente cellule prive di parete sostenute solamente dalla connessione vascolare: questo indebolimento porta alla cascola dei fiori o dei frutticini in via di sviluppo.

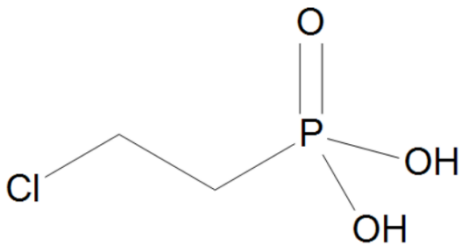


Figura 7 - Acido 2-cloroetilfosfonico (CEPA).

Prodotti fitosanitari diradanti a base di Ethepon (**Figura 7**) vengono applicati a partire dalla fase fenologica di mazzetti divaricati fino alla piena fioritura: per potenziare l'effetto si possono utilizzare anche in miscela con ATS. La dose utilizzata è solitamente di 20-25 ml/hl ed è molto importante considerare che la dose massima

annua è di 0,6 L/ha. La temperatura ideale per l'applicazione di questo principio attivo è di 15-20 °C; temperature superiori ai 25 °C abbinate ad umidità relativa elevata possono provocare diradamenti eccessivi (Candioli, 2023b; Gosch et al., 2009).

4.3 Diradanti post-fiorali

Come già spiegato, i prodotti diradanti fiorali sono molto importanti per favorire un buon ritorno a fiore ed evitare alternanza di produzione, ma - anche in previsione di possibili gelate primaverili e per via della scarsa selettività - non sono mai sufficienti soli interventi fiorali. Nel caso del melo si interviene infatti anche con diradanti post-fiorali quando i frutticini hanno un diametro compreso tra i 6 e i 16 mm; nella maggior parte dei casi si agisce quando i frutti centrali hanno raggiunto i 10-12 mm. A differenza delle molecole già analizzate, i diradanti post-fiorali hanno solo effetto fisiologico-ormonale (ad eccezione del Metamitron che è un inibitore della fotosintesi) e permettono alla pianta di potenziare il naturale processo di cascola fisiologica in modo da raggiungere un carico di frutti ideale.

4.3.1 NAD – amide dell'acido naftalenacetico

Il NAD, amide dell'acido naftalenacetico, così come l'acido naftalenacetico (NAA) stesso di cui parleremo in seguito, sono molecole derivate dal naftile e analoghi strutturali delle auxine, che agiscono sul bilancio ormonale della pianta con effetto diradante. La modalità di azione delle due molecole è molto simile: esse provocano una riduzione dell'attività fotosintetica con

conseguente mancata traslocazione delle sostanze nutritive verso i semi che vanno incontro ad aborto. Oltre a ciò, le auxine sintetiche rafforzano l'esportazione di auxine naturali e la riduzione della loro produzione: dopo la degradazione dell'ormone di sintesi si ha quindi un'improvvisa carenza. Il mancato sviluppo dei semi e le carenze ormonali impediscono un regolare sviluppo dei frutti con conseguente cascola selettiva dei frutticini poco sviluppati. La differenza tra NAD e NAA è legata sostanzialmente alla persistenza: il NAD ha un'attività più lenta e contenuta ma più prolungata nel tempo (si parla di alcuni giorni rispetto alle poche ore del NAA), che si esalta su piante vigorose e con condizioni meteorologiche di elevata umidità e temperatura di 18 – 20 °C (Dorigoni, 2003).

L'amide si applica da inizio caduta petali dei fiori su rami dell'anno fino a fine fioritura; il periodo di applicazione coincide con quello dei diradanti fiorali, eppure l'azione del NAD è a livello dei frutti, motivo per cui è più corretto considerarlo un post-fiorale. Risulta efficace sulla maggior parte delle cultivar coltivate e pertanto molto consigliato per via del precoce diradamento selettivo che induce. Non è tollerato da varietà quali Red delicious, Fuji e Breaburn visto che la sua applicazione porta facilmente alla formazione di frutti pigmei (Candioli, 2023b; Gosch et al., 2009; Sansavini and Ranalli, 2012).

4.3.2 NAA – acido naftalenacetico

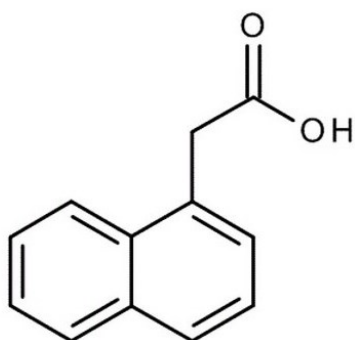


Figura 8 - NAA, acido naftalenacetico.

diradante è scarso e c'è un alto rischio di formazione di frutti pigmei. In ordine temporale è quindi il secondo diradante post-fiorale che si utilizza, e viene solitamente applicato insieme alla benziladenina in modo da aumentarne l'efficacia. La percentuale di NAA presente nei formulati commerciali varia dal 3 all'8%; in base a ciò la dose consigliata va da 4 a 15 ml/hl per una concentrazione finale della miscela piuttosto bassa (2 – 20 ppm) così da non avere effetti collaterali sgraditi sui frutti (Candioli, 2023b; Sansavini and Ranalli, 2012).

4.3.3 BA – 6-benziladenina

La benziladenina (**Figura 9**) è una citochinina sintetica ad azione fogliare; la sola applicazione

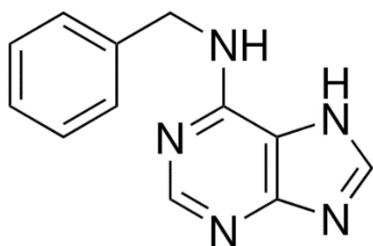


Figura 9 - BA, 6-benziladenina.

sui frutti non avrebbe infatti alcun effetto diradante. La BA stimola la crescita e la ramificazione dei germogli laterali che sottraggono risorse ai frutti; in questo modo si crea competizione tra germogli e corimbi, corimbi e corimbi e anche frutti dello stesso corimbo. Questo stress nutrizionale porta all'abscissione dei frutti laterali più piccoli e deboli. La

finestra di applicazione dei prodotti a base di benziladenina è tra i 10 e i 12 mm dei frutti centrali su legno vecchio: al momento dell'utilizzo è ottimale umidità del 60 – 70% e temperatura di 20 – 25 °C. Questo principio attivo è spesso usato in miscela con NAA su Golden Delicious, Gala, Pinova ed Evelina per completare il diradamento (Candioli, 2023b).

Come già detto, il fenomeno della cascola e l'azione diradante dei vari prodotti commerciali sono influenzati da molti fattori ambientali: nel corso degli anni un importante studio ha cercato di approfondire anche il ruolo dei fattori endogeni. Lo stress nutrizionale indotto da 6-BA nell'albero viene percepito inizialmente dalla cortex dei frutti e la sua crescita si blocca; questo segnale viene poi trasdotto a livello dei semi e avviene così il blocco dell'embriogenesi e l'attivazione della zona di abscissione. Alla base di tutto ciò ci sono dei meccanismi molecolari piuttosto complessi: per valutare il potenziale di cascola dei vari frutticini sono stati presi in considerazione due importanti indicatori di abscissione sui frutti di melo, ossia la biosintesi di etilene nei frutti stessi e l'espressione del gene 1-amminociclopropano-1-carbossilato ossidasi (*MdACO1*). Dopo il trattamento con BA è stato riscontrato un picco di biosintesi dell'etilene e un aumento della trascrizione del gene *MdACO1* nella cortex dei frutticini più deboli e pronti ad abscindere. Lo studio è stato possibile anche grazie alle peculiarità dell'infiorescenza del melo: il corimbo presenta infatti una sua gerarchia (**Figura 10**) visto che il *king flower*, che fiorisce in anticipo rispetto ai fiori laterali, assume dominanza su questi ultimi. Il modello gerarchico tra centrale e laterali, ma anche tra laterali stessi, rende i frutti dei *sink* di forza diversa. Il trasporto dei nutrienti nelle piante avviene sempre da *source* (fonte) a *sink* (bacino), ed essendo i frutti *sink* di importanza diversa i nutrienti sono indirizzati verso i frutti centrali che manifestano superiorità sui laterali che tendono quindi ad abscindere. Molto spesso i frutti più deboli cascolano naturalmente (meccanismo messo a

punto dell'albero per regolare la produzione) o per azione dei diradanti florali; lo scopo della BA è quindi quello di indurre la cascola anche dei laterali più grandi e simili al centrale aumentando di fatto il diametro medio dei frutti che cadono. La benziladenina non provoca cambiamenti nelle dinamiche di distacco, bensì amplifica il processo portando all'abscissione controllata e selettiva di un numero maggiore di frutticini laterali. Questo è possibile grazie al gradiente di dominanza del corimbo e agli eventi molecolari che avvengono nei frutti in base proprio alla loro gerarchia (Botton et al., 2011).



Figura 10 - Gerarchia nel corimbo: la fioritura anticipata del king flower (A) permette uno sviluppo maggiore del frutto centrale (C) rispetto ai laterali (L1, L2, L3) che abscindono più facilmente. Immagine tratta da Botton et al., 2011.

4.3.4 Metamitron

Il metamitron, formula chimica $C_{10}H_{10}N_4O$, è una sostanza attiva ampiamente utilizzata come diserbante pre o post emergenza nella coltivazione della barbabietola da zucchero. Nel 2014 è stato registrato in Italia su melo e pero il Brevis[®], un prodotto diradante proprio a base di metamitron. Questo formulato viene applicato con diametro dei frutti più grossi da 10 a 16 mm (finestra ottimale tra 10 e 14 mm); è importante impiegarlo esclusivamente su vegetazione asciutta, con umidità preferibilmente elevata, a temperatura di 12 – 15 °C ma inferiore a 25 °C e a volume di miscela normale (12 – 15 hl/ha) in dose di 100 – 180 g/hl. È possibile effettuare al massimo due trattamenti all'anno, e in base alla varietà e all'effetto diradante che si vuole ottenere il Brevis[®] può essere utilizzato come solo prodotto post-fiorale dopo NAD e BA, oppure in alternativa alla miscela NAA + BA. È consigliato principalmente su

Gala, Guji, Red Delicious e Golden Delicious di collina, ma non sono segnalati particolari problematiche nemmeno sulle altre classiche cultivar coltivate (Candioli, 2023b).

Il metamidron è un inibitore della fotosintesi che blocca/riduce l'attività fotosintetica della pianta per 2-3 settimane; questa molecola ad azione sistemica inibisce infatti il fotosistema II (PSII) bloccando il trasferimento di elettroni tra i chinoni principali (Q_A) e secondari (Q_B). Di conseguenza, il trasporto degli elettroni fotosintetici viene interrotto, portando alla concomitante inibizione della produzione di ATP e della fissazione del carbonio (Abbaspoor et al., 2006). La pianta si troverà, in seguito a questa inibizione, di fronte ad una carenza di fotosintetati e sarà costretta a riequilibrare il potenziale produttivo attraverso la cascola dei frutti per evitare uno stress nutrizionale eccessivo. Come nel caso della benziladenina, un ruolo chiave è svolto dalla gerarchia dei corimbi: una gerarchia marcata permetterà una cascola più facile e selettiva dei frutticini laterali più deboli, mentre una gerarchizzazione inferiore dei frutti porta spesso un effetto difficile da prevedere con rischio di sovradiradamento o sottodiradamento. L'efficacia del Brevis dipende principalmente dalla radiazione solare e dalle temperature notturne che si verificano a partire da cinque giorni prima del trattamento fino ai cinque giorni successivi; nel caso di radiazione solare elevata e temperature notturne basse, l'attività fotosintetica della pianta sarà elevata durante il giorno ma il metabolismo della pianta durante la notte sarà scarso, con un basso utilizzo di fotosintetati. L'effetto diradante sarà scarso visto che verranno accumulati nutrienti che ridurranno lo stress per la pianta dal momento in cui inizierà l'inibizione della fotosintesi. Al contrario, radiazione solare bassa e temperatura elevata durante la notte creano una condizione per cui l'attività fotosintetica è scarsa ma la pianta è metabolicamente molto attiva nelle ore notturne, utilizzando importanti riserve di fotosintetati; in questo caso l'effetto diradante sarà molto potente con rischio di cascola eccessiva (Gonzalez Nieto et al., 2023).

5 Approfondimento sul dirado chimico su melo in agricoltura biologica

Il Reg. (UE) 848/2018, entrato in vigore il primo gennaio 2022, abroga il Reg. (CE) 834/2007 e definisce la produzione biologica come *“un sistema globale di gestione dell’azienda agricola e di produzione alimentare basato sull’interazione tra le migliori prassi in materia di ambiente ed azione per il clima, un alto livello di biodiversità, la salvaguardia delle risorse naturali e l’applicazione di criteri rigorosi in materia di benessere degli animali e norme rigorose di produzione confacenti alle preferenze di un numero crescente di consumatori per prodotti ottenuti con sostanze e procedimenti naturali. La produzione biologica esplica pertanto una duplice funzione sociale, provvedendo, da un lato, a un mercato specifico che risponde alla domanda di prodotti biologici da parte dei consumatori e, dall’altro, fornendo al pubblico beni che contribuiscono alla tutela dell’ambiente, al benessere degli animali e allo sviluppo rurale”*.

Quando si parla di biologico non si fa dunque riferimento alla sola riduzione di prodotti fitosanitari utilizzabili per la difesa, ma si ha uno sguardo più ampio che considera l’intero ecosistema agricolo in termini di gestione del suolo, mantenimento della biodiversità, riutilizzo dei sottoprodotti, riduzione del ricorso a fattori di produzione esterni, rotazioni colturali e diserbo. Con lo sviluppo e la specializzazione dell’intero comparto agricolo, queste pratiche sono però spesso adottate anche in agricoltura integrata; ciò che contraddistingue maggiormente l’agricoltura biologica rimane quindi l’utilizzo di soli fertilizzanti organici e il divieto di utilizzo di prodotti chimici di sintesi. Su una coltura come il melo, dove le avversità biotiche, il cotico erboso e la carica produttiva sono fattori molto importanti e difficili da gestire, il limite relativo ai prodotti fitosanitari di sintesi rende la situazione complicata e sicuramente da approfondire, in modo da ottenere risultati sempre più soddisfacenti ed in linea con le richieste quali-quantitative del mercato.

Il diradamento, come spiegato in precedenza, assume sul melo un ruolo fondamentale; nel caso di coltivazioni biologiche, il dirado meccanico e manuale sono pratiche largamente utilizzate che presentano come in ogni altro caso vantaggi e svantaggi. È sicuramente in termini di dirado chimico però che le alternative biologiche non garantiscono grande affidabilità e possibilità di scelta: l’impossibilità di usare prodotti ormonali che agiscono sulla fisiologia della pianta limita la scelta a poche sostanze naturali ad azione fisica che portano

problemi di scarsa selettività; è inoltre praticamente impossibile utilizzare strategie diametralmente opposte a seconda della varietà, della carica di frutti e dell'intensità di dirado voluta ma ci si deve limitare a variare il numero di interventi e la dose ad ettaro.

5.1 Polisolfuro di calcio

Il polisolfuro di calcio è un fungicida impiegato contro l'ascomicete *Venturia inaequalis*, agente di danno della ticchiolatura del melo; non è registrato come prodotto diradante, ma vista l'azione caustica che manifesta sugli organi fiorali è di fatto l'unica possibilità ammessa e diffusa in biologico per il diradamento chimico florale del melo.

Come detto, il polisolfuro di calcio ha un'azione collaterale diradante, visto che ustiona gli organi riproduttivi dei fiori impedendo la fecondazione; con l'applicazione di questo prodotto si replica di fatto la strategia di dirado dell'ATS. Così come tutti i diradanti fiorali è fondamentale utilizzarlo nel momento corretto, in modo da agire sui fiori laterali: in condizioni ottimali si applica solitamente un giorno dopo l'apertura del fiore centrale, in modo che quest'ultimo abbia il tempo di allegare e non essere più sensibile all'azione del polisolfuro e al contempo ci siano già alcuni fiori laterali aperti ma non ancora fecondati. Su varietà difficili da diradare si può ripetere il trattamento dopo un paio di giorni in modo da colpire anche i fiori ad antesi più ritardata. Al contrario, su varietà facili da diradare il polisolfuro di calcio deve essere utilizzato con prudenza per evitare azioni eccessive. La dose utilizzata varia tra 1,5 e 2 kg/hl.

Il problema principale di questo principio attivo è che la sua applicazione su piante giovani o in caso di bagnatura eccessiva porta spesso problemi di fitotossicità. Un altro fattore da considerare nell'adottare strategie di diradamento basate sul polisolfuro di calcio è proprio il fatto che viene utilizzato anche e soprattutto come fungicida per la prevenzione della ticchiolatura: non avendo azione preventiva viene applicato nella finestra di germinazione per controllare l'infezione in atto, quindi durante la pioggia o comunque a vegetazione bagnata. Se durante la fioritura le condizioni meteorologiche rendono necessari trattamenti di difesa da *Venturia inaequalis*, è importante considerare che il polisolfuro di calcio può avere effetto diradante ed è quindi necessario tarare altri eventuali interventi mirati per il solo diradamento (Candioli, 2023a).

5.2 Olio minerale

Un'alternativa al polisolfuro di calcio, anche se spesso utilizzato per completarne l'azione, è l'olio minerale. Questo prodotto viene applicato quando i frutti centrali raggiungono un diametro di 14-16 mm e come tutti i prodotti post-fiorali non ha alcun'influenza positiva sul ritorno a fiore ma viene impiegato con il solo scopo di aumentare la cascola. L'azione diradante dell'olio è in realtà un effetto collaterale: esso, infatti, agisce come antitrspirante e come tale riduce l'efficienza fotosintetica inducendo uno stress nutritivo che obbliga la pianta a riequilibrare il carico fruttifero per gestire al meglio le risorse rimanenti (Carlo Bridi, 2013). In tal senso sarebbe importante capire se la cascola indotta è selettiva e se questa selettività dipenda dalla gerarchia dei vari corimbi, in modo da adeguare il trattamento alle condizioni effettivamente espresse.

Solitamente si effettuano uno o due trattamenti a distanza di quattro o cinque giorni a dose di 1-1,2 L/hL; è molto importante distanziare l'applicazione dell'olio minerale da trattamenti a base di polisolfuro di calcio o zolfo per evitare problemi di fitotossicità. L'effetto diradante dipende molto da clima, dalle condizioni metereologiche e dalla varietà: temperature elevate nelle ore notturne e giornate nuvolose nei giorni successivi all'applicazione inducono un'azione molto energica. Inoltre, è importante valutare attentamente l'applicazione su Kanzi, Red Delicious, Breaburn, Golden Delicious e Pink Lady visto l'alto rischio di fitotossicità che può inoltre portare ad un sovra-diradamento (Candioli, 2023a; Kelderer et al., 2012).

5.3 Le possibili alternative

Un'approfondita ricerca bibliografica ha evidenziato la scarsità di alternative disponibili in agricoltura biologica così come un'insufficiente sperimentazione che rende complicato lo sviluppo e l'ampliamento delle possibilità nel diradamento biologico. Visti alcuni esperimenti effettuati nei primi anni duemila (Enrique Dapena de la Fuente and Alfonso Fernández-Ceballos, 2008; Weibel et al., 2008), le opzioni più credibili da confrontare con polisolfuro di calcio e olio minerale sono risultati la borlanda e i sali potassici di acidi grassi.

La borlanda, un sottoprodotto ottenuto dalla fermentazione e distillazione della melassa di barbabietola, contiene naturalmente azoto e potassio e ha quindi mostrato un'azione

fitotossica sugli organi fiorali sensibili, inibendo così la germinazione del polline o del tubetto pollinico. La prova effettuata in Svizzera ha testato diversi prodotti a base di borlanda (K – Vinasse, light – vinasse, N – Vinasse e NK – Vinasse) ed ha evidenziato come sia il contenuto di azoto a determinare l'effetto diradante; per evitare fitotossicità si devono evitare concentrazioni di azoto superiori al 10%. Come per qualsiasi altro diradante florale risultano poi fondamentali il periodo di applicazione e le condizioni climatiche al momento del trattamento: i migliori risultati arrivano da una doppia applicazione a fioritura completa e a fioritura completa dei germogli di un anno con trattamenti effettuati in giornate calde e soleggiate con temperatura superiore ai 18 – 20 °C (Weibel et al., 2008).

I sali potassici sono anch'essi stati utilizzati in alcune prove sperimentali come diradanti fiorali e applicati, in comparazione con il polisolfuro di calcio, due volte durante la piena fioritura e una settimana dopo. I risultati hanno mostrato un'ottima capacità diradante seppur in relazione alle condizioni metereologiche (Enrique Dapena de la Fuente and Alfonso Fernández-Ceballos, 2008). L'applicazione ad una settimana dalla piena fioritura va per forza di cose ad agire su un frutticino in via di formazione piuttosto che sul fiore ancora da fecondare, ed è così plausibile pensare che i sali potassici possano alterare fisicamente la superficie dei frutticini o agire da antitraspiranti causando la cascola dei frutti stessi.

6 Approccio sperimentale

L'obiettivo principale di questo studio è quello di effettuare una prova pilota su due varietà di melo con diversa attitudine al diradamento (difficile da diradare vs autodiradante), al fine di valutare l'efficacia di diversi prodotti diradanti utilizzati in agricoltura biologica. In particolare, la sperimentazione si focalizza sul monitoraggio dei singoli corimbi di ogni albero, trattandoli come entità autonome, per ottenere un numero significativo di dati e migliorare l'analisi comparativa dei risultati.

La sperimentazione mira a confrontare l'efficacia di diradanti già utilizzati in agricoltura biologica con quella di due prodotti non ancora impiegati specificatamente per questo scopo.

I diradanti già affermati includono:

- **Polisolfuro di calcio (Sapuli, Chemia):** un diradante florale impiegato durante il periodo di piena fioritura per la sua capacità di inibire lo sviluppo dei fiori e ridurre il carico di frutta finale.
- **Olio minerale (Biolid UP, Sipcarn):** utilizzato come diradante post florale, questo prodotto agisce attraverso un'azione fisica che limita la formazione del frutto attraverso la copertura del frutto stesso e la riduzione della respirazione.

I prodotti sperimentali testati in questo studio comprendono:

- **Borlanda (Betabio Active, ED & F Man):** 3% di azoto organico e 5% di K_2O , un prodotto ammesso in agricoltura biologica, applicato durante la fioritura per valutarne l'efficacia in confronto al polisolfuro di calcio. La borlanda è tipicamente utilizzata come fertilizzante, ma il suo impiego come diradante è ancora da esplorare.
- **Sali potassici di acidi grassi insaturi (Flipper, Bayer Crop Science):** un insetticida biologico che contiene sali potassici di acidi grassi insaturi $C_{14}-C_{20}$ (479.8g/L). In questo studio, il Flipper verrà utilizzato per confrontare la sua efficacia come diradante post florale rispetto all'olio minerale. L'interesse per il Flipper risiede nella sua azione fisica, che potrebbe offrire un meccanismo alternativo per il diradamento dei frutti.

Ogni corimbo sarà trattato e monitorato come se fosse una entità indipendente, consentendo un'analisi statistica comparativa dell'efficacia dei diversi trattamenti anche con pochi alberi a

disposizione. Questo approccio consente di raccogliere un ampio spettro di dati quantitativi e qualitativi, migliorando la robustezza delle conclusioni derivanti dall'analisi comparativa.

Questo studio offre l'opportunità di ampliare le opzioni disponibili per il diradamento biologico del melo, identificando potenziali nuovi utilizzi per prodotti esistenti e migliorando le pratiche attuali. I risultati potrebbero avere un impatto significativo sulla gestione sostenibile dei meleti, offrendo soluzioni più efficaci e rispettose dell'ambiente per la regolazione del carico di frutta.

6.1 Schema della sperimentazione

La prova è stata condotta nel frutteto didattico dell'Azienda Agraria Sperimentale "L. Toniolo", ed ha interessato un unico filare di alberi (**Figura 11**) costituito da 10 alberi della cv Renè Civren seguiti da altri 10 della cv Gaia, disposte con un sesto d'impianto di 4,5 m x 2,0 m ed allevate a Solaxe su portinnesto M9 T337 (Renè Civren, RC) e M9 (Gaia, G). Le varietà su cui sono stati effettuati i trattamenti sono appunto Renè Civren, varietà resistente alla ticchiolatura e mediamente sensibile all'oidio ma soprattutto autodiradante ed in grado di mantenere naturalmente uno o due frutti per corimbo, e Gaia, varietà a maturazione estiva molto simile a Gala ma resistente a ticchiolatura. Nell'analizzare i dati raccolti vedremo come l'influenza varietale ha giocato un ruolo molto importante, motivo per il quale potrebbe essere interessante, in futuro, applicare i medesimi trattamenti su varietà più diffuse come Golden delicious, Gala o Fuji. Come già anticipato, i prodotti utilizzati sono stati:

- Polisorfuro di calcio in dose di 15 g/L (1,5 kg/hl) su Renè Civren e 20 g/L (2,0 kg/hl) su Gaia.
- Borlanda al 3% di N in dose di 100 ml/L (10%) sia su Renè Civren che su Gaia.
- Olio minerale in dose di 12 ml/L (1,2 L/hl) sia su Renè Civren che su Gaia.
- Flipper in dose di 80 ml/L (8 L/hl) sia su Renè Civren che su Gaia.

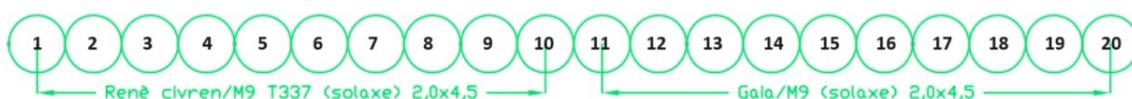


Figura 11 - Filare del frutteto didattico interessato dalla prova

Per poter differenziare il più possibile la prova su un campione di piante piuttosto ristretto abbiamo effettuato i trattamenti manualmente albero per albero nel seguente ordine:

1. Albero 1 RC: testimone non trattato.
2. Albero 2 RC: testimone non trattato.
3. Albero 3 RC: singola applicazione di polisolfuro di calcio seguita da olio minerale.
4. Albero 4 RC: doppia applicazione di polisolfuro di calcio seguita da Flipper.
5. Albero 5 RC: singola applicazione di borlanda seguita da olio minerale.
6. Albero 6 RC: doppia applicazione di borlanda seguita da Flipper.
7. Albero 7 RC: unica applicazione di olio minerale.
8. Albero 8 RC: unica applicazione di olio minerale.
9. Albero 9 RC: unica applicazione di Flipper.
10. Albero 10 RC: unica applicazione di Flipper.
11. Albero 11 G: doppia applicazione di polisolfuro di calcio seguita da olio minerale.
12. Albero 12 G: doppia applicazione di polisolfuro di calcio seguita da Flipper.
13. Albero 13 G: doppia applicazione di borlanda seguita da olio minerale.
14. Albero 14 G: doppia applicazione di borlanda seguita da Flipper.
15. Albero 15 G: unica applicazione di olio minerale.
16. Albero 16 G: unica applicazione di olio minerale.
17. Albero 17 G: unica applicazione di Flipper.
18. Albero 18 G: unica applicazione di Flipper.
19. Albero 19 G: testimone non trattato.
20. Albero 20 G: testimone non trattato.

Oltre a questa suddivisione, sono stati etichettati dieci corimbi per albero (cinque sul lato est, cinque sul lato ovest) in modo da monitorare l'effetto dei vari trattamenti corimbo per corimbo. Questo ci ha permesso di ottenere un numero più significativo di dati, ma anche di valutare come la differente composizione del corimbo stesso possa influire sulla cascola dei vari frutticini.

6.2 Rilievi e applicazione dei prodotti

L'inizio della sperimentazione è datato 4 aprile 2024, data in cui sono stati scelti ed etichettati i dieci corimbi per albero come descritto in precedenza, tramite appositi cartellini su cui è stato riportato il numero dell'albero ed il numero del corimbo. Oltre a ciò, è stata posta una fascetta sul fiore centrale in modo da poter monitorare la crescita del frutto centrale e programmare nel migliore dei modi i trattamenti successivi, oltre a capire se i prodotti utilizzati avessero buona selettività o meno nei confronti del frutto centrale stesso (**Figura 12**). Tutte queste operazioni ci hanno permesso di valutare anche lo stadio fenologico e l'omogeneità della fioritura delle piante e capire con precisione quando applicare i diradanti. Già a questo punto si è evidenziata la prima differenza varietale; su Renè Civren, infatti, i fiori aperti erano il 31,42%, mentre su Gaia solo il 10,97%.



Figura 12 - Corimbo segnato e numerato con apposito cartellino; sul fiore centrale si può notare una fascetta in plastica in modo da riconoscere poi il frutto durante tutto il periodo di accrescimento.

Il primo trattamento florale è stato effettuato l'8 aprile 2024 allo stadio fenologico di F2 (piena fioritura) con il 94,33% di fiori aperti in Renè Civren e l'89,56% in Gaia; tale condizione, come analizzeremo più avanti, può avere influito negativamente sulla percentuale di cascola provocata dai diradanti fiorali. Discorso opposto per le condizioni metereologiche che sono risultate ideali: la capannina meteo ARPA di Legnaro ha infatti rilevato una temperatura media nelle ore appena precedenti e successive al trattamento di 21,8 °C. Le piante sono state trattate manualmente con una pompetta a spalla (**Figura 13**) in modo da limitare il più possibile l'effetto deriva che avrebbe potuto facilmente alterare i risultati della prova; il volume di applicazione utilizzato è stato di 0,75 L/pianta che sono state così trattate:

- Alberi 3 e 4 RC, polisolfuro di calcio in dose di 15 kg/hl ossia 22,5 g/1,5L
- Alberi 5 e 6 RC, 10% di borlanda ossia 150 ml/1,5 L
- Alberi 11 e 12 G, polisolfuro di calcio in dose di 20 kg/hl ossia 30 g/1,5L
- Alberi 13 e 14 G, 10% di borlanda ossia 150 ml/1,5 L



Figura 13 - Applicazione manuale con pompa a spalla dei diradanti fiorali.

Già il 10 aprile 2024, due giorni dopo il trattamento, gli alberi di Renè Civren e Gaia trattati con borlanda mostravano un forte imbrunimento dei petali (**Figura 14**), che risultava più lieve in quelli trattati con polisolfuro e assente nei testimoni non trattati. Il secondo trattamento è



Figura 14 - Imbrunimento dei petali

stato effettuato l'11 aprile 2024 con lo scopo di colpire fiori e corimbi laterali con una fioritura più ritardata; in questo caso è stato però cambiato lo schema di esecuzione. Visto la teorica facilità nel diradare la varietà Renè Civren, abbiamo ripetuto il trattamento solo sugli alberi 4 (polisolfuro di calcio) e 6 (borlanda) in modo da valutare poi le eventuali differenze tra la singola e la doppia applicazione. Su

Gaia invece, varietà più difficile da diradare, abbiamo ripetuto il trattamento su tutti gli alberi e con le stesse modalità della prima applicazione. Anche durante questa seconda applicazione le condizioni metereologiche rilevate erano ottimali, con una temperatura media rilevata di 21,7 °C. Già a partire dal 13 aprile 2024 sono iniziate delle periodiche rilevazioni per contare il numero di fiori/frutti rimasti su ogni corimbo e valutare quindi la percentuale di cascola oltre alla sua evoluzione nel tempo in relazione al tipo di trattamento effettuato. Grazie ad un calibro digitale è stata monitorata anche la crescita dei frutti centrali di ogni corimbo segnato, in modo da programmare al meglio il trattamento post-fiorale a base di olio minerale e Flipper, effettuato poi il 29 aprile 2024; sono state trattati 8 alberi su cui prima non era stato applicato alcun prodotto ma anche quelli già interessati dal dirado fiorale, visto che l'effetto non era stato particolarmente elevato. Le modalità di applicazione sono state le medesime del diradamento fiorale, e lo schema d'esecuzione il seguente:

- Alberi 1 e 2: testimoni non trattati (UTC)
- Albero 3: polisolfuro di calcio + olio minerale
- Albero 4: polisolfuro di calcio 2x + Flipper
- Albero 5: borlanda + olio minerale
- Albero 6: borlanda 2x + Flipper
- Alberi 7 e 8: olio minerale
- Alberi 9 e 10: Flipper

- Albero 11: polisolfuro di calcio 2x + olio minerale
- Albero 12: polisolfuro di calcio 2x + Flipper
- Albero 13: borlanda 2x + olio minerale
- Albero 14: borlanda 2x + Flipper
- Alberi 15 e 16: olio minerale
- Alberi 17 e 18: Flipper
- Alberi 19 e 20: testimoni non trattati

L'obiettivo era quello di effettuare i trattamenti con un diametro dei frutti centrali di 14 – 16 mm: la calibratura effettuata il giorno stesso ha evidenziato un diametro medio di Renè Civren di 16,10 mm (UTC + alberi non trattati) e di Gaia di 16,20 mm (UTC + alberi non trattati) che differivano leggermente dal diametro medio degli alberi già trattati (15,39 mm per Renè Civren, 15,94 mm per Gaia). Le dosi utilizzate sono in questo caso e stesse per tutti gli alberi: l'olio minerale, come consigliato dalla Fondazione Edmund Mach (Candioli, 2023a), è stato applicato in dose di 1,2 L/hl (per 8 alberi trattati, 72 ml su 6 L d'acqua) mentre il Flipper in dose di 8 L/hl (per 8 alberi trattati, 480 ml su 6 L d'acqua); la dose massima di applicazione di quest'ultimo formulato è di 20 L/ha, che considerando un volume di applicazione di 1000 L/ha corrisponde a 2 L/hl. Per sperare in un buon effetto diradante abbiamo dovuto lavorare in sovradosaggio (dall'uno al quattro %) ed aumentare consistentemente la dose.

Già a partire dal giorno del trattamento sono stati calibrati tutti i frutti di tutti i corimbi in modo da poter conoscere la gerarchia dei corimbi stessi e valutare l'influenza di quest'ultima sulla cascola; la calibratura ha indirettamente anche permesso di contare il numero di frutti per corimbo in modo da risalire, con le calibrature seguenti, al numero di frutti caduti. Le rilevazioni successive sono avvenute di settimana in settimana a partire dal 6 maggio 2024 fino al 20 maggio 2024, con un'ultima calibratura il 19 giugno 2024, giorno in cui si è conclusa la raccolta dati. Nei primi giorni post trattamento i fenomeni di cascola sono stati esigui, ma si è subito notata una marcata fitotossicità sulle foglie di Renè Civren trattate con Flipper, fenomeno che può aver influito sulla cascola che è risultata ben visibile anche ad occhio nudo a partire dal 13 maggio.

6.3 Risultati e considerazioni

I risultati della prova sono indubbiamente interessanti e meritevoli di attenzione visto che l'effetto diradante è evidente in ogni prodotto testato seppur in maniera diversa a seconda della varietà.

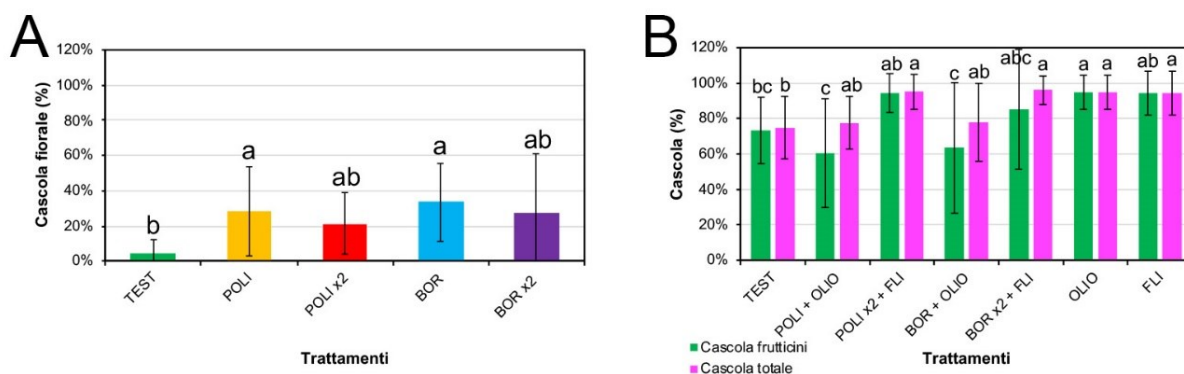


Figura 15 – Grafico relativo alle percentuali di cascola manifestate da Renè Civren in base alle diverse combinazioni di trattamenti. Il grafico A fa riferimento alla cascola provocata dal diradamento fiorale, mentre il grafico B alla cascola dei soli frutticini (verde) e totale (fucsia). TEST, testimone non trattato; POLI, polisolfuro di calcio, BOR, borlanda; OLIO, olio minerale; FLI, Flipper. Lettere diverse rappresentano una differenza statisticamente significativa ($P < 0.05$). Le barre indicano la deviazione standard.

Nel grafico mostrato in **Figura 15** sono raffigurati i risultati dei trattamenti diradanti fiorali e sui frutticini per gli alberi di RC trattati con polisolfuro di calcio e borlanda in singola o doppia applicazione (A), o con olio minerale e Flipper da soli o in successione ai trattamenti fiorali (B). Per quanto riguarda i trattamenti fiorali, entrambe le singole applicazioni di polisolfuro di calcio e borlanda sono risultate efficaci nello stimolare una cascola fiorale significativamente maggiore (+25% per il polisolfuro e +30% per la borlanda) rispetto a quella del testimone. Seppur si notino delle differenze tra applicazioni singole e doppie, il risultato dell'ANOVA (analisi della varianza) dice chiaramente che tali differenze non sono statisticamente significative. A tal proposito, curioso è il fatto che il doppio trattamento, sia a base di polisolfuro che di borlanda, abbia avuto un effetto minore rispetto al singolo; una possibile spiegazione sta nell'epoca di applicazione del secondo trattamento che è risultata, molto probabilmente, eccessivamente ritardata e con un elevato numero di fiori già aperti e fecondati. A questo punto la seconda applicazione è risultata inutile e anzi può aver apportato elementi nutritivi come calcio, azoto e potassio che hanno influenzato negativamente anche la prima applicazione. Per analizzare l'effetto del trattamento post fiorale è doveroso evidenziare il fatto che la cascola provocata esclusivamente da olio minerale e Flipper è stata

calcolata distintamente da quella totale provocata da entrambi i trattamenti, fiorale e post fiorale. Gli alberi da analizzare con più attenzione sono indubbiamente quelli interessati dalla combinazione polisolfuro 2x + Flipper e borlanda 2x + Flipper: essi presentano i valori di cascola totale maggiore (rispettivamente 95% e 96%) con una differenza statisticamente significativa rispetto ai testimoni non trattati. Gli alberi trattati singolarmente con polisolfuro e borlanda, seguiti da olio minerale in entrambi i casi, nonostante partissero da una cascola fiorale superiore, non hanno mostrato differenze significative rispetto ai testimoni evidenziando una percentuale di cascola inferiore, seppur non statisticamente significativa, rispetto agli alberi trattati con il doppio fiorale seguito dal Flipper. Una prima considerazione superficiale porterebbe a pensare ad un'azione migliore del Flipper rispetto all'olio minerale: a parità di condizioni però, ossia sulle piante trattate esclusivamente con diradanti post fiorali, la cascola è pressoché identica e quasi totale visto che sono state registrate percentuali del 95% (olio) e 94% (Flipper). A questo punto viene da pensare che il risultato sia condizionato dalla gerarchia dei corimbi: come spiegato nel corso della tesi, la cascola è influenzata, tra le altre cose, dalla gerarchia dei corimbi: è plausibile che una cascola fiorale maggiore, che ha ridotto il numero di fiori totale e conseguentemente il numero di fiori per corimbo sulle piante trattate, abbia contribuito a generare corimbi con gerarchia minore, e quindi più difficili da diradare con i prodotti da applicare sui frutticini. Uno sguardo attento e complessivo al grafico sia per quanto riguarda le differenze statistiche che le percentuali di cascola lascia comunque un dubbio per via dei risultati ottenuti sui testimoni non trattati, che hanno raggiunto livelli di cascola in alcuni casi molto simili alle piante trattate: questo effetto può essere sicuramente riconducibile alla capacità autodiradante della Renè Civren che può aver influenzato la cascola così come l'efficacia dei prodotti utilizzati.

I risultati ottenuti su Gaia (**Figura 16**) sono diametralmente opposti e dimostrano ancora una volta quanto forte sia l'influenza varietale sul diradamento del melo. Il diradamento fiorale (A) dovuto al doppio trattamento con polisolfuro (28% di cascola fiorale) non è significativamente differente rispetto a quello indotto dal doppio trattamento con borlanda (30% di cascola fiorale); entrambi hanno però ridotto il numero di fiori rispetto a quanto avvenuto sui testimoni dove la cascola è stata minima (3%). Sono però i risultati ottenuti in seguito a manifestare importanti differenze rispetto alla prova effettuata su Renè Civren: come vediamo, l'effetto sommato dei prodotti ha mostrato, sulla cascola totale, risultati diversi ma

con differenze statistiche non significative. Fa invece specie che la cascola dei soli frutti sui testimoni (24%) sia addirittura superiore alla cascola avuta su tutte le altre piante, ad eccezione di quelle trattate esclusivamente con i prodotti post fiorali, seppure senza un supporto statistico. Anche in questo caso la possibile spiegazione di questo fenomeno è probabilmente legata alla gerarchia dei corimbi, maggiore sulle piante non trattate con diradanti fiorali e quindi più soggette a cascola dei frutticini. I risultati migliori in termini di percentuali sono stati ottenuti con l'utilizzo del Flipper, da solo o dopo borlanda, a dimostrazione del fatto che, in termini di efficacia, può competere con il già utilizzato olio minerale.

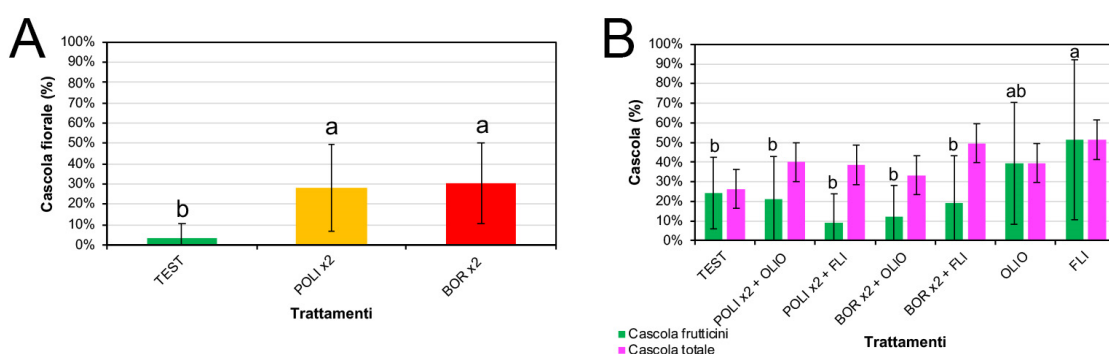


Figura 16 – Grafico relativo alle percentuali di cascola manifestate da Gaia in base alle diverse combinazioni di trattamenti. Il grafico A fa riferimento alla cascola provocata dal diradamento fiorale, mentre il grafico B alla cascola dei soli frutticini (verde) e totale (fucsia). TEST, testimone non trattato; POLI, polisolfuro di calcio, BOR, borlanda; OLIO, olio minerale; FLI, Flipper. Lettere diverse, ove presenti, rappresentano una differenza statisticamente significativa ($P < 0.05$). Le barre indicano la deviazione standard.

Per andare oltre alle semplici percentuali di cascola, è stata dapprima valutata la gerarchia dei corimbi al momento dell'applicazione dell'olio minerale e del Flipper, per provare a capire come essa influenzi la successiva cascola. Nel grafico sottostante (**Figura 17**) è riportata la cascola finale in relazione all'indice di gerarchia, calcolato secondo una specifica formula matematica che mette in relazione il diametro del frutto centrale con il diametro dei frutti laterali (dati non pubblicati); come si può vedere la situazione è molto diversa tra Renè Civren (A) e Gaia (B). Nel caso di RC, osserviamo la classica distribuzione delle varietà facili da diradare: precedenti esperimenti hanno infatti prodotto oltre dodicimila record che nel loro insieme danno indicazioni molto simili ai dati raccolti per la presente tesi (comunicazione personale Prof. A. Botton). Si può notare come casi di cascola pari a zero sono eventi particolari legati a corimbi di solo uno o due frutti, mentre la probabilità di cascola aumenta con l'aumentare della gerarchia del corimbo: esistono sì casi di cascola totale con gerarchia bassa,

ma non casi di cascola bassa con gerarchia alta, a dimostrazione della tendenza di Renè Civren ad essere facilmente diradabile. I corimbi prodotti dalla varietà Gaia presentano invece una gerarchia molto bassa che va di pari passo con una cascola inferiore rispetto a RC. Queste considerazioni sono supportate dall'analisi statistica, secondo la quale le gerarchie medie di ogni albero non sono significativamente differenti tra di loro e, conseguentemente, la varianza all'interno di ogni gruppo di corimbi di ogni albero è più o meno la stessa.

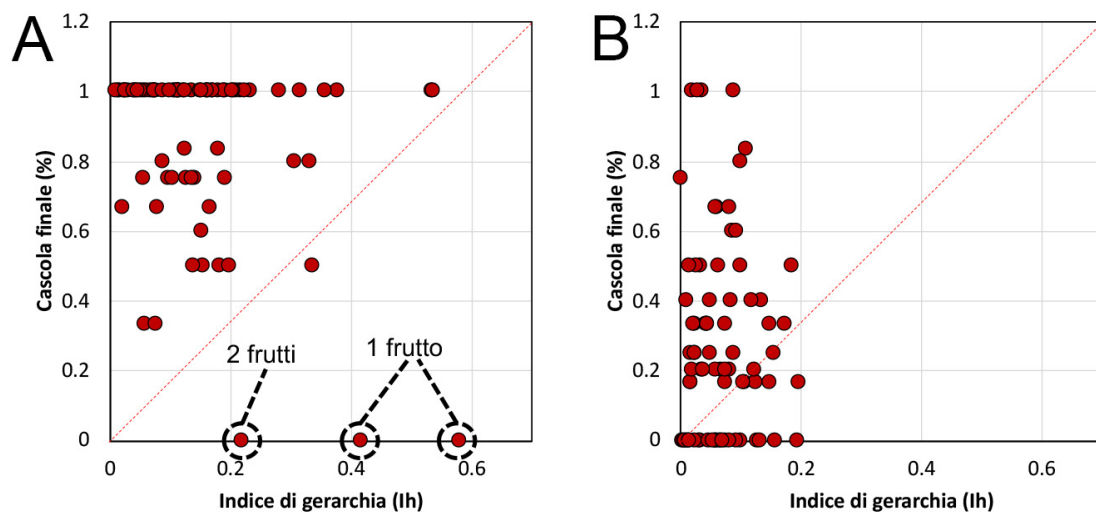


Figura 17 - Il grafico sottostante raffigura l'indice di gerarchia rapportato alla percentuale di cascola finale. Nel caso di Renè Civren (A) notiamo la distribuzione classica delle varietà facili da diradare, mentre nel caso di Gaia (B) la gerarchia è molto bassa e quindi tipica delle varietà difficili a diradare. Il calcolo delle Ih (indice di gerarchia) è frutto di una formula matematica sviluppata in recenti prove sperimentali, sulle quali non è però ancora stato pubblicato nulla (comunicazione personale Prof. A. Botton).

L'immagine sottostante (**Figura 18**) raffigura l'andamento della cascola in Renè Civren e ci permette quindi di approfondire le dinamiche della cascola stessa così come il numero di frutti persistenti. Le lettere indicano gli alberi in questo modo:

- A e B → testimoni non trattati
- C → polisolfuro di calcio + olio minerale
- D → polisolfuro di calcio 2x + Flipper
- E → borlanda + olio minerale
- F → borlanda 2x + Flipper
- G e H → olio minerale
- I e L → Flipper

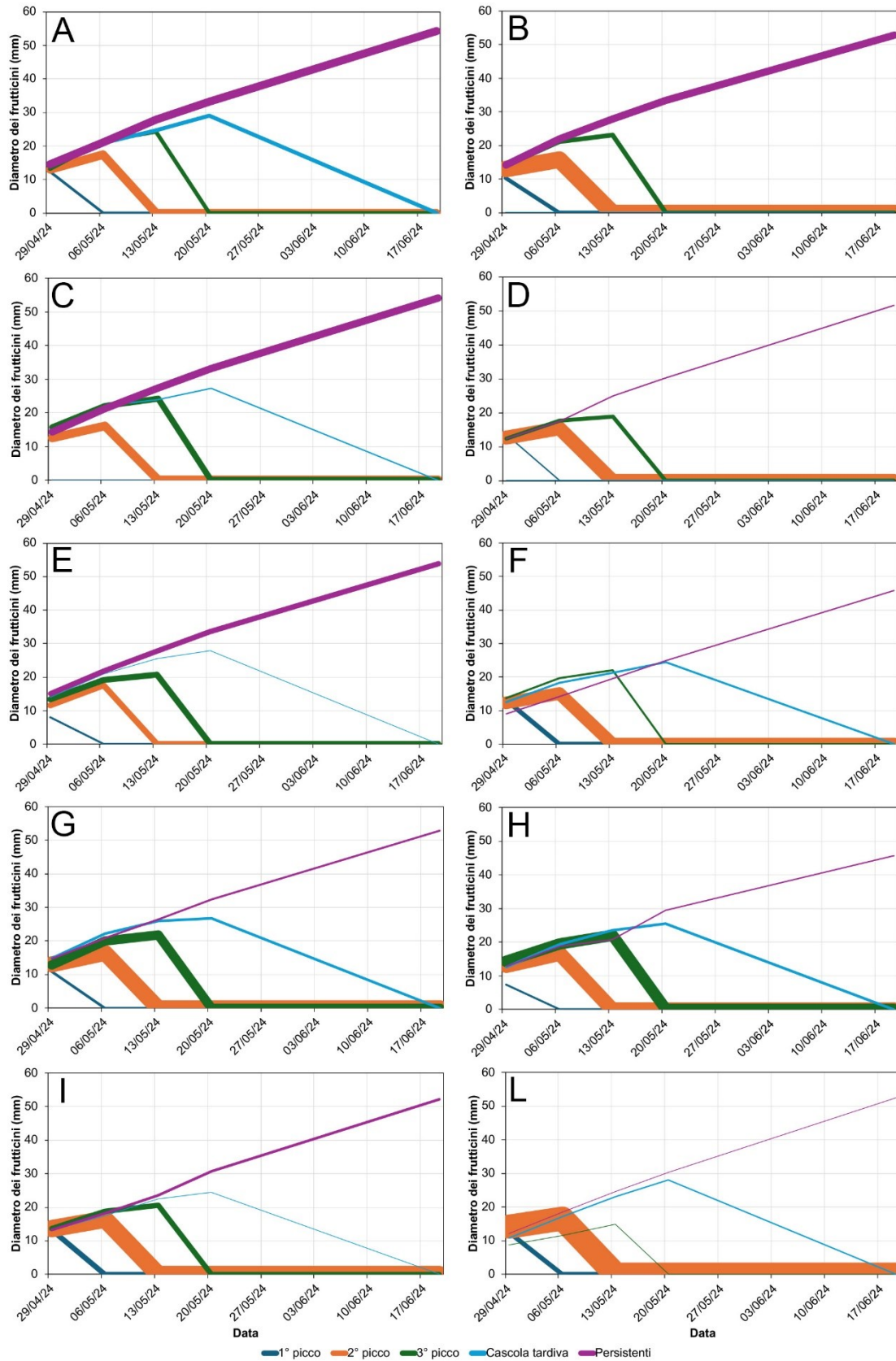


Figura 18 - I grafici riportano l'andamento della cascola avvenuta su Renè Civren albero per albero, evidenziando i picchi di cascola (linee verso il basso) così come la numerosità dei frutti persistenti (proporzionale allo spessore delle linee).

I grafici A e B raffiguranti i testimoni non trattati evidenziano chiaramente come la cascola

fisiologica sia avvenuta prevalentemente durante il secondo picco di cascola, ossia a cavallo tra il 6 maggio e il 13 maggio 2024, con un diametro medio di tutti i frutticini di 23.88 mm; questo fenomeno è poi riscontrabile in maniera più o meno evidente anche in tutti gli altri alberi trattati, come sinonimo del fatto che il dirado chimico va effettivamente a potenziare la cascola fisiologica. La differenza riscontrata precedentemente tra gli alberi trattati con il singolo o il doppio florale è evidente anche in questo caso: gli alberi C (polisolfuro + olio) ed E (borlanda + olio), che hanno subito una cascola florale maggiore rispetto a D (polisolfuro 2x + Flipper) e F (borlanda 2x + Flipper), hanno anche evidenziato un terzo picco di cascola più elevato. D e F invece, che partivano da un numero di frutti più elevato (cascola florale inferiore) hanno perso un numero consistente di frutti durante il secondo picco di cascola, condizionando conseguentemente anche il terzo picco che è stato invece scarso rispetto a C ed E. Come conseguenza a tutto ciò cambia anche il numero dei persistenti (più evidenti in C ed E) anche se già sappiamo che la differenza non è statisticamente significativa. Nei trattamenti post fiorali c'è invece una differenza abbastanza evidente tra G e H (olio) e I e L (Flipper): gli alberi trattati con olio dividono la cascola in maniera abbastanza equa tra il secondo e il terzo picco mentre la cascola provocata da Flipper è prevalentemente avvenuta durante il secondo picco. Questa differenza può essere ipoteticamente legata ad un'azione più energica ed immediata del Flipper rispetto all'olio. Il numero dei persistenti è comunque paragonabile e decisamente troppo basso, sinonimo di un effetto veramente energetico.

Lo stesso schema è ovviamente ripetuto per Gaia (**Figura 19**) in modo da poter evidenziare ancora una volta le importanti differenze tra le due varietà. Le lettere in questo caso raffigurano gli alberi come segue:

- A e B → testimoni non trattati
- C → polisolfuro di calcio 2x + olio minerale
- D → polisolfuro di calcio 2x + Flipper
- E → borlanda 2x + olio minerale
- F → borlanda 2x + Flipper
- G e H → olio minerale
- I e L → Flipper

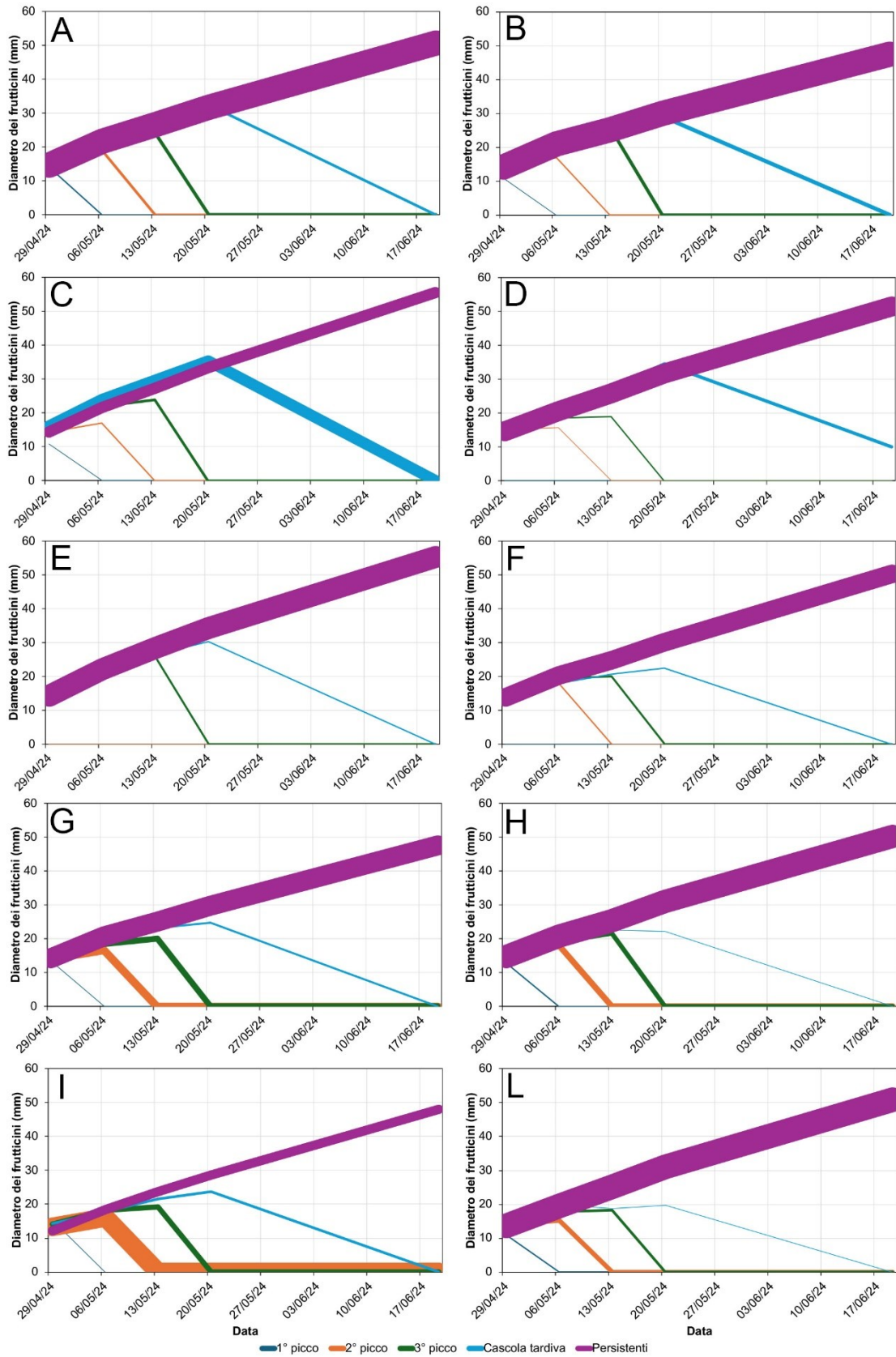


Figura 19 - I grafici riportano l'andamento della cascola avvenuta su Gaia albero per albero, evidenziando i picchi di cascola (linee verso il basso) così come la numerosità dei frutti persistenti (proporzionale allo spessore delle linee).

Sui testimoni non trattati (A e B) notiamo come sia prevalente il numero dei frutti persistenti,

in netto contrasto con quanto osservato su Renè Civren; la cascola non ha infatti avuto picchi prevalenti ma si è distribuita, in maniera poco significativa, lungo tutto il periodo soggetto a monitoraggio. In tutte gli alberi trattati con il doppio fiorale e il post fiorale, non si notano particolari differenze relative sia nel numero di frutti persistenti, sia nei picchi di cascola; l'unica eccezione ben visibile è presente sull'albero C trattato due volte con polisolfuro di calcio e seguito da olio minerale. In questo caso si è infatti verificata un'importante cascola tardiva a cui è difficile attribuire una reale motivazione essendo per l'appunto un caso isolato. Sugli alberi trattati con i soli prodotti post fiorali notiamo, in tendenza con quanto visto su RC, seppur in percentuali differenti, un aumento della cascola durante il secondo e terzo picco, nonostante rimanga alla fine prevalente il numero dei persistenti; questa situazione è probabilmente legata ad un numero di frutti di partenza più elevato che ha facilitato la cascola dei frutticini. Anche in questo caso troviamo comunque un caso isolato in controtendenza con il resto, ossia l'albero trattato con Flipper, in cui cala in maniera evidente il numero di persistenti per via di un'importante secondo picco di cascola. Lo stesso effetto non è però stato riscontrato in L trattato anch'esso con Flipper, motivo per il quale è difficile attribuire una reale motivazione a questa differenza.

7 Conclusioni

Con la presente tesi è stato trattato il dirado del melo su più fronti, in modo da capire l'effettiva importanza di tale pratica agronomica che conta numerose modalità di esecuzione differenti. Uno sguardo attento è stato posto sulle differenze che la medesima pratica, nello specifico, il diradamento chimico, manifesta tra agricoltura integrata e agricoltura biologica. La presente sperimentazione, seppur effettuata su un campione ridotto di piante, ha dato indicazioni interessanti e quantomeno meritevoli di ulteriori approfondimenti in merito al diradamento biologico del melo. I punti di riferimento da cui partire per le dovute considerazioni sono sicuramente i trattamenti combinati con polisolfuro di calcio e olio minerale, visto che ad oggi sono l'unica vera alternativa biologica. Tuttavia, nella prova effettuata, la combinazione polisolfuro – olio non ha dato le garanzie sperate. Infatti, su Renè Civren ha provocato una cascola totale simile ai testimoni non trattati ed inferiore a tutti gli altri campioni, mentre su Gaia ha provocato una cascola tardiva abbondante che ha ridotto il numero di frutti persistenti in confronto agli altri alberi. Lo scopo principale della tesi era comunque quello di sperimentare delle possibili alternative e i risultati ottenuti sia con borlanda che con Flipper hanno dato impressioni positive: entrambi i prodotti hanno avuto effetto diradante ed in alcuni casi hanno addirittura funzionato meglio della già citata accoppiata polisolfuro – olio.

Una considerazione importante deve essere fatta in relazione all'utilizzo del Flipper: nello svolgimento di questa prova sono stati utilizzati dosaggi elevati e superiori ai limiti consentiti, che oltre a rappresentare un ingente costo economico non possono comunque essere ripetuti nella quotidianità delle aziende agricole. Solo un doveroso approfondimento in materia, necessario per migliorare una pratica fondamentale quale il diradamento del melo in agricoltura biologica, e lo svolgimento di successive prove sulle varietà più diffuse, potranno confermare la bontà dei prodotti testati. Come spiegato nel corso della tesi, la melicoltura biologica deve affrontare problemi, quali il diradamento, che la rendono spesso meno competitiva rispetto alla gestione integrata, ed è pertanto fondamentale che la ricerca e la sperimentazione vadano di pari passo con lo sviluppo del mondo agricolo per provare a garantire soluzioni concorrenziali ma soprattutto sostenibili.

8 Bibliografia

- Abbaspoor, M., Teicher, H., Streibig, J. (2006). The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautskycurve parameters in sugar beet. *Weed Research*, 46, 226–235. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00498.x>
- Alvisi Franco et al. (1981). *Il melo*. Reda.
- Botton, A., Eccher, G., Forcato, C., Ferrarini, A., Begheldo, M., Zermiani, M., ... Ramina, A. (2011). Signaling Pathways Mediating the Induction of Apple Fruitlet Abscission. *Plant Physiology*, 155(1), 185–208. <https://doi.org/10.1104/pp.110.165779>
- Bravo, F. D., Gasparri, P., Raeli, M., Bari, C., Cecchini, V., Gennari, N., ... Zanolì, R. (2023). BIO IN CIFRE 2023.
- Candioli, E. (2023a). FRUTTICOLTURA BIOLOGICA Guida pratica alla coltivazione biologica del melo. *Fondazione Edmund Mach, Centro Trasferimento Tecnologico*, (N° 16).
- Candioli, E. (2023b). FRUTTICOLTURA INTEGRATA 2023 Mach Guida pratica alla coltivazione del melo. *Fondazione Edmund Mach, Centro Trasferimento Tecnologico*.
- Carlo Bridi. (2013). Ridurre l'allegagione del melo con un diradamento più tardivo. *Terra e Vita*. Retrieved from <https://terraevita.edagricole.it/nova/nova-frutticoltura-e-orticoltura/ridurre-lallegagione-del-melo-con-un-diradamento-piu-tardivo/>
- Chelli, F. M., Benedictis, L. D., Farina, P., Giovannetti, G., Monducci, R., Pratesi, M., ... Tudini, A. (2022). Evoluzione dell'agricoltura biologica in Italia: un'analisi basata sull'integrazione tra fonti, (4).
- Costa, G., Botton, A. (2018). Dealing with plant bioregulators in Italy: from the introduction to now. *Acta Horticulturae*, (1206), 1–12. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1206.1>
- Dorigoni, A. (2003). Nuovi diradanti del melo da affiancare a quelli già in uso. *La Frutticoltura Nelle Valli Del Noce*.
- Enrique Dapena de la Fuente, Alfonso Fernández-Ceballos. (2008). Thinning of Organic Apple Production with Potassic Soap and Calcium Polysulfide at the North of Spain.
- Giuliano, A., Meo, R. (2022). Il Biologico nel 2021 e il futuro del settore. *Attività di diffusione del Programma DIMECOBIO IV - 2022-2025 realizzato da Ismea e Ciheam-Bari*.
- Goldschmidt, E. E. (2005). Regolazione dell'alternanza di produzione negli alberi da frutto.

- Gonzalez Nieto, L., Francescatto, P., Carra, B., Robinson, T. L. (2023). Metamitron Thinning Efficacy of Apple Fruitlets Is Affected by Different Rates, Timings and Weather Factors in New York State. *Horticulturae*, 9(11), 1179. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111179>
- González Noguera, C., Delgado, A., Else, M., Hadley, P. (2023). Apple (*Malus × domestica* Borkh.) dormancy – a review of regulatory mechanisms and agroclimatic requirements. *Frontiers in Horticulture*, 2, 1217689. <https://doi.org/10.3389/fhort.2023.1217689>
- Gosch, C., Stich, K., Treutter, D. (2009). L'azione dei regolatori di crescita sul diradamento. *Frutta e Vite - Rivista Specializzata Del Centro Di Consulenza per La Fruttiviteicoltura*.
- Kelderer, M., Casera, C., Lardschneider, E., Gramm, D., Centro di Sperimentazione Agraria di Laimburg. (2012). Settore di agricoltura biologica CS Laimburg - Sperimentazione 2011. *Frutta e Vite - Rivista Specializzata Del Centro Di Consulenza per La Fruttiviteicoltura*.
- Morettini, A. (1963). *Frutticoltura generale e speciale*. Roma: Reda.
- Sansavini, S., Ranalli, P. (2012). *Manuale di ortofrutticoltura*. Milano: Edagricole.
- Vigl, J. (2009). Modalità di azione di ATS. *Frutta e Vite - Rivista Specializzata Del Centro Di Consulenza per La Fruttiviteicoltura*.
- Weibel, F. P., Chevillat, V. S., Rios, E. (n.d.). Fruit Thinning in Organic Apple Growing with Optimised Strategies including Natural Spray Products and Rope-device.