

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

Campus di Cesena

Corso di Laurea in Viticoltura ed Enologia

Tesi di Laurea in Viticoltura

POTATURA TARDIVA DELLA VITE:
UNO STRUMENTO INNOVATIVO
CONTRO I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Tesi di Laurea di:

Daniele Tontini

Relatrice:

Prof.ssa Ilaria Filippetti

Correlatore:

Dott. Gianluca Allegro

Anno Accademico 2018/2019

INDICE

1. Introduzione	3
2. Impatto del cambiamento climatico sulla viticoltura	4
3. Scopo della tesi	7
4. Tecniche colturali applicabili per rallentare la maturazione tecnologica dell'uva	7
4.1 Potatura minima e semi-minima.....	7
4.2 Tecniche basate sull'induzione di stress fotosintetici calibrati.....	9
4.2.1 Cimatura tardiva dei germogli.....	9
4.2.2 Defogliazione tardiva in post-invaiaitura.....	9
4.2.3 Impiego di sostanze con attività antitraspirante.....	10
4.3 Tecniche basate sull'induzione di meccanismi di competizione nutrizionale tra i vari organi della vite.....	11
4.3.1 Irrigazione tardiva.....	11
4.3.2 Potatura invernale tardiva.....	12
5. Casi Studio	14
5.1 Caso studio "A": Doppia potatura della vite come nuovo strumento di gestione per ritardare la maturazione delle bacche e per controllare la resa.....	14
5.2 Caso studio "B": Doppia potatura della vite come nuova tecnica per allineare maturità tecnologica e maturità fenolica.....	24
6. Conclusioni	31
7. Bibliografia	33
8. Ringraziamenti	37

1. INTRODUZIONE

La viticoltura è una pratica molto antica che nel corso del tempo si è evoluta sia grazie agli usi e costumi nelle varie epoche, sia grazie alla spinta delle nuove conoscenze tecnico-scientifiche acquisite. Gli obiettivi enologici e le avversità da affrontare sono sempre stati i motori di questo sviluppo, ai quali presto si sono affiancate anche esigenze di tipo socio-economico, come per esempio la necessità di meccanizzare gli interventi colturali (Mazzilli, 2019).

Negli ultimi anni, accanto alla consueta esigenza di produrre uve e quindi vini di qualità, sono emersi nuovi aspetti il cui impatto ha fortemente influenzato le scelte e le strategie di ogni viticoltore:

- i disciplinari di produzione dei vini a denominazione d'origine (DOC e DOCG), hanno imposto vincoli più restrittivi sulla resa e attualmente si attestano in un intervallo compreso tra 8 e 12 t/ha (Fregoni, 2005);
- la tendenza da parte di un numero sempre maggiore di consumatori a prediligere vini con gradazioni alcoliche più moderate, più facili da bere e con maggiori profumi e freschezza. Ciò è dovuto agli effetti negativi dell'alcol sulla salute umana ed in generale al cambiamento di stili di vita e dei gusti delle persone (Palliotti et al., 2014);
- i cambiamenti climatici in atto, che hanno un impatto notevole sulla crescita della pianta. Le temperature più elevate che si riscontrano in primavera ed estate portano infatti all'anticipo delle fasi fenologiche ed a un accumulo più rapido degli zuccheri nelle bacche con conseguente disaccoppiamento tra maturità tecnologica e fenolica. In questa situazione i mosti risultano più zuccherini, con minore livello acidico e profilo aromatico atipico.

Da qui, emerge quindi la necessità di approfondire degli studi che siano in grado di dare ai tecnici e viticoltori uno strumento per poter operare in modo sempre più efficiente e con risultati qualitativi di eccellenza, andando incontro a quelle che sono le problematiche legate al clima e alle nuove esigenze dei consumatori.

Questo trattato, partendo da una disamina più approfondita degli effetti che il global warming produce sulla vite, si pone l'obiettivo di illustrare le tecniche in grado di adattare la coltivazione della vite al nuovo contesto climatico.

2. IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SULLA VITICOLTURA

Nel corso della storia il nostro pianeta è stato spettatore di diverse variazioni del clima, che lo hanno portato ad attraversare varie ere glaciali, alternate a periodi più caldi detti ere interglaciali. Ma se queste variazioni sono state comunque causate da fenomeni naturali, lo stesso non si può dire dell'incremento delle temperature che ha interessato la superficie terrestre negli ultimi cento anni. Secondo quanto riportato dal quarto rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2007, a partire dall'inizio del XX secolo la temperatura media del globo è aumentata di circa 0,7°C. Questo fenomeno, che prende il nome di Global Warming, sarebbe riconducibile all'aumento della concentrazione nell'atmosfera dei gas serra, principalmente anidride carbonica, causato prevalentemente dall'attività dell'uomo e in particolare dalla generazione di energia per mezzo di combustibili fossili e dalla deforestazione. Sempre l'IPCC suggerisce che durante il XXI secolo le temperature medie della Terra potrebbero aumentare ulteriormente rispetto ai valori attuali, da 1,1 a 6,4 °C.

Il riscaldamento globale investe ovviamente anche l'agricoltura, e la viticoltura ne risente particolarmente. In uno studio del 2012 condotto in 27 regioni viticole del pianeta, Jones ha rilevato aumenti medi della temperatura di 1,3°C nel periodo 1950-2000 e ipotizzato un ulteriore aumento di 2°C nei prossimi cinquant'anni. Un altro studio ha messo in evidenza che le temperature medie di alcuni areali viticoli europei durante la stagione vegetativa della vite sono aumentate di 1,7°C dal 1950 al 2004 (Duchene e Schneider, 2005). Una conseguenza diretta di questi dati è che zone vitivinicole tradizionalmente considerate marginali a causa della mancanza di sommatorie termiche, non solo stanno diventando sempre più adatte per completare la maturazione di vitigni precoci, ma addirittura sono oramai capaci di accogliere cultivar a maturazione più tardiva. Per esempio in Germania, e nello specifico nella Valle del Reno che fino a qualche anno fa era destinata esclusivamente alla coltivazione di vitigni a bacca bianca precoce (es. Riesling), ora si possono tranquillamente coltivare varietà a bacca rossa con epoca di maturazione media come il Merlot. Anche nel sud dell'Inghilterra la viticoltura sta diventando di interesse economico e non solo per la produzione di spumanti (Palliotti et al., 2014). All'opposto, aree in genere considerate adatte alla coltivazione della vite ora possono essere caratterizzate da un eccesso termico rispetto alle esigenze delle varietà

attualmente coltivate (Moriondo et al., 2013), con la concreta possibilità quindi di un loro abbandono.

Un altro aspetto preoccupante legato al “global warming” riguarda l’intensificazione dei fenomeni meteo estremi, soprattutto estivi. Nell’ultimo ventennio si sono alternate annate particolarmente calde e siccitose (2003, 2007, 2009, 2012, 2015, 2017) ad annate con estati fredde e piovose (2002, 2005, 2010 e 2014) e se in queste ultime la preoccupazione principale è stata l’elevata virulenza dei patogeni, quali peronospora, botrite e marciume acido, nelle annate siccitose, oltre a decorsi della maturazione troppo accelerati, si sono riscontrati fenomeni di eccessiva disidratazione degli acini, fino ad arrivare a gravi danni da scottature (Palliotti et al., 2015).

Gli effetti del cambiamento climatico sul ciclo delle piante sono indiscutibili, infatti, come già accennato, una delle reazioni più evidenti all’aumento delle temperature è il raccorciamento della durata delle fasi fenologiche che, oltretutto, si verificano con notevole anticipo rispetto al passato. In questo senso, il dato forse più eclatante si è evidenziato nello Chateaneuf du Pape dove, nell’arco di 60 anni ovvero dal 1945 al 2005, l’epoca di vendemmia è stata anticipata di oltre un mese. Per il Montepulciano d’Abruzzo, invece, l’anticipo è stato calcolato in circa 14-15 giorni nella parte centrale della regione e della costa, mentre scende a circa 10 giorni nella parte costiera situata a sud (Palliotti et al., 2013).

Le ultime fasi della maturazione verrebbero quindi a coincidere con periodi particolarmente caldi, comportando di norma un accumulo troppo rapido ed eccessivo di zuccheri nella bacca, spesso associato a scarsi livelli di acidità e colore. Ne derivano mosti troppo alcolici nei quali possono, inoltre, verificarsi anomalie nello svolgimento di fermentazione alcolica e malo-lattica, con ripercussioni negative sulle caratteristiche sensoriali del vino (Tessarini et al., 2014).

I vitigni a bacca rossa subiscono maggiormente questi effetti negativi perché sono quelli che risentono maggiormente del fenomeno del disaccoppiamento tra maturità tecnologica e maturità fenolica (Palliotti et al., 2014). Infatti, in annate caratterizzate da elevate temperature e scarsi apporti pluviometrici, il raggiungimento del livello di solidi solubili e di acidità ottimali per l’obiettivo enologico (maturità tecnologica) avviene molto prima che gli antociani abbiano raggiunto un buon accumulo nella buccia e il desiderato livello di estraibilità, ed i tannini abbiano perso le loro caratteristiche più amare ed astringenti (maturità

fenolica). In particolare l'accumulo degli antociani è progressivo a partire dall'invasatura fino alla maturazione ma, specialmente con temperature superiori ai 35°C, la biosintesi di questi composti si può arrestare o addirittura si può verificare la loro degradazione (Keller, 2010). Nel contesto che si viene a creare, il viticoltore può quindi scegliere se vendemmiare quando la maturità tecnologica ha raggiunto il livello desiderato, con il rischio però di ottenere un vino poco colorato e con note astringenti ed amare, oppure ritardare la raccolta per raggiungere la giusta maturità fenolica, andando però incontro ad una gradazione alcolica troppo elevata e ad un livello acidico limitato del mosto (Allegro et al., 2020).

Nel delicato quadro che si va delineando, sono necessariamente due le strade da percorrere:

1. una futura programmazione del settore vitivinicolo che debba necessariamente riconsiderare diversi elementi strutturali quali: ridistribuzione geografica della viticoltura secondo le nuove disponibilità termiche ed idriche dei territori; scelta di cultivar con caratteristiche che potrebbero contrastare il processo di accumulo troppo veloce di zuccheri nella bacca (per esempio varietà che producano grappoli e acini più grandi) (Bandinelli et al., 2000); scelta del portainnesto (per esempio 110 Richter, 140 Ruggeri, 779 e 1103 Paulsen), che inducono al nesto vigore medio-alto in grado quindi di aumentare la resa e di conseguenza indurre una maturazione più lenta (Morando, 2001); scelta del sistema di allevamento, che deve essere capace di fornire ombreggiamento e luce diffusa nelle ore più calde della giornata (Palliotti et al., 2011); densità di impianto ed orientamento dei filari.
2. nel breve-medio periodo, la scelta di tecniche colturali capaci di ritardare la maturità dell'uva evitando di raggiungere concentrazioni zuccherine talmente elevate e tenori acidici così bassi da imporre vendemmie anticipate, con la produzione di vini immaturi ed inespansi (Palliotti et al., 2015).

3. SCOPO DELLA TESI

Considerando gli effetti negativi che il cambiamento climatico determina sulla maturazione dell'uva, questa tesi tratterà le pratiche colturali innovative volte a contrastarli. Inoltre verranno illustrati dettagliatamente due casi studio relativi alla potatura tardiva, recentemente apparsi sulle riviste scientifiche del settore vitivinicolo.

4. TECNICHE COLTURALI APPLICABILI PER RALLENTARE LA MATURAZIONE TECNOLOGICA DELL'UVA

Tra gli organi della pianta deputati alla produzione di carboidrati attraverso l'organizzazione della CO₂ atmosferica (foglie mature - source), e quelli che invece hanno la funzione di accumulo e consumo dei fotosintetati (grappoli - sink) esiste un rapporto detto appunto "rapporto source-sink". Nel corso della stagione tale rapporto può essere modificato anche attraverso l'utilizzo di pratiche colturali, le quali hanno lo scopo di regolare la ripartizione degli assimilati (Pallotti et al., 2018). Così, gli studi rivolti a trovare tecniche in grado di rallentare l'accumulo di zuccheri nelle bacche e ritardare la maturità dell'uva si sono principalmente concentrati sui metodi per limitare le fonti di carboidrati a ridosso della maturazione.

I metodi che hanno mostrato i risultati più promettenti sono:

- potatura minima e semi-minima;
- tecniche basate sull'induzione di stress fotosintetici calibrati;
- tecniche basate sull'induzione di meccanismi di competizione nutrizionale tra i vari organi della vite.

4.1 Potatura minima e semi-minima

La potatura "minima", diffusa soprattutto in Australia, consiste nell'asportazione, in fase invernale, di non più del 10-15% dei nodi e questo porta ad avere un aumento del carico di gemme e quindi dei germogli anche 10-15 volte superiore a

quello ottenuto con una potatura convenzionale (Gatti et al., 2015). Questo tipo di intervento genera dei processi di autoregolazione della pianta che la porteranno ad avere una precoce formazione della chioma, una ridotta vigoria dei germogli, un'elevata diminuzione della fertilità dei germogli e dell'allegagione che consentirà di ottenere grappoli più piccoli e più spargoli (Palliotti et al., 2018). Inoltre, Zheng et al. (2017) affermano che la potatura minima ritarda la maturazione tecnologica grazie all'aumento della produzione per ceppo e che quindi potrebbe essere uno strumento efficace per contrastare gli effetti del riscaldamento del clima. Nonostante l'aumento produttivo, il contenuto di antociani non ne risente negativamente perché con l'utilizzo di questa tecnica si riscontra l'innalzamento della frazione relativa di buccia e quindi anche della concentrazione di tali flavonoidi che sono accumulati nelle cellule dell'ipoderma (Gatti et al., 2015).

La potatura minima si inserisce in un contesto di viticoltura integralmente meccanizzata perché anche la raccolta può essere eseguita con le vendemmiatrici a scuotimento orizzontale.

Negli areali viticoli europei, però, questa potatura non è mai stata messa in pratica in quanto la sostanziale carenza di sommatorie termiche del passato e la buona disponibilità idrica unite alla fertilità del terreno conducevano ad un eccessivo affastellamento della chioma (Palliotti et al., 2018).

Per questo motivo, in queste zone, è stata messa a punto una nuova forma di allevamento, chiamata Siepe, che attraverso una potatura invernale detta "semi-minima", permette di limitare le produzioni eccessive e di raggiungere la piena maturazione delle uve (Intrieri et al., 2011).

Questa forma, totalmente meccanizzabile, è costituita da una struttura formata da cordoni permanenti orizzontali a diverse altezze che danno origine a germogli su tutta la superficie della parete. La potatura semi-minima consiste quindi in una potatura corta applicata ai lati e al di sopra della parete stessa che porta ad avere un deciso aumento del numero di nodi per ceppo (oltre 300 per metro quadro di parete) a cui è associato un evidente calo della percentuale di germogliamento, della fertilità dei germogli e delle dimensioni delle bacche. La relativa resa per ceppo, quindi, non aumenta in maniera proporzionale al numero di gemme proprio grazie a questi fenomeni compensativi (Palliotti et al., 2015). Alcune prove condotte su Sangiovese hanno portato ad un miglior rapporto tra area fogliare e resa e, a fronte di un aumento della produzione del 30% rispetto al cordone speronato, la potatura semi-minima ha mostrato un equilibrio tra

zuccheri e acidi pressoché invariato e un leggero aumento degli antociani riconducibile ad una maggiore efficienza della chioma (Intrieri et al., 2011). Tecnicamente, la Siepe è di facile attuazione durante le fasi di allevamento della pianta e inoltre le operazioni di potatura invernale sono rapide.

La Siepe con potatura semi-minima quindi, può far risparmiare lavoro, ridurre i costi di gestione e ritardare la maturazione, con interessanti prospettive legate alla qualità delle uve, anche nell'attuale contesto di cambiamento climatico.

4.2 Tecniche basate sull'induzione di stress fotosintetici calibrati

4.2.1 Cimatura tardiva dei germogli

Visto che diversi studi hanno riportato che l'accumulo degli zuccheri nella bacca dipende in maniera considerevole dall'area fogliare attiva disponibile nel periodo tra invaiatura e vendemmia, e che le foglie fotosinteticamente più attive, all'invaiatura, sono quelle più giovani localizzate nella parte apicale dei germogli principali e nelle femminelle (Candolfi Vasconcelos and Koblet, 1991; Poni et al., 1994), una cimatura tardiva della parte apicale della chioma può portare ad una riduzione dell'accumulo di carboidrati nell'acino. Sono state quindi effettuate delle sperimentazioni per verificare l'efficacia del trattamento, ed è stato riscontrato che la cimatura post-invaiatura è in grado di ridurre la concentrazione zuccherina delle uve alla raccolta senza modificare né il pH, né l'acidità totale, né la concentrazione e la composizione di antociani e tannini (Herrera et al., 2015). Questa tecnica è pertanto utile nel ridurre gli zuccheri alla vendemmia senza avere delle ripercussioni negative sulla componente polifenolica. L'intervento dovrebbe essere eseguito a concentrazioni zuccherine intorno ai 14-16°Brix e solo in annate particolarmente calde e siccitose. È inoltre sconsigliato cimare in stagioni consecutive, poiché la depauperazione delle sostanze di riserva causata dall'asportazione di ampie porzioni di tralci, potrebbe determinare la riduzione del carico produttivo dell'annata successiva (Filippetti et al., 2015).

4.2.2 Defogliazione tardiva in post-invaiatura

La defogliazione è una delle pratiche di gestione della chioma più interessanti per la sua semplicità e idoneità alla meccanizzazione. Come per la cimatura tardiva, la sua efficacia si basa sul fatto che, all'invaiatura, le foglie situate nella porzione

apicale della chioma sono fotosinteticamente le più funzionali avendo raggiunto la piena espansione ed essendo ancora lontane dalla senescenza (Palliotti, 1992; Poni et al., 1994). La loro rimozione può quindi portare alla riduzione dell'accumulo degli zuccheri nella bacca. In uno studio biennale condotto da Palliotti et al. (2013) su Sangiovese, è emerso che una defogliazione meccanizzata post-invaiatura della zona apicale del germoglio possa portare ad una riduzione del rapporto area fogliare/resa (da 1,77 a 1,13 m²/kg) e che tale intervento sia potenzialmente in grado di ritardare l'accumulo zuccherino nella bacca di circa 2 settimane rispetto alle viti non trattate. Inoltre è emerso che, alla stessa data di vendemmia, le viti defogliate presentassero 1,2°Brix in meno nel mosto e tale differenza si è tradotta nella riduzione del contenuto alcolico del vino di circa 0,6% vol., senza però che pH, acidità totale, estratto secco, antociani e tannini venissero a subire modifiche sostanziali.

Per essere efficace nel ritardare in modo significativo l'accumulo di solidi solubili nelle bacche, si consiglia una defogliazione concentrata sulla parte medio-alta della chioma, a circa 14-15°Brix assicurandosi che almeno il 30–35% dell'area fogliare venga rimosso.

4.2.3 Impiego di sostanze con attività antitrspirante

Un'altra opzione per indurre uno stress fotosintetico calibrato è l'applicazione, sulla chioma intera oppure a porzioni della stessa, di prodotti antitrspiranti in grado di indurre una chiusura stomatica parziale, sebbene persistente, che limiterebbe sia la perdita d'acqua per traspirazione che la fotosintesi (Gale e Poljakoff-Mayber, 1967; Palliotti et al., 2010).

Palliotti et al. nel 2013 hanno studiato l'efficacia dell'applicazione in post-invaiatura dell'antitrspirante filmogeno Vapor Gard ®, a base di pinolene (principio attivo di-1-p-menthene) di origine naturale, come tecnica per ritardare la maturazione dell'uva e ridurre l'accumulo di zuccheri nella bacca. Il prodotto, applicato alla concentrazione del 2%, nei due terzi superiori della chioma (figura 1), quindi alle foglie più funzionali, ha ridotto il ritmo dell'accumulo zuccherino nella bacca rispetto alle viti non trattate, portando a -1,2°Brix alla raccolta e a circa -1% vol. di alcol nel vino. Allo stesso tempo, gli acidi organici, il pH e i polifenoli dell'uva e dei vini non sono stati influenzati negativamente, come per altro le concentrazioni delle riserve nei tralci e nelle radici, mentre si è verificata la riduzione del contenuto di antociani nella bacca e nei vini.

Nel complesso, l'applicazione di Vapor Gard ® in post-invaiatura sopra la zona del grappolo è una tecnica praticabile ed efficace per impedire un elevato accumulo di zucchero nelle bacche e ottenere vini meno alcolici. Per essere efficace, è bene eseguire l'irrorazione soprattutto sulla pagina inferiore delle foglie, quando la concentrazione degli zuccheri nel mosto è approssimativamente a circa 14-15°Brix. In termini generali, è una tecnica completamente non-invasiva e non richiede alcuna attrezzatura o abilità specifica, è flessibile e, grazie alla sua facilità d'uso, è mentalmente ben accolta anche dai coltivatori più scettici (Palliotti et al., 2014).



Figura 1. Applicazione di antitranspirante Vapor Gard in post-invaiatura su uve Sangiovese

4.3 Tecniche basate sull'induzione di meccanismi di competizione nutrizionale tra i vari organi della vite

4.3.1 Irrigazione tardiva

Un'irrigazione volutamente tardiva, meglio se combinata ad una cimatura dei germogli, potrebbe essere usata per riattivare la crescita vegetativa, lasciando agli apici delle nuove femminelle, attraverso la forte competizione che esercitano per l'utilizzo dei carboidrati, il compito di rallentare il processo di accumulo di zuccheri nella bacca. Sfortunatamente, sono disponibili pochissimi rapporti scientifici a supporto di questa affermazione e a supporto del cosiddetto "effetto diluente" che dovrebbe ridurre la concentrazione zuccherina. Al momento solo Fernandez et al. (2013), in uno studio effettuato su uve Cabernet Sauvignon

coltivate in un clima caldo-arido e trattate con un'irrigazione tardiva dall'invasatura alla vendemmia, hanno riferito di una riduzione dell'accumulo di solidi solubili nell'acino senza che ci sia stato un cambiamento del profilo dei polifenoli e della qualità del vino.

4.3.2 *Potatura invernale tardiva*

La potatura invernale ha lo scopo di regolare il vigore e la resa della vite per ottenere, una volta terminata la vendemmia, la composizione del mosto desiderata e, normalmente, viene effettuata nel periodo compreso tra la caduta delle foglie e il germogliamento. È risaputo che tale intervento applicato più tardi nella stagione, ovvero quando le gemme sono già in fase di ingrossamento, è efficace nel posticipare il germogliamento di alcuni giorni, contribuendo quindi a sfuggire alle gelate primaverili (Coombe, 1964; Howell e Wolpert, 1978); ma il ritardo ottenuto è nell'ordine di alcuni giorni e viene mantenuto solamente fino alla fioritura.

Un ulteriore rinvio della data di potatura invernale sembra poter essere uno strumento abbastanza promettente per rallentare l'accumulo di zuccheri negli acini, ritardare la maturazione ed allargare la finestra temporale adatta alla raccolta. Ciò è dovuto ad una limitazione improvvisa e intensa della fonte di carboidrati in quanto le riserve accumulate negli organi lignificati utilizzate per supportare le fasi iniziali della crescita vegetativa vengono rimosse e, inoltre, la potatura ritardata può eliminare una cospicua quantità di foglie produttrici di fotosintetati (Champagnol, 1984).

Esistono oramai innumerevoli studi che trattano la potatura tardiva, infatti già nel 2007, Friend and Trought, lavorando su Merlot coltivato in Nuova Zelanda, hanno dimostrato che eseguendo la potatura quando i germogli originati dalle gemme apicali raggiungevano una lunghezza media di circa 5 cm, si riduce l'accumulo zuccherino nella bacca fino a -3,6°Brix, rallentando il degrado degli acidi organici e aiutando a mantenere un valore di pH ottimale.

Un lavoro più recente (Palliotti et al., 2014b) su Sangiovese allevato a cordone speronato ha dimostrato che il rinvio della potatura invernale all'inizio di maggio (grappoli separati) causa una significativa riduzione della resa per vite e un ritardo e una diminuzione nell'accumulo di solidi solubili rispetto alle viti potate in fase di dormienza delle gemme. Inoltre l'acidità titolabile risulta essere superiore di circa 1,8 g/l e il pH mostra un valore più basso rispetto alla potatura

invernale. Frioni et al. (2019), in uno studio condotto su Pinot Nero allevato a cordone speronato, suggeriscono che una potatura posticipata a quando i germogli delle gemme apicali presentano 2/3 foglie distese (Figura 2), porta alle medesime conclusioni su maturazione e composizione finale delle bacche, affermando in più che il mutare delle condizioni climatiche non abbia effetti negativi sull'efficacia dell'intervento. Seguendo le stesse tempistiche di potatura (ovvero a 2/3 foglie distese) Moran et al. (2017) in un lavoro svolto in un quadriennio su viti di Shiraz, sono arrivati alla conclusione che questo tipo di tecnica ritardi la maturazione e posticipi la vendemmia senza influire significativamente sulla resa e sulla composizione dei grappoli e che, anzi, sia in grado di anticipare l'accumulo degli antociani, migliorando il rapporto antociani/zuccheri e la concentrazione finale di questi pigmenti nella bacca. Tale risultato è coerente con le conclusioni che Petrie et al., nel 2017, hanno tratto da un lavoro su viti di Shiraz e Cabernet Sauvignon, sulle quali la potatura tardiva ha portato ad un aumento di antociani negli acini. Gli autori hanno anche evidenziato che la tecnica è in grado di allargare temporalmente il periodo vendemmiale, risultando così uno strumento efficace per migliorare l'organizzazione lavorativa durante la raccolta. È importante sottolineare però che se l'operazione venisse posticipata troppo ed eseguita, per esempio, i primi di giugno (ovvero in piena fioritura) potrebbe causare la filatura di tutte le infiorescenze (Palliotti et al., 2014; Frioni et al., 2016) in quanto i primordi fiorali indotti l'anno precedente perderebbero totalmente la loro capacità di differenziarsi in fiori funzionali. Gatti et al. (2016) aggiungono che non dovrebbe essere rimosso più del 10% della superficie fogliare totale, pena un'eccessiva limitazione della resa che renderebbe l'operazione economicamente insostenibile. In definitiva la potatura invernale posticipata a dopo il germogliamento può essere uno strumento adeguato per contrastare gli effetti negativi che il riscaldamento globale determina sulla vite, in quanto è in grado di rallentare l'accumulo di zuccheri nella bacca, di ritardare la maturazione senza influire negativamente sulla composizione del mosto.



Figura 2. Particolare di tralci pre-potati con i germogli apicali con 2/3 foglie distese

5. CASI STUDIO

5.1 Caso studio “A”: Doppia potatura della vite come nuovo strumento di gestione per ritardare la maturazione delle bacche e per controllare la resa. (Palliotti et al., 2017)

Lo studio, condotto dal gruppo di ricerca del professor Palliotti e pubblicato nel 2017 sull’*American Journal of Enology and Viticulture*, si poneva l’obiettivo di valutare gli effetti della potatura eseguita in post-germogliamento su viti di Sangiovese, nell’ottica di mitigare gli effetti negativi del riscaldamento globale. Era infatti auspicabile rallentare la maturazione tecnologica per raccogliere uve con concentrazioni zuccherine non eccessive senza causare cali produttivi insostenibili e peggioramenti del quadro polifenolico.

5.1.1. Materiali e metodi

La prova è stata effettuata negli anni 2014, 2015 e 2016 in un vigneto di Sangiovese ubicato nelle colline vicino Perugia. Le viti erano innestate su portainnesto Millardet et de Grasset 420A ed allevate a cordone speronato con sesto d'impianto 2,5 m x 1,0 m (pari a 4000 ceppi/ha). Le piante in prova sono state scelte su cinque filari adiacenti, ai quali, verso la metà di febbraio, è stata applicata una pre-potatura meccanica utilizzando una potatrice a dischi orizzontali Volentieri-Pellenc Visio TLV20, che ha lasciato tralci della lunghezza di 6-7 nodi. All'interno di ogni filare sono state scelte venticinque piante attigue alle quali sono stati applicati i seguenti trattamenti di rifinitura manuale:

- 1) Controllo (C): effettuata subito dopo la pre-potatura meccanizzata, quindi nel mese di febbraio, ovvero alla fase fenologica BBCH-0 (gemme dormienti).
- 2) Rifinitura tardiva (RT): effettuata quando i primi due germogli apicali dei tralci pre-potati erano in fase BBCH-14. Tali germogli erano lunghi circa 10 cm e presentavano 3/4 foglie distese. Questo intervento è stato eseguito il 14 aprile 2014, il 28 aprile 2015 e l'11 maggio 2016.
- 3) Rifinitura molto tardiva (RMT): effettuata quando i primi due germogli apicali dei tralci pre-potati erano in fase BBCH-19. Tali germogli erano lunghi circa 20 cm e presentavano 8/9 foglie distese. Questo intervento è stato condotto il 30 aprile 2014, l'8 maggio 2015 ed il 26 aprile 2016.

Indipendentemente dall'epoca di esecuzione, la rifinitura manuale ha lasciato 5 speroni di due nodi per pianta (Figura 3).

Nel corso della prova le piante sono state cimate una volta all'anno quando la lunghezza dei germogli superava di venti centimetri gli ultimi fili di sostegno, al fine di prevenire un ombreggiamento eccessivo della fascia produttiva, ma non sono state effettuate defogliazioni. Le condizioni meteo sono state monitorate dalla stazione meteo A753 GPRSRTU SEN-R, situata a circa seicento metri dal vigneto.



Figura 3. Particolare degli speroni sul cordone permanente dopo la rifinitura manuale.

Subito dopo la vendemmia sono stati selezionati casualmente sedici tralci da altrettante piante da ciascuna delle tesi in prova per misurare l'area fogliare del germoglio, utilizzando un fogliarimetro AAM-7 (Hayashi-Denko), e per calcolare l'area fogliare media della pianta. È stato inoltre calcolato l'indice di Ravaz (rapporto uva / legno di potatura) pesando i tralci delle piante in prova dopo la potatura invernale. Nelle tesi RT e RMT i pesi sono stati determinati sommando i pesi dei tralci potati dopo la pre-potatura invernale con quelli dei tralci ottenuti dopo la rifinitura manuale. È stato poi valutato l'equilibrio vegeto-produttivo delle piante attraverso il calcolo del rapporto superficie fogliare totale/produzione per ogni trattamento.

Nelle annate 2015 e 2016 sono stati analizzati gli zuccheri, l'acidità titolabile e il pH del mosto su un campione di cento bacche ottenuto campionando le piante in prova da fine luglio fino alla vendemmia. I solidi solubili sono stati misurati tramite rifrattometro RX5000 (Atago-Co Ltd), il pH con un pHmetro digitale pHM82 (Radiometer) e l'acidità titolabile con un titolatore Steroglass.

La rifinitura tardiva (RT) ha mostrato lo sviluppo di due tipi di germogli: il primo regolare, con grappoli con una crescita e una maturazione normali, il secondo con sviluppo ritardato e con grappoli con ritardo di maturazione. È stato quindi deciso

di valutare distintamente la cinetica di maturazione delle due tipologie di grappoli, scegliendo cinquanta germogli per tesi non appena quelli con sviluppo regolare avevano raggiunto l'inizio dell'invasatura.

La vendemmia è stata eseguita il 24 settembre 2014, il 10 settembre 2015 e il 27 settembre 2016, quando la concentrazione zuccherina nelle bacche delle piante di controllo (C) aveva raggiunto un plateau. I grappoli raccolti sono stati contati e pesati ed è stato contato il numero di acini per grappolo. La concentrazione totale di antociani e composti fenolici (espressa in mg/Kg di bacche fresche) è stata determinata su campioni di cinquanta acini per trattamento, replicati cinque volte.

Nel 2015 e nel 2016, alla fine di gennaio, sono state prelevate porzioni di radici e di tralci di un anno per le analisi delle sostanze di riserva. In particolare sono state misurate le concentrazioni di zuccheri solubili, dell'amido e dell'azoto totale nelle radici (di diametro di circa 1,5 mm, prelevate a venti-trenta cm di profondità) e nei tralci (considerando gli internodi tra la terza e la quarta gemma). Ogni anno, verso metà giugno, è stata valutata la fertilità dei germogli.

Nel 2015 sono state eseguite quattro micro-vinificazioni, due con il raccolto del Controllo e due con quello della rifinitura tardiva, mentre per la rifinitura molto tardiva non è stato possibile procedere in quanto la quantità di uva vendemmiata non è stata sufficiente per produrre dei risultati attendibili. Per ogni tesi sono state utilizzate centotrenta piante ed il raccolto è stato suddiviso in due lotti, del peso di circa 180 Kg per il Controllo e di circa 140 Kg per i due del trattamento tardivo. Le uve sono state prima pigia-diraspate, poi trasferite in vinificatori in acciaio da 100 L, solfitate con 35 mg/L di anidride solforosa e inoculate con 35 mg/L di lievito commerciale (Lalvin EC-1118, Lallemand Inc.). La fermentazione alcolica è proseguita per diciassette giorni ad una temperatura compresa tra i 20 e i 27°C, e durante questo periodo sono state praticate due follature al giorno. Terminata la fermentazione alcolica, dopo la svinatura, i vini sono stati inoculati con 30 mg/L di *Oenococcus oeni* per iniziare la fermentazione malolattica, al termine della quale sono stati trasferiti in contenitori in acciaio da 60 L e solfitati con 25 mg/L di anidride solforosa. Dopo due mesi si è proceduto all'imbottigliamento, in bottiglie da 750 ml chiuse con tappi di sughero, e dopo un anno di affinamento, sono stati determinati i valori di alcol, acidità totale, pH, antociani e fenoli totali, intensità e tonalità colorante.

5.1.2. Risultati

Le temperature cumulate, espresse in gradi giorno (GDD) e calcolate durante il periodo di crescita vegetativa (dall'1 aprile fino al 30 settembre), è stato maggiore nell'annata 2015 (2034 GDD) che nelle annate 2014 e 2016 (1558 e 1848 GDD rispettivamente). Per quanto riguarda invece le precipitazioni totali, calcolate tra aprile e settembre di ogni anno, nel 2014 sono state abbondanti (508 mm) e distribuite uniformemente in tale periodo, nel 2015 sono state invece molto scarse (218 mm) con un picco di 105 mm in agosto ed infine nel 2016 sono state piuttosto elevate (458 mm) e concentrate tra fine aprile ed il mese di giugno. Le temperature hanno fatto registrare delle punte massime nell'estate del 2015, raggiungendo i 34°C in giugno e i 40°C in luglio ed agosto, mentre non hanno mai superato i 35°C nel 2014 ed i 37°C nel 2016. Nonostante la stagione calda e la mancanza di irrigazione, nel 2015 non sono stati segnalati sintomi di stress idrici sulle piante.

Attraverso la pre-potatura meccanica, effettuata a metà febbraio, è stata lasciata su ogni pianta una media di circa 16 tralci e di circa 100-110 nodi. Al momento dell'esecuzione della rifinitura del trattamento tardivo le due gemme basali si presentavano in una fase fenologica compresa tra "dormienza" (BBCH-0) e "punte verdi" (BBCH-8), mentre nel caso del trattamento molto tardivo le due gemme basali si presentavano in una fase fenologica compresa tra "punte verdi" (BBCH-08) e "quattro foglie distese" (BBCH-14). Al germogliamento, rispetto al Controllo, si è avuto un ritardo di circa 15 giorni nella rifinitura tardiva e di circa 27 giorni nella rifinitura molto tardiva. Successivamente, alla fioritura, è stato registrato un ritardo di circa 8 giorni per la tesi RT e di circa 18 giorni per la tesi RMT. Infine all'invasatura si è verificato un ritardo di circa 4 giorni per la tesi RT e di circa 8 giorni per la tesi RMT (Tabella 1).

Tabella 1. Giorni di ritardo delle principali fasi fenologiche delle tesi RT e RMT rispetto al Controllo. (Medie 2014-2016).

Tesi	Ritardo (giorni)		
	Germogliamento	Fioritura	Invasatura
RT	15	8	4
RMT	27	18	8

Nella media dei tre anni, la superficie fogliare totale rimossa con la rifinitura è stata di 0,21 m² per pianta nel trattamento tardivo e di 0,43 m² per il trattamento molto tardivo. In quest'ultimo, a causa della notevole riduzione di produzione, le piante hanno riportato un alto valore dell'indice di equilibrio superficie fogliare/produzione e, al contrario, un basso valore dell'indice di Ravaz (rapporto produzione/legno di potatura) rispetto agli altri trattamenti. Prendendo in considerazione le singole annate, il 2014 ha visto una diminuzione del rapporto superficie fogliare/produzione rispetto agli altri anni, mentre l'indice di Ravaz è aumentato di circa il 25% (Tabella 2).

Misurando i contenuti di zuccheri solubili, amido e azoto nelle radici e nei tralci, non sono emerse differenze tra le tesi sia nel 2015 che nel 2016.

Tabella 2. Superficie fogliare e peso del legno di potatura nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Sup. Fogliare (m²/ceppo)	Sup. Fog./Prod. (m²/Kg)	Peso Potatura (Kg/ceppo)
Controllo	3,06	1,14 b	0,60
RT	2,86	1,31 b	0,54
RMT	2,88	1,78 a	0,55

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per P < 0,05.

Tabella 3. Componenti della produzione nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Produzione (Kg/ceppo)	Grappoli (n./ceppo)	Peso medio (g)	
			Grappolo	Acino
Controllo	2,80 a	12,2 a	228 a	2,08
RT	2,18 b	9,7 b	222 a	1,97
RMT	1,60 c	7,5 c	197 b	2,09

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per P < 0,05.

In merito alla fertilità delle gemme, se nella rifinitura tardiva è emersa una riduzione significativa nei tre anni rispetto al Controllo (ovvero -16% nel 2014, -23% nel 2015 e -25% nel 2016), nella rifinitura molto tardiva il calo è stato drastico, con perdite fino al 43% nelle annate 2015 e 2016.

Riguardo alla produzione, le piante della tesi RT e RMT hanno avuto, rispettivamente, una contrazione del 22% e 43% per pianta rispetto al Controllo; ma se nel primo caso la diminuzione è dovuta solo alla riduzione di grappoli per pianta (-20%), nel secondo sono stati influenzati tutti i parametri riguardanti la resa: -39% circa di grappoli per vite e -15% del peso del grappolo (Tabella 3). Inoltre, la diminuzione del peso medio grappolo è stata determinata prevalentemente dalla riduzione del numero di acini per grappolo (-16%).

In merito alla composizione del mosto alla vendemmia, nella tesi RT è stata riscontrata una concentrazione di zuccheri decisamente inferiore rispetto alle altre due tesi, risultato coerente con la riduzione del pH e l'aumento dell'acidità. I polifenoli totali sono risultati essere minori sia nella tesi RT che nella tesi RMT rispetto al controllo, mentre la quantità di antociani non ha subito modifiche significative (Tabella 4).

Tabella 4. Composizione del mosto alla vendemmia nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Solidi solubili (°Brix)	Acidità titolabile (g/L)	pH	Antociani (mg/Kg)	Polifenoli totali (mg/Kg)
Controllo	22,1 a	6,66 b	3,40 a	362	2668 b
RT	21,1 b	7,67 a	3,20 b	402	3158 a
RMT	22,5 a	7,06 a	3,31 ab	405	3214 a

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

Facendo un confronto tra le annate, i risultati evidenziano che il 2015, più caldo, ha portato ad una generale e considerevole diminuzione della resa, dovuta a un minor numero di grappoli per ceppo e alla riduzione del loro peso e di quello delle bacche, mentre sono state riscontrate più alte concentrazioni di zuccheri, antociani, polifenoli e minori di acidità totale rispetto al 2014 e al 2016.

I risultati sui vini ottenuti dopo un anno di invecchiamento, hanno riportato una riduzione del contenuto alcolico di circa 0,7% su quelli prodotti da rifinitura tardiva rispetto a quelli del Controllo. Per quanto riguarda acidità totale, pH, estratto secco totale e antociani non sono invece emerse differenze significative. Invece, per quanto riguarda la concentrazione di polifenoli totali si sono registrati notevoli aumenti nel trattamento tardivo (+18%), mentre l'intensità e la tonalità di colore non hanno subito sostanziali variazioni (Tabella 5).

Tabella 5. Composizione del vino 2015 proveniente dalla vendemmia 2014 del Controllo e della tesi RT.

Parametri	Controllo	RT
Alcol (% vol.)	14,6 a	13,9 b
Acidità totale (g/L)	6,5	6,6
pH	3,39	3,44
Antociani (g/L)	0,278	0,258
Polifenoli totali (g/L)	1,49 b	1,75 a
Intensità di colore (OD _{420nm} + OD _{520nm})	8,6	8,2
Tonalità di colore (OD _{420nm} /OD _{520nm})	0,54	0,60

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

5.1.3 *Discussione*

La rifinitura manuale effettuata dopo una pre-potatura meccanica, se posticipata a primavera permette di ritardare il germogliamento, la fioritura e l'invasatura. Tale ritardo è risultato maggiore al germogliamento (fino a quattro settimane), poi è diminuito nelle fasi fenologiche successive. L'ampiezza di tale ritardo è dipesa dalla lunghezza dei tralci lasciati con la pre-potatura, ma soprattutto dalla data in cui è avvenuta la rifinitura. Infatti, come dimostrato da Gatti et al. (2016), più la rifinitura viene posticipata, più il germogliamento e lo sviluppo delle foglie avvengono in un periodo maggiormente caldo della stagione, condizione che

permette alle foglie stesse di raggiungere più velocemente la piena espansione e la maggiore capacità fotosintetica. Inoltre, gli autori aggiungono che un maggiore ritardo della rifinitura manuale (Trattamento RMT), porta all'eliminazione di una quantità superiore di superficie fogliare fotosinteticamente attiva e questo comporta una ricaduta negativa sulla resa della pianta. Per preservare la produzione e mantenere la tecnica economicamente sostenibile, bisognerebbe rimuovere non più del 10% di area fogliare finale.

La tesi RT ha portato ad una diminuzione della resa di circa il 22% rispetto al controllo, dovuta esclusivamente al minor numero di germogli e quindi di grappoli per pianta. Importante notare che il numero di grappoli per germoglio ed il numero di bacche per grappolo siano risultati identici a quelli della potatura invernale "standard". Questi risultati portano a concludere che la riduzione di germogli sia causata da gemme rimaste dormienti. Gli autori suggeriscono che ciò potrebbe essere dovuto al fatto che nei tralci pre-potati la crescita dei germogli apicali porta alla sintesi di auxine che causano un'inibizione efficace sulle gemme basali mantenendole in fase dormiente anche dopo la rifinitura. Per le stesse ragioni, anche la rifinitura molto tardiva ha ridotto il numero di germogli rispetto al controllo, ma in questo caso la limitata produzione (circa -43%) è stata causata principalmente dalla minor fertilità dei germogli e dal minor numero di bacche per grappolo. Nel primo caso, il motivo dovrebbe risiedere nel fatto che la severa limitazione di superficie fogliare attiva ($-0,43 \text{ m}^2$) abbia causato la conversione a viticci dei primordi di infiorescenza già sviluppati; nel secondo caso potrebbero essere stati un insieme di fattori, tra i quali (per esempio) la mancanza di disponibilità di zuccheri durante la fioritura che può aver portato ad aborti fiorali.

La rifinitura tardiva, a differenza degli altri due trattamenti, ha portato alla formazione di due tipi di germogli caratterizzati da sviluppo differente e da grappoli con una diversa cinetica di maturazione. Quelli provenienti da gemme in fase fenologica compresa tra "rigonfiamento gemme" (BBCH-01) e "punta verde" (BBCH-07) hanno evidenziato una crescita ritardata, quelli provenienti da gemme in fase fenologica oltre a BBCH-07 sono stati caratterizzati da sviluppo regolare. Considerando che nella rifinitura molto tardiva tutti i germogli si sono sviluppati da gemme in fase BBCH-07 e oltre, questo porta a ritenere che le gemme nelle fasi iniziali di crescita siano molto sensibili a qualsiasi forma di limitazione delle fonti di carboidrati, e che questo conduca più ad un ritardo di

crescita vegeto-produttiva che ad una conversione a viticcio dei primordi dell'infiocrescenza.

In generale, i risultati di questo tipo di pratica colturale sembrerebbero essere stabili nel corso degli anni.

5.1.4 Conclusioni

Considerando i risultati ottenuti in questo studio triennale, si può affermare che un intervento di pre-potatura invernale meccanizzata con successiva rifinitura manuale effettuata verso la metà di aprile, con i due germogli apicali dei tralci pre-potati lunghi circa 10 cm, è uno strumento efficace per contrastare gli effetti negativi indotti sulla vite dal cambiamento climatico. Infatti dalle prove svolte si è potuto riscontrare un ritardo di maturazione delle uve e, alla raccolta, una minore concentrazione di zuccheri, maggiore acidità totale e maggiore accumulo di polifenoli totali. Come conseguenza i vini hanno mostrato un contenuto alcolico minore, pH inferiore e adeguati livelli acidici, senza peraltro che la concentrazione di antociani venisse alterata. Inoltre, a differenza del trattamento molto tardivo (compiuto a fine aprile-inizio maggio) che ha causato una contrazione drastica del raccolto, la tesi RT non ha comportato una riduzione eccessiva di produzione (circa -22%) risultando essere una tecnica economicamente sostenibile, con costi di gestione simili a quelli della potatura invernale "tradizionale".

5.2 Caso studio “B”: Doppia potatura della vite come nuova tecnica per allineare maturità tecnologica e maturità fenolica. (Allegro et al., 2020)

L’obiettivo dello studio triennale condotto da Allegro et al., pubblicato nel 2020 sull’*Australian Journal of Grape and Wine Research* è stato quello di valutare la possibilità di ridurre il disaccoppiamento tra maturità tecnologica e maturità fenolica tramite la tecnica della potatura post-germogliamento. In questo lavoro vengono descritti i risultati ottenuti su viti di Merlot sottoposte a una pre-potatura meccanica e successivamente rifinite manualmente dopo il germogliamento in due epoche differenti. È stata così valutata la capacità di ritardare l’accumulo zuccherino nelle bacche e di mantenere inalterate le concentrazioni di antociani e di tannini.

5.2.1. Materiali e metodi

Lo studio, effettuato nelle annate 2014, 2015 e 2016, ha avuto luogo in un vigneto collinare a Valsamoggia, in provincia di Bologna, ed è stato condotto su viti di Merlot, clone R3, innestate su portainnesto SO4 ed allevate a cordone speronato con sesto d’impianto 3,0 m x 1,0 m (3333 ceppi/ha). Alle piante è stata applicata una pre-potatura meccanizzata che ha mantenuto tralci della lunghezza di 7-8 nodi ciascuno, i quali poi sono stati rifiniti manualmente in tre epoche diverse (Figura 4):

- 1) Controllo (C), rifinitura eseguita subito dopo la pre-potatura, ovvero durante il riposo vegetativo.
- 2) Rifinitura tardiva (RT), eseguita quando i germogli sviluppati dalle gemme apicali dei tralci pre-potati erano nella fase fenologica BBCH-13, ovvero 3 foglie distese. Questa operazione è stata eseguita il 17 aprile 2014, il 29 aprile 2015 ed il 21 aprile 2016.
- 3) Rifinitura molto tardiva (RMT): eseguita quando i germogli apicali si trovavano nella fase fenologica BBCH-18, ovvero 8 foglie distese. Questa rifinitura è stata eseguita il 30 aprile 2014, l’11 maggio 2015 ed il 13 maggio 2016.

Le vendemmie sono state effettuate il 7 ottobre 2014, il 16 settembre 2015 e il 14 settembre 2016. Subito dopo la raccolta è stata calcolata la superficie fogliare totale per pianta ed è stato calcolato il rapporto superficie fogliare/produzione. Sui campioni di acini prelevati alla vendemmia sono stati misurati i valori dei

solidi solubili, del pH e dell'acidità titolabile e in maniera più approfondita i parametri riguardanti la concentrazione e composizione di antociani e tannini totali, estratti rispettivamente con metanolo e acetone, e della loro frazione estraibile calcolata simulando una vinificazione in rosso con una soluzione modello a pH 3,40 e con concentrazione di etanolo che in 14 giorni è cresciuta da 0 a 13%.



Figura 4. Rifinitura manuale dei tralci pre-potati meccanicamente.

5.2.2. Risultati

In entrambe le tesi di rifinitura tardiva si sono verificati dei ritardi nello sviluppo delle fasi fenologiche. Questi ritardi sono dovuti al fatto che le gemme basali, inibite dallo sviluppo dei germogli agli apici dei tralci pre-potati, si sono schiuse vari giorni dopo la rifinitura, portando a posticipare notevolmente sia il germogliamento che le fasi fenologiche successive. Ma se per quanto riguarda il germogliamento il ritardo è stato, nella media dei tre anni, di 30 giorni nella tesi RT e 45 giorni nella tesi RMT, alla fioritura i ritardi sono calati rispettivamente a 12 e 24 giorni. All'invasatura i ritardi si sono attestati a 8 e 17 giorni. Si è verificata quindi una contrazione del periodo di ritardo con il procedere delle fasi fenologiche in particolare tra germogliamento e fioritura (Tabella 6).

Tabella 6. Giorni di ritardo delle principali fasi fenologiche delle tesi RT e RMT rispetto al Controllo. (Medie 2014-2016).

Tesi	Ritardo (giorni)		
	Germogliamento	Fioritura	Invaiaura
RT	30	12	8
RMT	45	24	17

Sempre considerando la media dei tre anni, nelle tesi RT e RMT è stata riscontrata la diminuzione della superficie fogliare delle piante rispetto al Controllo, ma se per la rifinitura tardiva la riduzione si è attestata intorno a circa -15% circa, per la rifinitura molto tardiva si è avuto un calo drastico di circa -45%. Risultati analoghi si sono riscontrati anche per il peso del legno di potatura misurato alla fine della prova (gennaio 2017), infatti nella tesi RMT la riduzione è stata di circa -44% rispetto al controllo (Tabella 7).

Tabella 7. Superficie fogliare e peso del legno di potatura nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Sup. Fogliare (m ² /ceppo)	Sup. Fog./Prod. (m ² /Kg)	Peso Potatura (Kg/ceppo)
Controllo	6,10 a	2,66 c	0,75 a
RT	5,26 ab	4,05 b	0,67 a
RMT	3,44 b	6,05 a	0,41 b

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

In merito ai componenti della produzione, è emerso un netto calo della resa per ceppo, nell'ordine del -40% per la rifinitura tardiva e -70% per quella molto tardiva. Tale diminuzione è da imputare all'abbassamento del peso medio dei grappoli, che da 185 g in media per grappolo del Controllo è passato a 116 g della tesi RT e a 65 g della tesi RMT; per quest'ultimo trattamento inoltre bisogna

considerare anche una riduzione di circa 2,5 grappoli per pianta (Figura 5). Anche il peso medio delle bacche è diminuito in proporzione al ritardo con cui la rifinitura è stata eseguita (Tabella 8).



Figura 5. Particolare di grappoli di Merlot alla vendemmia.

Tabella 8. Componenti della produzione nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Produzione (Kg/ceppo)	Grappoli (n./ceppo)	Peso medio (g)	
			Grappolo	Acino
Controllo	2,68 a	13,9 a	185 a	2,13 a
RT	1,60 b	13,3 a	116 b	1,89 b
RMT	0,78 c	11,5 b	65 c	1,54 c

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

Nella media dei tre anni, la concentrazione zuccherina è risultata più bassa nelle rifiniture post-germogliamento (1°Brix per la rifinitura tardiva e 2°Brix per la rifinitura molto tardiva) e anche i relativi valori di pH sono risultati inferiori al Controllo. Coerentemente è stato registrato un aumento delle acidità titolabili

rispetto alle piante di controllo (Tabella 9). Prendendo in considerazione le singole annate, si è notato che la maturità tecnologica è stata influenzata dal loro diverso andamento climatico: infatti se nel 2014, particolarmente fresco e piovoso, le concentrazioni di solidi solubili sono apparse piuttosto limitate (20-22°Brix), nel 2015 e nel 2016, annate con estati particolarmente calde e siccitose, i tenori zuccherini hanno raggiunto valori nettamente superiori, e nel caso del Controllo addirittura eccessivi (25,5-26°Brix).

Tabella 9. Maturità tecnologica: composizione del mosto alla vendemmia nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Solidi solubili (°Brix)	Acidità titolabile (g/L)	pH
Controllo	24,5 a	5,78 c	3,62 a
RT	23,5 b	6,76 b	3,53 b
RMT	22,5 c	7,84 a	3,47 c

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

Per quanto riguarda la concentrazione degli antociani totali e della loro frazione estraibile, non si sono riscontrate differenze nei diversi trattamenti. In merito ai tannini totali, se nel caso della rifinitura tardiva non sono emerse differenze rispetto al Controllo, la rifinitura molto tardiva ha invece mostrato concentrazioni superiori sia nella buccia che nei vinaccioli (+24% in entrambi i casi rispetto al Controllo). Risultati analoghi sono emersi a carico della frazione estraibile, ma in questo caso l'incremento è stato più intenso nei semi (+40%) rispetto alle bucce (+20%) (Tabelle 10-11).

Tabella 10. Maturità fenolica: concentrazione di antociani e tannini della buccia nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Antociani (mg/Kg)		Tannini buccia (mg/Kg)		Buccia/polpa
	totali	estraibili	totali	estraibili	
Controllo	1488	499	1003 b	480 b	0,179 b
RT	1460	494	1050 b	484 b	0,192 a
RMT	1564	525	1250 a	579 a	0,201 a

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

Tabella 11. Maturità fenolica: concentrazione dei tannini dei vinaccioli totali ed estraibili nel Controllo e nelle tesi RT e RMT. (Medie 2014-2016).

Tesi	Tannini dei vinaccioli (mg/Kg)		Vinaccioli/polpa
	totali	estraibili	
Controllo	1706 b	932 b	0,054 c
RT	1766 b	985 b	0,061 b
RMT	2120 a	1305 a	0,069 a

Lettere differenti all'interno della colonna indicano differenze significative tra le tesi per $P < 0,05$.

5.2.3 *Discussione*

I trattamenti di rifinitura manuale tardiva della potatura invernale su piante allevate a cordone speronato hanno portato a ritardare lo sviluppo delle fasi fenologiche. In particolar modo si è avuto, rispetto al Controllo, un evidente ritardo del germogliamento, causato dalle gemme basali che, inibite dallo sviluppo dei germogli apicali dei tralci pre-potati, si sono schiuse diversi giorni dopo la rifinitura. Il ritardo delle successive fasi fenologiche, in particolare fioritura e invaiatura, si è progressivamente ridotto.

La superficie fogliare totale delle piante rifinite in post-germogliamento è risultata essere, alla vendemmia, decisamente inferiore rispetto a quella delle piante potate in inverno, soprattutto nel caso della rifinitura molto tardiva (-45%

circa). Questa contrazione è legata alla diminuzione della dimensione delle singole foglie e del numero di femminelle sviluppatesi.

L'eccessiva diminuzione della resa nella tesi RMT (-70%), oltre al calo del peso medio del grappolo, è da imputare soprattutto al più basso numero di grappoli per pianta e sembra essere stata causata dalla riduzione della fertilità delle gemme basali in risposta alla rimozione dei germogli che si stavano sviluppando sugli apici dei tralci pre-potati. Tale rimozione può aver impoverito le riserve di zuccheri, amido ed azoto, modificando l'equilibrio nutrizionale delle piante rifinite molto tardivamente. L'impoverimento dei carboidrati di riserva, generalmente utilizzati anche come contributo alla maturazione dei grappoli, può anche essere una delle cause che hanno portato, sia nella tesi RT che nella tesi RMT, ad un ritardo nell'accumulo di solidi solubili nella bacca. Tale ritardo potrebbe essere stato causato anche dalla diminuzione del periodo utile per la maturazione, dovuto al ritardo dell'invasatura.

Le concentrazioni di antociani totali ed estraibili non hanno evidenziato differenze tra la tesi Controllo e le due tesi di rifinitura tardiva, nonostante il loro accumulo abbia avuto inizio successivamente sia nella tesi RT che nella tesi RMT. Molto probabilmente le rese minori e l'aumento del rapporto buccia/polpa nelle bacche delle piante rifinite tardivamente, hanno permesso di controbilanciare il probabile effetto negativo dovuto al ritardo con cui è iniziata la sintesi. Il fatto poi che la frazione estraibile non abbia subito modifiche rispetto al Controllo è molto importante dal punto di vista enologico in quanto questa è la porzione che si risconterà nei vini e che ne determinerà il colore.

Considerando le concentrazioni dei tannini totali ed estraibili, mentre i valori della tesi RT sono risultati in linea con quelli del Controllo, nella tesi RMT si è registrato invece un loro aumento sia nelle bucce che nei semi, probabilmente dovuto all'incremento dei rapporti buccia/polpa e vinaccioli/polpa. A causa della maggiore concentrazione di tannini estraibili, potrebbero evidenziarsi delle ripercussioni negative nelle caratteristiche organolettiche dei vini, i quali potrebbero essere portati ad esprimere sensazioni più amare ed astringenti con un conseguente peggioramento del livello qualitativo.

5.2.4 Conclusioni

Grazie a questo studio di tre anni condotto su viti di Merlot allevate a cordone speronato e coltivate in collina, si è potuto concludere che rifinire piante prepotate dopo il germogliamento potrebbe essere uno strumento molto efficace per contrastare il problema del disaccoppiamento tra maturità tecnologica e maturità fenolica. Tuttavia, la scelta della giusta epoca di intervento risulta essere fondamentale sia per scongiurare eccessive perdite di produzione che renderebbero la tecnica economicamente insostenibile, sia per assicurare una produzione di vini di alta qualità e con le caratteristiche organolettiche desiderate. Occorrerà, in ogni caso, condurre ulteriori studi che mirino a garantire la sua efficacia prolungata nel tempo e che ricerchino i modi migliori per adattarla alle caratteristiche di altri vitigni e tipologie di coltivazione.

6. CONCLUSIONI

Il clima è un fattore fondamentale per tutti i sistemi agricoli, in quanto influisce sulla capacità delle diverse colture di adattarsi ad uno specifico ambiente, ne regola la produzione e la qualità ed infine ne decreta la sostenibilità economica. L'influenza del clima è più che mai evidente in viticoltura per la quale risulta essere probabilmente l'aspetto più critico legato alla maturazione delle uve e ha un ruolo significativo nell'ottenere produzioni di qualità. Considerando questi aspetti, negli ultimi decenni sono stati condotti numerosi studi volti a trovare soluzioni pratiche all'evidente insorgere dei cambiamenti climatici.

In questa tesi sono state descritte le tecniche agronomiche di gestione in verde della chioma, come la cimatura tardiva dei germogli, la defogliazione tardiva e l'utilizzo di prodotti antitranspiranti sulle foglie, che, se applicate tra invaiatura e vendemmia, permettono di rallentare l'accumulo degli zuccheri nella bacca e di mantenere inalterate le concentrazioni dei polifenoli. Sono state esaminate anche tecniche di potatura invernale innovative come la potatura minima e la potatura semi-minima che hanno portato a risultati interessanti sia per quanto riguarda il ritardo della maturazione tecnologica che il mantenimento di produzioni di elevata qualità.

L'attenzione della tesi però è stata rivolta principalmente verso la potatura invernale effettuata in post-germogliamento, attraverso un'approfondita analisi di due casi studio. I risultati di questi due lavori, svolti su due vitigni molto diffusi

sul territorio italiano (Sangiovese e Merlot) e in condizioni ambientali differenti, hanno messo in evidenza che tale pratica è in grado di posticipare le fasi fenologiche delle piante, di portare la maturazione verso un periodo meno caldo della stagione e di diminuire l'accumulo degli zuccheri negli acini preservando il quadro fenolico. È quindi possibile sostenere che la potatura post-germogliamento può contrastare il disaccoppiamento tra maturità tecnologica e maturità fenolica.

Sarà sicuramente necessario condurre ulteriori studi per valutare al meglio quale possa essere la migliore epoca di intervento e come adattarla efficacemente alle diverse cultivar e condizioni colturali. Bisognerà inoltre valutare che le produzioni siano equilibrate, costanti nel tempo e di massima qualità.

In conclusione, gli effetti negativi del “global warming” in viticoltura sono particolarmente evidenti, ma esistono già da ora strumenti adatti a contrastarli efficacemente e che consentono di mantenere produzioni di elevata qualità e tipicità, in grado di soddisfare le richieste dei mercati e le esigenze dei consumatori.

7. BIBLIOGRAFIA

- Allegro G., Pastore C., Valentini G. and Filippetti I. (2020) Post-budburst hand-finishing of winter spur pruning can delay technological ripening without altering phenolic maturity of Merlot berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 2020 DOI:10.1111/ajgw.12427
- Bandinelli, R., Mancuso, S., Pisani, P.L., Loreti, F., Scalabrelli, G., Porcinai, S. (2000). Ricerche comparative su sette cloni di Sangiovese nel Chianti Classico. In: *Proceedings of International Symposium Il Sangiovese*, 15–17 february, Firenze, Italy, pp. 219–231.
- Candolfi Vasconcelos, M.C. and Koblet, W. (1991) Influence of partial defoliation on gas exchange parameters and chlorophyll content of field grown grapevines: mechanisms and limitations of the compensation capacity. *Vitis* 30, 129–141.
- Champagnol, F. (1984). *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Déhan, Montpellier, France
- Coombe, B.G., 1964. The winter treatment of grapevine with zinc and its interactions with time of pruning. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry* 4, 241–246.
- Duchêne, E. and Schneider, C. (2005) Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 93–99.
- Fernandez, O., Sánchez, S., Rodriguez, L., Lissarrague, J.R. (2013). Effects of different irrigation strategies on berry and wine composition of Cabernet Sauvignon grapevine grown in Madrid (Spain). In: *Proceedings of 18th International Symposium GiESCO*, Porto, 7-11 July, pp. 112–117.
- Filippetti, I., Movahed, N., Allegro, G., Valentini, G., Pastore, C., Colucci, E. and Intriari, C. (2015) Effect of post-veraison source limitation on the accumulation of sugar, anthocyanins and seed tannins in *Vitis vinifera* cv. Sangiovese berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21, 1–10.
- Fregoni, M. (2005) *Viticultura di qualità*. Ed. Phytoline

- Friend, A.P. and Trought, M.C.T. (2007) Delayed winter spur pruning in New Zealand can alter yield components of Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 13, 157–164.
- Frioni, T., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Bellincontro, A. and Sabbatini, P. (2016) Post budburst spur pruning reduces yield and delays fruit sugar accumulation in Sangiovese in Central Italy. *American Journal of Enology and Viticulture* 67, 419–425.
- Frioni, T., Pirez, F.C., Ronney, L., Poni, S. and Gatti, M. (2019) Post-budbreak pruning changes intra-spur phenology dynamics, vine productivity and berry ripening parameters in *Vitis vinifera* L. cv. 'Pinot Noir'. *Scientia Horticulturae* 254, 91-98.
- Gale, J., Poljakoff-Mayber, A. (1967). Plastic films on plants as antitranspirants. *Science* 156, 650–652.
- Gatti, M. (2015). *La nuova viticoltura*. Edagricole
- Gatti, M., Pirez, F.J., Chiari, G., Tombesi, S., Palliotti, A., Merli, M. C. and Poni, S. (2016) Phenology, canopy aging and seasonal carbon balance as related to delayed winter pruning of *Vitis vinifera* L. cv. Sangiovese grapevines. *Frontiers in Plant Sciences* 7, 659.
- Herrera, J.C., Bucchetti, B., Sabbatini, P., Comuzzo, P., Zulini, L., Vecchione, A., Peterlunger, E., Castellarin, S.D. (2015). Effect of water deficit and severe shoot trimming on the composition of *Vitis vinifera* L. Merlot grapes and wines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22, 245-255.
- Howell, G.S., Wolpert, J.A. (1978). Nodes per cane, primary bud phenology, and spring freeze damage to Concord grapevines: a preliminary note. *Am. J. Enol. Vitic.* 29, 229–232.
- IPCC, 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. A cura di Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor e H.L. Miller.
- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Valentini, G., Pastore, C., and Colucci, E. (2011). The Semi-Minimal-Pruned Hedge: A Novel Mechanized Grapevine Training System.

- Jones, G.V. and Davis, R.E. (2000) Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture* 51, 249–261.
- Keller, M. (2010). Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturist. *Austr. J. Grape WineRes.* 16, 56–69.
- Mazzilli, R. (2019) *Viticultura biologica*. Edagricole
- Moran, M.A., Petrie, P.R. and Sadras, V.O. (2017) Late pruning and carry-over effects on phenology, yield components and berry traits in Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23, 378–389.
- Morando, A. (2001). *Vigna Nuova: Materiali e Tecniche per l’impianto del vigneto*. Edizioni Vit. En., Colosso, Asti, Italy, pp. 50–53.
- Moriondo, M., Jones, G.V., Bois, B., Dibari, C., Ferrise, R., Trombi, G., Bindi, M. (2013). Projected shifts of wine regions in response to climate change. *Clim. Change* 119,825–839.
- Palliotti, A., (Ph. D. thesis) 1992. Energia radiante, produttività delle foglie e fotosintesi in *Vitis vinifera* L. Istituto di Coltivazioni Arboree, University of Perugia, Italy.
- Palliotti, A., Poni, S., Berrios, J.G., Bernizzoni, F. (2010). Vine performance and grape composition as affected by early-season source limitation induced with antitranspirants in two red *Vitis Vinifera* L. cultivars. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16,426–433.
- Palliotti, A., Panara, F., Silvestroni, O., Lanari, V., Sabbatini, P., Howell, G.S., Gatti, M. and Poni, S. (2013a) Influence of mechanical postveraison leaf removal apical to the cluster zone on delay of fruit ripening in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 19, 369–377.
- Palliotti, A., Panara, F., Famiani F., Sabbatini, P., Howell, G.S., Silvestroni, O. and Poni, S. (2013b) Postveraison application of antitranspirant di-1-*p*-menthene to control sugar accumulation in Sangiovese grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 64, 378-385.

- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M. and Poni, S. (2014) Changes in vineyard establishment and canopy management urged by earlier climate-related grape ripening: a review. *Scientia Horticulturae* 178, 43–54.
- Palliotti, A. (2015). *La nuova viticoltura*. Edagricole
- Palliotti, A., Frioni, T., Tombesi, S., Sabbatini, P., Cruz-Castillo, J.G., Lanari, V., Silvestroni, O., Gatti, M. and Poni, S. (2017) Double-pruning grapevines as a management tool to delay berry ripening and control yield. *American Journal of Enology and Viticulture* 68, 412–421.
- Petrie, P.R., Brooke, S.J., Moran, M.A. and Sadras, V.O. (2017) Pruning after budburst to delay and spread grape maturity. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 23, 378-389.
- Poni, S., Intrieri, C., Silvestroni, O. (1994). Interaction of leaf age, fruiting, and exogenous cytokinins in Sangiovese grapevines under non-irrigated conditions. I. GasExchange. *Am. J. Enol. Vitic.* 45, 71–78.
- Poni, S., Gatti, M., Bernizzoni, F., Civardi, S., Bobeica, N., Magnanini, E. and Palliotti, A. (2013) Late leaf removal aimed at delaying ripening in cv. Sangiovese: physiological assessment and vine performance. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 19, 378-387.
- Sadras, V.O. and Moran, M.A. (2012) Elevated temperature decouples anthocyanins and sugars in berries of Shiraz and Cabernet franc. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 18, 115–122.
- Silvestroni, O., Lanari, V., Lattanzi, T. and Palliotti, A. (2018) Delaying winter pruning, after pre-pruning, alters budburst, leaf area, photosynthesis, yield and berry composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, 478-486.
- Tessarin, P., Bombai, G., Garofali, F., Rusin, C., Sevindik, O., Toprak, O., Roberti R., Versari, A., Parpinello, G., Rombolà, A. D., (2014b). Strategie flessibili nella gestione della chioma. *Agricoltura*, 10: 60-62.
- Zheng, W., del Galdo, V., García, J., Balda, P., Martínez de Toda (2017). Use of minimal pruning to delay fruit maturity and improve berry composition under climate change. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68, 136-140.

8. RINGRAZIAMENTI

Il primo grande ringraziamento è rivolto alla Prof.ssa Filippetti per avermi dato la possibilità di svolgere questa tesi e per il prezioso suggerimento che mi ha fornito in merito all'argomento da trattare.

Desidero ringraziare il Dott. Allegro per tutto il tempo che mi ha dedicato, per la pazienza avuta e per i numerosi consigli che è riuscito a dispensare.

Ringrazio la mia famiglia e i miei amici che mi sono stati vicino e che mi hanno sempre sostenuto.

Ringrazio inoltre tutti i professori per la loro professionalità, il loro coinvolgimento e la loro pazienza e ringrazio tutti gli amici studenti che mi hanno accompagnato in questo viaggio emozionante.