

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA
CORSO DI LAUREA IN VITICOLTURA ED ENOLOGIA

**EFFETTI DELLA POTATURA MECCANICA DEL TREBBIANO ROMAGNOLO
ALLEVATO A DOPPIA CORTINA**

Meccanizzazione viticola e impianti enologici

Relatore:

Prof. Fabio Pezzi

Presentata da:

Riccardo Stafuzza

Correlatore:

Dott.ssa Roberta Martelli

Sessione III

Anno accademico 2021 – 2022

ABSTRACT

Lo studio presentato si è posto l'obiettivo di evidenziare gli effetti indotti sul vigneto dalla meccanizzazione della potatura invernale. A tal fine sono state applicate su tre distinti filari tre tecniche di potatura: potatura tradizionale eseguita a mano (tesi m), potatura meccanica con simultanea rifinitura a mano (tesi M+C) e potatura totalmente meccanica (tesi M). Per ognuna sono stati rilevati i parametri operativi, i costi di esercizio e le caratteristiche vegeto-produttive. I risultati ottenuti dimostrano che le tesi meccanizzate consentono di ridurre i tempi di lavoro del 92-94% e l'impiego di manodopera di oltre l'80%. Il costo relativamente contenuto dei mezzi meccanici adottati nelle due tesi meccanizzate rende conveniente l'acquisto anche per la gestione di piccole superfici di vigneto, anche nel caso si disponga di manodopera a costi ridotti. L'utilizzo della potatura meccanica ha causato danni trascurabili agli speroni che, nella forma più grave sono risultati all'incirca dell'1%. Ciò è ben compensato dal maggior numero di speroni lasciati e dal relativo maggior carico di gemme. Ad esempio, nella tesi M il carico di gemme è risultato circa tre volte più alto rispetto a quello ottenuto nella tesi m. Una situazione intermedia è stata registrata con la tesi M+C. Tale evidente differenziazione è stata equilibrata con efficacia dalle piante che, con l'elevato carico di gemme, hanno ridotto il germogliamento, la fertilità e prodotto grappoli più piccoli e spargoli. Anche gli acini si presentavano più piccoli con bucce più spesse e resistenti. Infine, nei filari esaminati, in cui le tre modalità di potatura sono ripetute da molti anni, è stata eseguita una valutazione del Mal dell'esca. I dati rilevati hanno evidenziato una minore incidenza e gravità della malattia nei filari potati meccanicamente. Considerando tutti gli aspetti esaminati si può affermare che la meccanizzazione della potatura può rappresentare una valida scelta nella gestione del vigneto.

INDICE

1	PARTE GENERALE	7
1.1.	INTRODUZIONE ALLA VITICOLTURA E PERCORSO EVOLUTIVO	7
2	FORME DI ALLEVAMENTO DIFFUSE IN E.R. IDONEE ALLA MECCANIZZAZIONE	9
2.1.	SISTEMA A DOPPIA CORTINA O GENEVA DOUBLE CURTAIN (GDC)	9
2.1.1.	<i>Origine e diffusione</i>	10
2.1.2.	<i>L'impianto a Doppia Cortina</i>	11
2.1.3.	<i>Costi d'impianto</i>	13
2.1.4.	<i>Varianti della Doppia Cortina</i>	15
3	TREBBIANO ROMAGNOLO	17
3.1.	MORFOLOGIA	17
3.2.	FASI FENOLOGICHE	19
3.3.	AREA DI PRODUZIONE	20
4	PRINCIPI GENERALI E FISIOLOGIA DELLA POTATURA INVERNALE	21
4.1.	OBIETTIVI	21
4.2.	PRINCIPI FISIOLOGICI DELLA POTATURA	21
4.3.	TIPOLOGIE DI MACCHINE IMPIEGATE	22
4.3.1.	<i>Potatrici a barre falcianti</i>	22
4.3.2.	<i>Potatrici a dischi multipli contrapposti</i>	24
4.3.3.	<i>Potatrici a dischi rotativi</i>	26
4.3.4.	<i>Potatrici a coltelli rotanti</i>	27
4.3.5.	<i>Forbici automatiche</i>	28
4.3.6.	<i>Piattaforme agevolatrici</i>	29
5	MALATTIE LEGATE ALLA POTATURA	31
5.1.	STORIA DEL MAL DELL'ESCA DELLA VITE	31
5.2.	EZIOLOGIA	33
5.2.1.	<i>Funghi mitosporici agenti di tracheomicosi</i>	33
5.2.2.	<i>Basidiomicete agente di carie bianca</i>	34
5.3.	SINTOMATOLOGIA	35
5.3.1.	<i>Venature brune delle barbatelle</i>	35
5.3.2.	<i>Malattia di Petri</i>	36
5.3.3.	<i>Esca giovane</i>	36
5.3.4.	<i>Carie bianca</i>	38
5.3.5.	<i>Esca propria</i>	39
5.3.6.	<i>Sindrome cronica</i>	39
5.3.7.	<i>Sindrome acuta</i>	39

5.3.8.	<i>Fattori di variabilità</i>	40
5.4.	DANNI	41
5.4.1.	<i>Danni qualitativi</i>	41
5.4.2.	<i>Danni quantitativi</i>	42
5.4.3.	<i>Danni indiretti al vigneto</i>	42
5.5.	LOTTA	42
6	PARTE SPERIMENTALE	45
6.1.	SCOPO DELLA TESI	45
6.2.	MATERIALI E METODI	45
6.2.1.	<i>Descrizione del vigneto sperimentale</i>	45
6.2.2.	<i>Esecuzione potatura invernale</i>	46
6.2.3.	<i>Rilevazione dei costi di potatura</i>	48
6.2.4.	<i>Analisi dei parametri vegeto-produttivi</i>	49
6.2.5.	<i>Rilievo incidenza Mal dell'esca</i>	50
6.3.	RISULTATI	51
6.3.1.	<i>Tempi di esecuzione</i>	51
6.3.2.	<i>Valutazione economica</i>	53
6.3.3.	<i>Risultato vegeto-produttivo</i>	55
6.3.4.	<i>Caratteristiche fisico-meccaniche della produzione</i>	58
6.3.5.	<i>Risultati rilievo Mal dell'esca</i>	59
7	CONCLUSIONI	63
8	BIBLIOGRAFIA	67

1 PARTE GENERALE

1.1. INTRODUZIONE ALLA VITICOLTURA E PERCORSO EVOLUTIVO

La viticoltura è una pratica con antiche origini e un percorso dinamico caratterizzato da innumerevoli sfaccettature determinate dagli sviluppi tecnologici e dalle molteplici culture susseguitesi nei millenni. In Italia si racconta una lunga storia di tecniche tramandate di popolo in popolo fino ai giorni nostri. Nell'ultimo secolo la viticoltura ha subito una radicale rivoluzione in seguito all'introduzione della meccanizzazione in ogni intervento agronomico che caratterizza la gestione della vite. I primi tentativi di meccanizzare le operazioni colturali vennero eseguiti per necessità dei viticoltori di ridurre gli elevati tempi e costi di lavoro ch'erano soliti affrontare. Soltanto negli anni cinquanta del secolo scorso, grazie alla tecnologia e conoscenza disponibile, fu possibile sviluppare i primi veri e propri prototipi di vendemmiatrici a scuotimento della chioma. L'idea nacque da un ricercatore californiano e prima che tale tecnologia attraversasse l'oceano per giungere in Europa (in Francia e Italia furono realizzati i primi studi) passarono dieci anni (Winkler *et al.*, 1974). Siamo intorno al 1967. I fattori che ostacolarono maggiormente la diffusione delle macchine nelle realtà vitivinicole italiane e, in generale, nel mondo, furono principalmente i costi di acquisto dei primi modelli in commercio e le forme di allevamento non propriamente meccanizzabili adottate sul territorio. In merito a quest'ultimo aspetto, negli USA, più precisamente nello Stato di New York, in contemporanea con lo sviluppo delle vendemmiatrici, venivano ideate forme di allevamento che permettessero la meccanizzazione della vendemmia, questi sistemi di allevamento sono tutt'ora conosciuti come "Duplex" e "Geneve Double Curtain" (GDC). Come fu per le vendemmiatrici, anche queste forme di allevamento necessitarono poco più di un decennio prima di essere studiate, sperimentate e infine ampiamente adottate anche in Italia. Da questo momento fu di fondamentale importanza il lavoro di ricerca e sperimentazione condotto dagli istituti di ricerca italiani (Intrieri *et al.*, 1988), tra questi, quello dell'Università di Bologna che, tra le molte innovazioni, nel 1977 mise a punto un nuovo sistema di allevamento meccanizzabile: la Cortina Semplice anche conosciuto come Cordone Libero.

L'impatto che la meccanizzazione ebbe sul panorama viticolo nazionale fu positivo anche se la diffusione risultò inizialmente rallentata per via dei costi e della compatibilità con le forme di allevamento. Un aggiuntivo ostacolo che impedì la rapida diffusione delle vendemmiatrici fu la scarsa istruzione e conoscenza dei viticoltori nei confronti di quelle macchine complesse. Nonostante questo, l'avversione alla meccanizzazione sparì quasi subito soprattutto per la necessità di ridurre i costi di raccolta, di contenere i tempi dell'intervento e anche grazie ai risultati ottenuti con la meccanizzazione, i quali non mostravano particolari differenze rispetto ai sistemi

tradizionali. Fu così che, anche grazie alla progressiva riduzione dei costi di acquisto delle macchine, la meccanizzazione si diffuse a macchia di leopardo sul territorio (Intrieri e Poni, 1995; Poni *et al.*, 2016). Un ulteriore motivo che ha incentivato l'utilizzo delle vendemmiatrici e del GDC, specialmente negli ultimi decenni, è la scarsa disponibilità di manodopera qualificata presente sul territorio (Intrieri e Poni, 2000).

Al giorno d'oggi l'applicazione delle macchine in viticoltura è una tecnica consolidata in molte realtà, più o meno estese. L'incessante ricerca nelle tecnologie applicabili alle macchine utilizzate nelle altre pratiche agronomiche permette di sviluppare ed evolvere costantemente il settore e di migliorare i risultati che sono in grado di offrire (Dokoozlian, 2013). Questo tenendo ben presente gli obiettivi di riduzione dei costi e dei tempi di lavoro, a cui si aggiungono la sicurezza degli operatori agricoli, l'ecosostenibilità dell'impiego delle macchine e la qualità del lavoro svolto. Quest'ultimo proposito si definisce dalla precisione del taglio e dal contenimento dei danni allo scheletro, aspetto oggetto di continuo dibattito tra viticoltori e agronomi. Com'era prevedibile, la meccanizzazione integrale del vigneto non si è diffusa su tutto il territorio e la gestione tradizionale è ancora oggi ampiamente utilizzata, soprattutto in quelle realtà a conduzione familiare in cui alla manodopera familiare non è attribuito un costo effettivo. È necessario tener presente, inoltre, che tali aziende gestiscono superfici estremamente limitate che talvolta non giustificano i costi di un conto terzista e tanto meno dell'acquisto di una vendemmiatrice. Non mancano naturalmente i casi in cui le risorse e la possibilità d'acquisto siano presenti ma per via della versatilità dell'intervento si predilige la gestione manuale, almeno per alcune pratiche come potatura e/o vendemmia. In generale, secondo molteplici studi (Allegro *et al.*, 2020; Bates and Morris, 2009; Bates *et al.*, 2018; Clingeleffer, 1993; Collalto *et al.*, 1988; Gatti *et al.*, 2011; Poni *et al.*, 2004; Tomasi *et al.*, 2013), la meccanizzazione di pratiche come appunto la potatura e la vendemmia, oltre alla cimatura, spollonatura e defogliazione, non comporta particolari modifiche in termini di composizione, qualità delle uve e profilo aromatico del vino.

Il quadro vitivinicolo è in costante evoluzione considerando fattori quali l'evoluzione del gusto dei consumatori, le politiche europee, la crisi economica e, forse il più importante fra tutti, il cambiamento climatico. Questi e molti altri fattori convergono nel comporre un quadro di estrema dinamicità da cui scaturirà un tipo di viticoltura completamente diverso da quello che conosciamo e siamo abituati a vedere.

2 FORME DI ALLEVAMENTO DIFFUSE IN E.R. IDONEE ALLA MECCANIZZAZIONE

Le principali forme di allevamento, impiegate in Emilia-Romagna, per agevolare gli interventi agronomici meccanizzati sono in buona parte derivate dalla forma originalmente concepita per tale scopo, ossia il GDC, conosciuto in Italia anche come Doppia Cortina. Alcuni esempi di sistemi di allevamento sviluppati a partire da essa sono la Lira, la Cortina Semplice o Cordone Libero e una sua variante, il Cordone Libero Mobilizzato (CLM).

In aggiunta alle sopracitate forme, tutte accomunate dalla disposizione della chioma a formare una o due cortine parallele, è possibile meccanizzare anche forme con la chioma disposta in parete, comunemente definite “a controspalliera”. Non tutti i sistemi di allevamento di questo tipo sono compatibili con la meccanizzazione della potatura invernale, soltanto il Cordone Speronato, il Casarsa, il Combi e, talvolta, il Guyot risultano esserlo. A grandi linee, la possibilità di meccanizzare il vigneto, oltre alla forma di allevamento, è dovuta anche alle caratteristiche strutturali dell’impianto, in particolare il dimensionamento, la scelta dei materiali e la loro installazione, che devono permettere l’ingresso, l’operatività e la resistenza della struttura portante alle sollecitazioni prodotte dalle macchine. Una volta considerata tale compatibilità, è necessario valutare se la forma di allevamento adottata consente di eseguire un unico passaggio con la potatrice meccanica, come nel caso del Cordone Libero, o se richiede una rifinitura più o meno approfondita come nel caso del Cordone Speronato. In particolare, coerentemente allo studio sul Trebbiano Romagnolo allevato a Doppia Cortina presentato in questo elaborato, viene analizzata di seguito tale forma di allevamento.

2.1. SISTEMA A DOPPIA CORTINA O GENEVA DOUBLE CURTAIN (GDC)



Figura 1 – Vigneto allevato a Doppia Cortina.

2.1.1. Origine e diffusione

La storia del sistema a Doppia Cortina inizia negli Stati Uniti degli anni sessanta (Morris, 2007; Winkler *et al.*, 1957, 1974), quando, all'Università della California a Davis, venne ideata una forma di allevamento della vite che prevedeva due bracci contrapposti su cui si sarebbero sviluppati due organi produttivi, il Duplex. Questo sistema rappresenta il precursore della forma a GDC che differisce da questo per la presenza di cordoni permanenti anziché capi a frutto rinnovati ogni anno. Il significato dell'acronimo GDC è riconducibile al luogo dove questa forma è stata messa a punto, ossia Geneva, comune dello Stato di New York, da cui deriva "Geneva Double Curtain". Il motivo che spinse all'introduzione di questa forma di allevamento è da ricercarsi nel periodo antecedente a quello appena esposto, il secondo dopoguerra. Dallo sviluppo tecnologico e le necessità che il conflitto implicò, scaturì una rivoluzione a livello industriale che influenzò la viticoltura causando un graduale passaggio delle operazioni tradizionali alla meccanizzazione (Shaulis *et al.*, 1973). Fu così che dall'esigenza, e volontà, di meccanizzare le attività in vigneto nacque il bisogno di realizzare una forma di allevamento che fosse compatibile con le macchine in via di sviluppo (Allegro *et al.*, 2023; Morris, 2007). Il funzionamento della vendemmiatrice ideata dal Professor Nelson Shaulis della Stazione sperimentale a Geneva della Cornell University, si basava sulla trasmissione di vibrazioni ai grappoli agendo direttamente sul cordone permanente o sui fili portanti con battitori azionati da una stella pivotante fissata sulla macchina. È la nascita delle vendemmiatrici a scuotimento verticale. Il principio di trasmissione delle vibrazioni richiedeva una forma di allevamento specifica che prevedesse due cortine separate poggianti su fili portanti sostenuti da bracci mobili contrapposti in grado di assecondare il movimento impresso dagli organi della macchina. In seguito alla sperimentazione dei prototipi e del sistema a Doppia Cortina, nel 1967 iniziò la produzione delle prime vendemmiatrici a scuotimento verticale da parte dell'azienda americana Chisholm-Ryder&Co, su richiesta degli stessi viticoltori (Morris, 2007; Shepardson *et al.*, 1969). Come accennato in precedenza, tali progressi in campo viticolo arrivarono in Italia soltanto dopo svariati anni nel corso dei quali vennero eseguite numerose sperimentazioni da parte degli istituti di ricerca nazionali. Durante questo periodo, siamo all'inizio degli anni settanta, avvenne lo sviluppo della prima vendemmiatrice semovente scavallante a scuotimento verticale da parte dell'azienda Montanari, Tanesini e Bubani (MTB) di Faenza, attuale Tanesini Technology. Fu proprio questa ditta ad avviare le prime prove di vendemmia e potatura meccanizzata nel 1975. Negli anni successivi si assisterà a un periodo di crescita ed evoluzione del settore grazie alla ricerca e sviluppo di vendemmiatrici a scuotimento verticale sempre più efficienti, alla costruzione di prototipi operanti per scuotimento orizzontale e all'effettiva diffusione della Doppia

Cortina prevalentemente in Toscana, Emilia-Romagna e Veneto. La caratteristica che accomuna queste regioni è la presenza di terreni fertili e pianeggianti che si dimostrarono essere il substrato ideale per via della loro capacità di contenere l'elevata vigoria di specifiche cultivar pur mantenendo l'eccezionale produttività. Gli svantaggi che accompagnano questa forma di allevamento sono sostanzialmente le operazioni colturali aggiuntive necessarie per una corretta gestione della chioma in fase vegetativa e il costo dell'impianto. Questi interventi sono la pettinatura della chioma e la distribuzione dei prodotti antiparassitari che risulta essere non omogenea per via della presenza di una doppia chioma. La pettinatura agisce sui germogli che invadono lo spazio centrale tra le due cortine, essa permette di posizionarli verso l'esterno per consentire una buona esposizione della vegetazione alla luce oltre a favorirne l'areazione. In questo modo si evita la formazione di microclimi all'interno della chioma che favorirebbero l'instaurarsi di marciumi e funghi. Tale intervento, non fondamentale ma fortemente consigliato, comporta maggiori costi di gestione per via degli specifici mezzi richiesti, d'altro canto permette di ottenere una produzione di maggior qualità (Sánchez and Dokoozlian, 2005). Il secondo ostacolo è l'elevato costo dei materiali che compongono la struttura portante che andrà a fare da tutore alle piante. Tutti questi elementi hanno causato un rallentamento della diffusione della forma a Doppia Cortina. Ad oggi questo tipo di sistema di allevamento è diffuso maggiormente in Emilia-Romagna proprio per via del cospicuo quantitativo di superficie pianeggiante e fertile, ideale, come abbiamo detto, per questa forma e, soprattutto, per le cultivar molto vigorose diffuse in tale areale. È presente, comunque, anche in altre regioni come Piemonte, Lombardia e in parte in Veneto.

2.1.2. L'impianto a Doppia Cortina

La forma di allevamento a Doppia Cortina (Fig. 1) prevede che la pianta sviluppi un fusto verticale che ad altezze variabili da terra (tra i 1,50 e 1,70 m) si divide in due cordoni permanenti orizzontali. Questi due cordoni disposti in parallelo ma in direzioni opposte, costituiscono la base per lo sviluppo delle rispettive cortine. Esse sono separate da uno spazio vuoto creato dalle spalle dei cordoni. Queste formazioni, facenti parte del cordone permanente, permettono una buona esposizione alla luce di entrambi i lati delle cortine, una corretta circolazione dell'aria all'interno di esse e favoriscono la fertilità delle gemme (Sánchez and Dokoozlian, 2005).

La struttura portante (Fig. 2) è composta da pali di testata e intermedi alti solitamente 3 m e piantumati per 1/3 o più della loro lunghezza in modo che sporgano da terra per almeno 1,80 m. In particolare, i pali intermedi non vengono distanziati più di 6-7 m l'uno dall'altro per evitare allentamenti del filo portante.

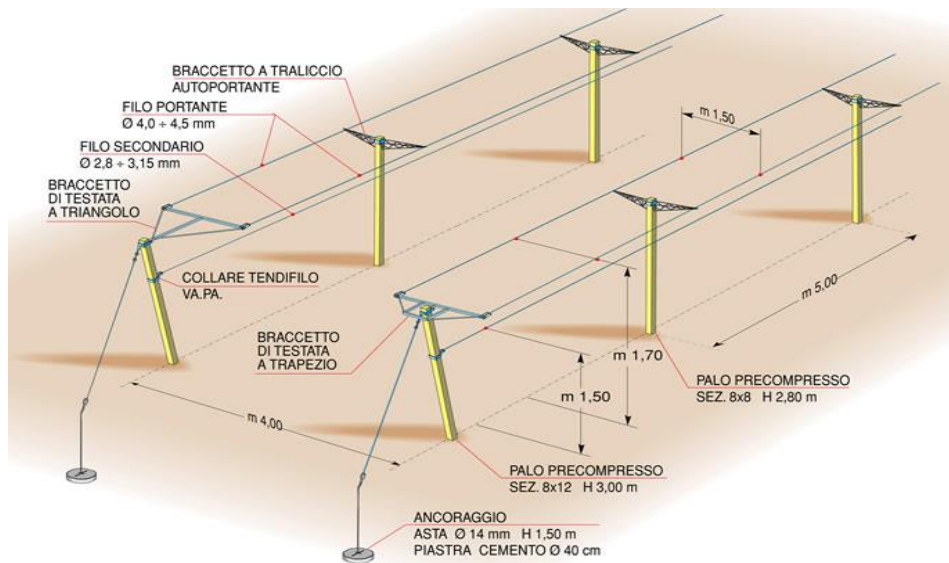


Figura 2 - Tipica struttura portante del sistema di allevamento a Doppia Cortina (Vignatech.it).

Ad un'altezza da terra di circa 1,80 m, variabile in base alla lunghezza della porzione fuori suolo del palo, sono fissati due braccetti metallici contrapposti (a formare una T con l'asse verticale del palo), lunghi tra i 0,60 e i 0,70 m, perpendicolari all'orientamento del filare, sulle cui estremità sono poggiati i fili portanti. Il loro scopo è quello di fungere da sostegno per i rispettivi fili e cordoni, inoltre, essendo mobili e fulcranti rispetto al palo, sono in grado di assecondare il moto verticale impresso dalla vendemmiatrice. La struttura si completa con i divaricatori, ovvero braccetti che portano alla loro estremità fili accessori per la pettinatura semiautomatica. Lo scopo di questi elementi è quello di tendere i fili al di sopra della vegetazione e indirizzare i germogli verso l'esterno, sarà poi lo stesso peso della vegetazione e dei grappoli a mantenere in posizione procombente i tralci. Il sesto d'impianto è generalmente di 3,8-4,2 m tra le file e di 1-1,5 m tra le piante in base alle caratteristiche della cultivar a dimora e alla presenza di uno o due cordoni della stessa pianta. Queste misure permettono di ottenere una densità ad ettaro compresa tra le 2400 e le 2800 piante.

Le peculiarità che esprime questa forma di allevamento, ideata per essere integralmente meccanizzabile, sono la suddivisione della chioma in due cortine per via dello sviluppo delle spalle per ogni lato della struttura, l'assenza di fili di contenimento della vegetazione e il contenimento della vigoria di determinate cultivar. I vantaggi che procura sono un buon rapporto quanti-qualitativo della produzione per unità di superficie, riduzione dei costi per la possibilità di meccanizzare integralmente la gestione del vigneto ed eseguire una vendemmia di qualità riducendo i danni alla produzione. Le problematiche che invece comporta sono la necessità di ambienti fertili per via dell'altezza del fusto e della presenza di due spalle, gli elevati costi d'impianto, la necessità di macchine specifiche per la particolare struttura, la sensibilità a eventi

meteorici estremi e infine la fase di allevamento che risulta lunga e laboriosa. Per quest'ultima fase, infatti, affinché la pianta assuma la forma descritta in precedenza, è essenziale eseguire un'appropriata e attenta potatura in fase di allevamento.

In seguito alla messa a dimora delle barbatelle, è necessario permettere alla barbatella di sviluppare alcuni germogli in previsione di rotture ma soprattutto per ridurre la vigoria generale. Durante la fase vegetativa, quando i germogli, ormai tralci, sono ben sviluppati e raggiungono una lunghezza approssimativa di 30 cm, si procede con la selezione dei due organi più vigorosi che rispettano il percorso linfatico. Gli altri vengono cimati. Nello stesso momento è consigliato effettuare una legatura al tutore dei germogli selezionati per garantirne la verticalità. Con la potatura al bruno del primo anno viene scelto il tralcio migliore che subisce una spuntatura all'altezza a cui si desidera formare la spalla, in genere 1,60-1,70 m, tutti gli altri invece vengono eliminati. Un'ulteriore operazione possibile è la de-gemmazione della parte basale del tralcio, fatta eccezione per le prime 5-6 gemme apicali. In tal modo si eviterebbe la spollonatura gli anni seguenti ma allo stesso tempo si elimina la possibilità di sostituire il cordone per qualsiasi eventualità. Nel secondo anno, alla ripresa vegetativa, vengono lasciate sviluppare le gemme apicali mentre tutti gli altri germogli competitori sono eliminati. Durante il riposo vegetativo si selezionano due tralci ben inseriti sul tronco che vengono successivamente stesi sui fili portanti in direzioni opposte cercando di posizionare il tralcio a livello della curva in modo che non si creino strozzature. Il tralcio che costituirà il cordone permanente viene poi fatto passare al di sopra del filo portante, arrotolato e assicurato ad esso in molteplici punti. Questa operazione, assieme alla sovrapposizione del tralcio a quello successivo, viene effettuata per evitare che scivoli lungo il filo.

In sintesi, la Doppia Cortina è un impianto ideale per la viticoltura di pianura del centro-Nord, con obiettivi di produzione intorno alle 15-20 t/ha, di media qualità, il tutto contenendo i costi di gestione. Infine, grazie allo sdoppiamento della parete in due cortine che permette di aumentare la superficie fogliare irradiata si riscontra un aumento della resa fotosintetica (Intrieri et al., 2011; Martinez e Sancha, 1999).

2.1.3. Costi d'impianto

Per quanto riguarda i costi d'impianto, questa forma di allevamento richiede, mediamente, maggiori costi di investimento rispetto alle altre forme. Indicativamente, il costo del solo materiale per la realizzazione di un ettaro di vigneto allevato a Doppia Cortina con sesto d'impianto 4,0 x 1,0 m (2500 ceppi/ha), pali intermedi ogni 6 m e 13 filari, ammonta ad almeno 30.000 €/ha considerando i prezzi attuali. Di seguito (Tab. 1) sono riepilogate le principali voci di costo per l'impianto aggiornate a dicembre 2022 ottenute grazie alla collaborazione del Consorzio Agrario di Imola.

Tabella 1 - Dettaglio dei costi unitari (€/ha) dei materiali necessari alla realizzazione di un ettaro di vigneto allevato a doppia cortina.

Materiale	€/ unità	Quantità	Costo (€/ha)
Palo testata in cemento (m 3,00/8x12/18 fili)	25,40	26	660
Palo intermedio in cemento (2,8 m/8x8/12 fili)	14,20	417	5.922
Collare tendifilo	4,10	26	107
Gancio per tirante	7,60	26	198
Ancora (piastra in cemento Ø 40, asta 1,2 m, Ø 12mm)	32,50	26	845
Filo centrale acciaio (Ø 2,20 mm, rotoli da 25 kg)	5,20	76 kg	395
Filo portante acciaio (Ø 3,50 mm, rotoli da 25 kg)	5,40	385 kg	2.079
Filo per pettinatura (Ø 2,00 mm, rotoli da 25 kg)	5,70	125 kg	713
Braccetto testata a trapezio	49,90	26	1.297
Braccetto tubolare	34,60	417	14.428
Divaricatore tubolare per pettinatura	12,90	139	1.793
Tutore in ferro (1,80 m, Ø 7 mm)	0,80	2.083	1.666
Fermaglio per tutore	0,07	2.083	146
Barbatella innestata paraffinata	1,60	2.500	4.000
TOTALE (€/ha)			34.249

Relativamente ai costi di piantumazione (Tab. 2), anch'essi aggiornati a dicembre 2022 ottenuti mediante un'intervista a operatori tecnici del settore, una particolare incidenza è dovuta al costo della manodopera per la stesura e il montaggio di braccetti metallici e degli innumerevoli pali intermedi. I costi totali di manodopera per l'impianto si stimano superiori a 7.000 €/ha.

Tabella 2 - Costo unitario (€/ha) della manodopera necessaria alla realizzazione di un vigneto allevato a doppia cortina.

Intervento	€/unità	N°	Costo (€/ha)
Trapianto meccanico barbatelle	0,40	2.500	1.000
Squadratura pali di testata	0,55	26	14
Posa pali di testata	4,50	26	293
Squadratura pali intermedi	0,55	417	230
Posa pali intermedi	2,50	417	1.043
Squadratura ancore	0,55	26	39
Montaggio e posa delle ancore	6,5	26	169
Montaggio testata triangolare	4,0	26	104
Montaggio gancio per tirante e collegamento all'ancora	5,80	26	151
Montaggio braccetti intermedi	3,00	417	1.251
Montaggio divaricatori per pettinatura	2,00	139	278
Stesura e montaggio filo portante, filo centrale e fili per pettinatura	0,35	2.600	910
Fissaggio tutori e applicazione del fermaglio per bloccaggio al filo centrale	0,35	2.500	875
Impianto barbatella	0,35	2.500	875
TOTALE (€/ha)			7.232

Considerando le due fonti di costi (materiali e manodopera) si raggiunge così un costo complessivo superiore ai 41.000 €/ha, ben al di sopra della spesa da affrontare per le forme d'allevamento in parete. Infatti, per l'impianto di un Casarsa o di un Cordone Speronato possono essere necessari rispettivamente circa 24.000 €/ha e 27.000 €/ha (i costi variano in base alla densità d'impianto) (Comunicazione personale).

È necessario sottolineare l'importanza nell'utilizzo del filo in acciaio inox oppure fili con copertura Zinco-Alluminio ad alta resistenza piuttosto che il filo zincato o Zinco-Alluminio spiralato. L'acciaio inox o lo Zinco-Alluminio ad alta resistenza resta in costante tensione migliorando tutte le operazioni meccanizzate. Inoltre, sono molto meno voluminosi e più semplici da distribuire e posizionare.

2.1.4. Varianti della Doppia Cortina

Nel 1977, l'Università di Bologna mise a punto una variante della Doppia Cortina a unica cortina, la Cortina Semplice, anche conosciuta come Cordone Libero. Questa forma di allevamento consiste in una semplificazione del GDC essendo caratterizzata da un unico cordone permanente posizionato sul filo portante a 1,80-2,00 m da terra. Non prevede alcun filo di contenimento della vegetazione, non necessita della

pettinatura e le macchine ideate per la gestione della chioma delle altre forme sono spesso compatibili anche con questo sistema di allevamento.

Pochi anni dopo, dal 1980, si diffonde la Lira, ideata dal Dott. Alain Carbonneau, docente di Viticoltura a Montpellier. Tale sistema, è in grado di migliorare ulteriormente il microclima della chioma che viene meglio esposta alla luce solare. La struttura della pianta prevede due cordoni permanenti coltivati su due fili portanti paralleli, l'area produttiva è posizionata inizialmente verso l'alto, poi tende a deviare verso il basso assumendo la forma della Lira.

Un'altra variante sviluppata alla fine degli anni ottanta è il Cordone Libero Mobilizzato (CLM), caratterizzato da un ceppo che presenta un'accentuata inarcatura verso l'esterno per dare elasticità allo scheletro. Questa particolare struttura permetterebbe al cordone permanente di oscillare e adattarsi all'effetto tramesso dalle vendemmiatrici a scuotimento verticale. Si tratta dunque di un cordone libero ma compatibile con vendemmiatrici a scuotimento verticale anziché orizzontale. In generale tutte queste varianti non apportano alcun vantaggio nella pratica ed è proprio per questo motivo che tutt'oggi hanno scarsa diffusione.

3 TREBBIANO ROMAGNOLO

Il Trebbiano Romagnolo, anche conosciuto in Romagna come Trebbiano della Fiamma, è un vitigno la cui storia sembra risalire all'epoca romana. Le prime testimonianze relative a questa specifica cultivar risalgono al XIV secolo. In quell'epoca era conosciuto come Tribania dal latino "Trebula" o "fattoria", il motivo di tale nome si crede che sia da attribuire al fatto che era considerato un "vino casareccio". Si tratta di una specie di uva a bacca bianca, con acini piccoli e tondi.

Le caratteristiche morfologiche del Trebbiano Romagnolo sono registrate nel Catalogo nazionale delle varietà di vite del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (Mipaaf).



Figura 3 – Grappolo varietà Trebbiano Romagnolo.

3.1. MORFOLOGIA

I caratteri morfologici riportati sono relativi a un clone di "Trebbiano Romagnolo" coltivato presso la collezione ampelografica della Stazione Sperimentale di Viticoltura ed Enologia di Conegliano. La definizione dei caratteri morfologici segue un ordine cronologico, da inizio germogliamento fino a maturità dei grappoli.

L'apice nella fase di germoglio è lungo 10-20 cm, si mostrano con una media espansione, di color bianco con sfumature rosse o rosacee ai bordi e una consistenza cotonosa. Le prime tre foglioline apicali che si sviluppano dall'apice si presentano con una pagina superiore aracnoidea e una pagina inferiore cotonosa a livello delle ramificazioni delle nervature. Il colore principale è il verde ma si notano ancora sfumature rosate ai margini fogliari e toni dorati sulla superficie. Le foglioline basali del germoglio sono simili a quelle apicali ma con la pagina inferiore villosa, un aspetto ondulato e il lobo centrale lanceolato. L'asse del germoglio è curvo, setoloso e di color verde.

Durante la fioritura, l'apice è sempre cotonoso, di color biancastro sfumato rosaceo ai bordi. Le foglie apicali sono spiegate, superiormente pelose e inferiormente cotonose, di color verde con riflessi bronzei. Appaiono leggermente bollose ed evidentemente trilobate. Le foglie basali hanno, come a inizio ripresa vegetativa, caratteristiche simili alle foglie apicali con la differenza che i riflessi bronzei si sono schiariti in sfumature dorate e il seno peziolare va chiudendosi. L'asse del germoglio accresce invariato.

È da questo momento che si parla di tralcio e non più di germoglio. In particolare, distinguiamo del tralcio la fase erbacea e la fase legnosa. La prima consiste in un organo di colore verde sfumato rossastro in prossimità dei nodi e su di un lato, con sezione ellittica e una superficie liscia. Questo organo ospita anche altre strutture erbacee come i viticci, bifidi o trifidi inseriti a intermittenza (0-1-2-0-1-2), e le infiorescenze di struttura piramidale compatta costituita dai bottoni fiorali da cui si svilupperanno fiori ermafroditi (Cosmo, 1940).

Le foglie, di grandezza media, hanno forma pentagonale tri e pentalobata. Il seno peziolare è ormai chiuso dalla sovrapposizione dei bordi dei lobi, i seni laterali superiori sono in chiusura mentre quelli inferiori risultano essere poco profondi. La pagina superiore si presenta di color verde chiaro opaco, priva di peluria con un aspetto bolloso mentre quella inferiore è di color grigio-verde, vellutata in prossimità delle venature. Il picciolo è corto, setoloso e di colore verde con sfumature rosa.

Il grappolo maturo (Fig. 3) ha in media una lunghezza di 20 cm, una forma cilindro-piramidale provvisto di una o due ali. Ha un aspetto mediamente compatto con il peduncolo erbaceo esile ma ben visibile. I pedicelli sono abbastanza corti e di color verde chiaro. Avvicinandosi all'acino si fatica a notare il pedicello che è in genere di colore verde giallastro e il pennello che risulta essere piccolo e corto. L'acino è di media grandezza, di forma sferoidale regolare, la buccia, pruinosa, è di color giallo ambrato che talvolta può diventare di colore rossastro. In sezione si dimostra essere sottile, consistente e ricca di tannini. Internamente, la polpa è succosa, poco consistente tant'è che viene definita sciolta e dolce, i vinaccioli sono piccoli, tozzi e solitamente due per bacca.

La seconda fase del tralcio, ovvero quella legnosa, sopraggiunge a fine agosto o settembre ed espone un organo di media lunghezza a sezione ellittica con una media robustezza alle sollecitazioni. Gli internodi, di color nocciola chiaro con sfumature rosicce, sono piuttosto corti. Alle estremità sono invece di color più intenso senza particolarità. Le gemme che porta sono di forma conica e di dimensioni regolari. Infine, il tronco è robusto.

3.2. FASI FENOLOGICHE

Per quanto riguarda la fenologia (Lorenz *et al.*, 1995) del Trebbiano Romagnolo, determinata sempre sul medesimo clone coltivato a Conegliano, si articola nelle seguenti fasi:

- Germogliamento: medio (metà aprile);
- Fioritura: media (prima decade di giugno);
- Invaiaatura: media;
- Maturazione dell'uva: IV epoca (primi di ottobre)

Le caratteristiche e attitudini colturali sono le seguenti:

- Vigoria: medio-elevata;
- Portamento: semi procombente, espanso (consente l'autoregolazione vegetativa delle piante);
- Produzione: abbondante e costante;
- Posizione del primo germoglio fruttifero: seconda gemma;
- Numero medio di infiorescenze per germoglio: 1-2;
- Fertilità delle femminelle: nulla;
- Resistenza alle malattie e altre avversità: buona resistenza alla peronospora, discreta nei confronti dell'oidio. Presenta una buona resistenza al marciume, ottimo aspetto per gli ambienti collinari in cui si conserva bene l'uva sulla pianta o in fruttajo. Riguardo alle fisiopatie, è abbastanza sensibile alla carenza di potassio, mediamente sensibile alla clorosi e al disseccamento del rachide;
- Comportamento rispetto alla moltiplicazione per innesto: normale.

3.3. AREA DI PRODUZIONE

La produzione di tale varietà d'uva è compresa tra la zona di Castenaso, un paese a pochi chilometri a Est di Bologna, e Cattolica (Fig. 4). L'area di maggior densità di vigneti di Trebbiano Romagnolo è quella di pertinenza alla provincia di Ravenna.

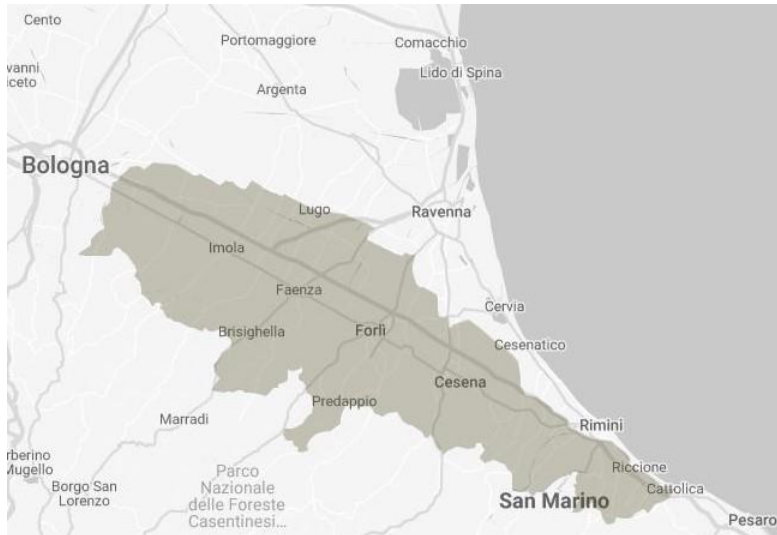


Figura 4 – Area di maggior diffusione del Trebbiano Romagnolo.

Ad oggi la produzione di questo vitigno è tutelata dal Consorzio Vini di Romagna che riunisce coltivatori e cantine sin dal 1962, l'obiettivo è quello di sostenere la qualità dei prodotti enologici regionali, l'equilibrio dei prezzi e la valorizzazione dei prodotti interni ed esterni al territorio locale. In generale, le uve di Trebbiano Romagnolo sono destinate alla produzione di vini fermi o spumanti. Approfondendo i vini prodotti con l'uva di Trebbiano romagnolo vengono proposti prodotti di buona acidità e leggerezza al palato. Essi risultano essere poco aromatici e di discreta struttura, i prodotti di maggiore qualità possono essere abbinati con primi e secondi di pesce. Il colore è giallo paglierino.

4 PRINCIPI GENERALI E FISIOLOGIA DELLA POTATURA INVERNALE

4.1. OBIETTIVI

La potatura invernale è caratterizzata da una sequenza di attività che hanno lo scopo di rimuovere lo scheletro in eccesso della parte aerea della pianta sviluppatosi nella precedente annata (Tessie e Freeman, 1995). Il periodo ideale per effettuare la potatura invernale è l'inverno, ovvero quando la pianta è in riposo vegetativo. Indicativamente, il periodo consigliato è tra gennaio e marzo in base a molteplici fattori e obiettivi da conseguire. Oltre all'eliminazione dei tralci dell'anno precedente, per determinate forme di allevamento sono previste ulteriori operazioni accessorie, come la legatura nel Sylvoz o l'applicazione di mastici a base di fungicidi sulle ferite di potatura di grandi dimensioni. Gli effetti che la potatura invernale induce sulla pianta sono molteplici in relazione agli effetti che tale pratica produce sulla fisiologia, sviluppo e produzione quali-quantitativa. Già con la potatura di allevamento si induce la pianta a entrare in produzione dopo pochi anni dall'impianto, mentre, con le successive potature invernali, si interviene sull'equilibrio vegeto-produttivo delle piante per gestire la produzione e ottenere una produzione della qualità desiderata e nella quantità adeguata. La potatura ha inoltre un importante ruolo di adeguamento della parte aerea della pianta affinché assuma il sistema di allevamento richiesto dal viticoltore. Ciò è possibile proprio grazie alla gestione dello scheletro tenendo conto della salute del soggetto e della potenziale longevità, aspetto cruciale per un vigneto.

4.2. PRINCIPI FISIOLOGICI DELLA POTATURA

I principi di riferimento per una corretta potatura possono essere così riepilogati:

- La produzione è generalmente sviluppata dalla vegetazione di un anno, ovvero i germogli che si originano dalle gemme che si schiudono alla ripresa vegetativa (non mancano tuttavia le eccezioni);
- La produzione è correlata con le gemme quindi la quantità di gemme lasciate dalla potatura influenza in modo determinante la quantità e quindi la qualità dell'uva. A grandi linee, più gemme si lasciano, più grappoli si otterranno;
- La potatura deve essere bilanciata in funzione della vigoria della pianta.
Una pianta molto vigorosa gestita con una potatura povera comporterà un eccesso di vegetazione e al contempo una produzione ridotta. Nel caso di cultivar poco vigorose, una potatura povera andrebbe a indebolire troppo la pianta che risulterebbe deperita e con una produzione appena sufficiente;
- La potatura, come accennato per la legatura nel Sylvoz, è spesso accompagnata da altre operazioni sullo scheletro che permettono di ottenere il risultato richiesto. La disposizione nello spazio del tralcio o cordone permanente influisce in modo

significativo sullo sviluppo vegetativo dando la possibilità di gestire l'attitudine a vegetare e a fruttificare.

4.3. TIPOLOGIE DI MACCHINE IMPIEGATE

Normalmente i modelli di potatrici meccaniche utilizzate per la potatura invernale sono dispositivi portati, ovvero macchine che per funzionare devono essere installate sul mezzo agricolo e collegate alla presa di potenza o al circuito idraulico. Quest'ultimo metodo di azionamento conferisce alla macchina una maggiore capacità di adeguarsi alle molteplici forme di allevamento. Il posizionamento delle potatrici, di qualunque tipo siano, è potenzialmente possibile effettuarlo anteriormente, posteriormente o lateralmente alla trattrice. Quest'ultimo caso risulta più raro rispetto ai precedenti in quanto richiede la dotazione della presa di potenza e/o degli spinotti per l'impianto idraulico sul lato, oltre all'immane staffatura per il sostegno della macchina. A questo si aggiunge l'aumento dell'ingombro laterale del cantiere aspetto problematico in un ambiente dove lo spazio nell'interfilare è sempre più limitato.

Nessun particolare svantaggio si verifica con l'installazione delle potatrici frontalmente o posteriormente al trattore, anzi, permette di ridurre l'ingombro laterale e, in entrambi i casi, è possibile utilizzare strutture scavallanti in grado di operare su entrambi i lati del filare in un unico passaggio. A tal proposito esistono telai ideati specificatamente per la potatura oppure telai universali sui quali è possibile montare gli strumenti di lavoro per qualsiasi operazione colturale si debba effettuare.

4.3.1. Potatrici a barre falcianti

Le potatrici a barre falcianti (Fig. 5) sono costituite da un telaio, che in alcuni casi può essere scavallante, su cui vengono installate le barre. Inoltre, tale supporto, può essere fissato anteriormente o lateralmente alla trattrice. A questa macro-tipologia appartengono tre differenti tipi di organi di taglio, uno con lama oscillante e contro-lama fissa, uno con lama e contro-lama entrambi oscillanti e un altro ancora a doppia lama oscillante.



Figura 5 – Potatrice a barre falcianti della ditta Tanesini Technology modello “Trimmer” monolaterale.

L’azione di taglio per le potatrici a lama mobile e contro-lama fissa avviene in due fasi. Con l’avanzare del cantiere ad una velocità compresa tra 0,5 e 3,5 km/h, i tralci sono raccolti tra i denti fissi e subiscono una compressione tra un dente fisso e uno tagliente della lama fino a quando la forza è sufficiente per recidere il tralcio. È quindi fondamentale che l’avanzamento della macchina sia sufficiente ad alimentare gli organi di taglio coi tralci e che la frequenza del moto rettilineo alternativo delle lame, di 80-100 cicli/min circa, sia abbastanza elevato da eseguire un taglio netto per contrapposizione.

Le potatrici a doppia lama oscillante rappresentano un’evoluzione più produttiva rispetto al primo modello e hanno l’obiettivo di migliorare l’esecuzione del taglio.

Il funzionamento di questa variante prevede due lame sovrapposte con moto alternativo opposto l’una all’altra. La modalità di taglio è la medesima ma con risultati migliori, infatti, l’azione di due lame mobili contrapposte permette di effettuare tagli più rapidi e precisi, di ridurre i casi di blocco delle lame e di avanzare con maggiore velocità. Questi modelli, inoltre, possiedono un miglior bilanciamento dinamico e leggerezza strutturale. Per quanto riguarda le lame oscillanti con contro-lama mobile, essendo azionate da cinghie in gomma, permettono di essere impiegate solo negli interventi in verde a differenza dei modelli precedenti che sono applicabili anche alla gestione del bruno.

Nel caso in cui si preferisca uno strumento scavallante, è necessario installare sul telaio molteplici lame in grado di lavorare su entrambi i lati del filare. Tali potatrici sono dette “a barre multiple”. La principale caratteristica di queste macchine è data dalla semplicità della struttura e degli organi di taglio che, essendo semplici barre montate su supporti indipendenti mossi da un circuito idraulico flessibile e leggero, le rende adattabili a molteplici forme di allevamento della vite. Grazie al principio di

funzionamento risultano impiegabili, come accennato, anche alla gestione verde. In seguito alla diffusione della Doppia Cortina in Italia, questo genere di macchine venne perfezionata con l'aggiunta di una quarta lama, posizionata internamente alla cortina in modo da eliminare i tralci sviluppati verso l'interno della chioma. Tale lama, vista la presenza di ostacoli nello spazio tra le cortine del GDC, è anticipata da un tastatore che, collegato con un meccanismo a molle e contrappesi, permette alla lama di scavalcare i braccetti e le spalle delle viti evitando di causare danni alla vegetazione e alla strumentazione.

Gli accessori che è possibile affiancare alle barre falcianti per ottimizzare la potatura invernale sono lo stralciatore e i tastatori. Il primo di questi è sostanzialmente un pettine metallico capace di insinuarsi all'interno della chioma e di asportare i sarmenti. Al contempo è in grado di rientrare in presenza di ostacoli e ritornare in posizione grazie ad un sistema di molle. Un aspetto interessante per questo studio è l'azione di stralciatura che precede il taglio del tralcio da parte delle barre falcianti. In questo caso, anche se si ottiene una stralciatura non perfetta, sono notevolmente ridotti gli oneri per la successiva rifinitura manuale. I tastatori, infine, che siano di tipo meccanico, a slitta interrotta od ottici, sono elementi che permettono alle lame di rientrare ed evitare ostacoli quali tutori e pali della struttura di allevamento. Peculiarità dei tastatori a slitta interrotta è la capacità di evitare il trascinarsi dei tralci. Per finire, tali macchine sono caratterizzate da un costo di acquisto e manutenzione contenuti ed elevata compatibilità con le forme di allevamento a chioma libera. Al contrario, trovano maggiori difficoltà sulle forme in parete rendendo necessari in alcuni casi, oltre alle barre retrattili e lo stralciatore il cui impiego tra l'altro rallenta il cantiere, interventi di rifinitura manuale.

4.3.2. Potatrici a dischi multipli contrapposti

Questo genere di macchine è di concezione francese e nasce per operare sulle forme in parete. L'obiettivo di questa potatrice è effettuare sia una potatura nel rispetto della struttura sia una efficace stralciatura. La macchina (Fig. 6), sovente chiamata "a margherita" è costituita da un telaio scavallante a forma di U rovesciata sui cui segmenti verticali sono posizionati i rotori idraulici ognuno dei quali lavora al lato del filare. Su ciascun rotore sono montate una serie di dischi, da 6 fino a 10 unità sfalsate rispetto alla serie opposta, che rappresentano l'organo di taglio



Figura 6 – Potatrice a dischi multipli contrapposti della Tanesini Technology.

I dischi possono essere caratterizzati da:

- bordo fornito di denti (da qui la “forma a margherita”), al centro di questi sono presenti lame circolari fisse;
- bordo dentato (“forma a margherita”) su cui sono fissate lame a formare un uncino che ruotano solidalmente ad essi ad una velocità periferica simile a quella d’avanzamento;
- seghe circolari caratterizzate da elevata velocità di rotazione innestate su un carter di protezione immobile o rotante.

I due rotori, durante l’operazione di potatura, risultano sovrapposti per una piccola porzione dei dischi e sono mantenuti in posizione da molle installate nella sezione superiore dei rotori. L’azione di taglio avviene grazie al moto contrario delle due serie di dischi e alla loro sovrapposizione che, seppur minima, permette ai denti di raccogliere i tralci e di tagliarli. Sul piano verticale ogni sezione di taglio si trova compresa tra due lame appartenenti ad utensili del lato opposto, in breve esse si intersecano per alcuni centimetri. Per evitare gli ostacoli rappresentati dai pali intermedi in cemento, la macchina si avvale di dischi di protezione o tastatori meccanici od ottici che consentono l’apertura e chiusura dei due alberi. Per quanto riguarda i fili per il contenimento della vegetazione, finché sono posizionati correttamente e ben tesi, non vi è rischio di rottura per via della direzione parallela che possiedono rispetto alle sezioni di taglio.

Questo tipo di potatrice, non prevedendo l’utilizzo dello stralciatore per via dei molteplici tagli che già consentono la caduta dei sarmenti, è in grado di avanzare a velocità relativamente elevata. Considerando i tagli esclusivamente orizzontali e la modularità della macchina grazie alla quale i dischi possono essere liberamente distanziati sui singoli rotori, questa tipologia di potatrice risulta idonea alla pre-potatura meccanica su sistemi a controspalliera con tralci mantenuti verticali (Sylvoz e Cordone

Speronato) ma anche su sistemi con tralci posizionati al di sotto del cordone permanente. Nel caso di forme semi libere è possibile la consociazione di questo sistema con barre falcianti montate verticalmente.

Una recente variante dei doppi dischi rotanti è quella che prevede un'unica serie di margherite affiancata ad una serie di dischi metallici. Tale modifica permette di ridurre il peso della macchina, della manutenzione richiesta e soprattutto dei costi d'acquisto. Per contro, tali macchine, rispetto agli altri modelli trattati in questo elaborato, hanno una costruzione meccanica impegnativa, elevato peso (tra l'altro sbilanciato lateralmente quando montate sulle trattrici) ed ingombro, un costo di acquisto e manutenzione importante, nessuna adattabilità ad operare su forme diverse da quelle in parete né negli interventi di potatura verde.

4.3.3. Potatrici a dischi rotativi

Questo modello di potatrici (Fig. 7) utilizzano dischi con un particolare bordo seghettato. Tali organi di taglio sono azionati da un motore idraulico.



Figura 7 – Potatrice a dischi rotativi con contorno seghettato.

La modalità di taglio è molto semplice, grazie alla velocità periferica del disco con bordo affilato e al suo incontro con un corpo solido quale il tralcio lignificato, avviene la recisione di quest'ultimo. La macchina è ideale per operare su forme di allevamento libere ed eseguire tagli radenti. Tali operazioni non richiedono successive rifiniture a mano in quanto i sarmenti cadono autonomamente in seguito al passaggio della macchina. Nel caso in cui si operi su forme con fili di sostegno, è necessario affiancare ai dischi rotativi altre tipologie di organo di taglio per recidere la vegetazione nelle parti più alte della struttura.

Spesso accade che in piccole aziende in Francia utilizzino potatrici datate o comunque obsolete che effettuano i tagli sopra al cordone grazie all'azione di due seghe circolari lievemente sovrapposte e che la stralciatura venga operata da segmenti metallici mobili fissati ai dischi. Questo genere di macchine è dunque consigliata per effettuare tagli di importante entità in quanto permette di ottenere un risultato pulito e regolare che favorisce la cicatrizzazione del taglio. Risultano essere inadeguate a operare su organi vegetativi giovani in grado di deformarsi. Per tale motivo, è consigliato agire col disco su tralci perpendicolari all'azione di taglio e per far sì che ciò accada, si utilizzano accessori che li tendono verso l'alto.

Si caratterizzano inoltre per essere ampiamente regolabili, poco costose, necessitano di scarsa manutenzione ma sono anche abbastanza pericolose.

4.3.4. *Potatrici a coltelli rotanti*

Si tratta di macchine provviste di coltelli rotanti (Fig. 8) e contro-coltelli fissi che si contrappongono al moto degli organi di taglio.



Figura 8 – Potatrice a coltelli rotanti con contro-lame fisse.

È una macchina che trova una migliore collocazione nell'esecuzione della potatura in verde piuttosto che la potatura invernale ma ciò non esclude che sia talvolta adoperata per quest'ultima operazione. Solitamente il numero di coltelli è compreso tra 4 e 7 e sono fissati su un rotore in posizione radiale. A questo è affiancato un secondo rotore abbastanza vicino da permettere ai coltelli dei rispettivi rotori di sfiorarsi a vicenda con il lato affilato. Questa particolare impostazione dei due rotori permette ai coltelli rotanti di lambire gli organi fissi, in questo modo si effettua un taglio a forbice. In sintesi, si

raccogliono i tralci tra le due lame opposte e vengono tagliati da esse per contrapposizione. Affinché sia possibile effettuare un taglio netto la velocità di rotazione è indicativamente di 150 giri/min e ciò consente di operare anche con velocità di avanzamento di 5 km/h. La combinazione di questi due elementi non comporta pericolo di ingolfamento.

Le potatrici a coltelli rotanti, per via della geometria di taglio, possono essere utilizzate su varie forme di allevamento attraverso l'orientamento dei coltelli in base alle esigenze. Le macchine che seguono questo principio sono economicamente accessibili ma presentano svariate problematiche a livello della qualità del taglio per via della velocità di avanzamento. Proprio a causa di questo aspetto sono consigliate principalmente per le operazioni in verde.

4.3.5. Forbici automatiche

Sono dispositivi largamente impiegati dagli operatori che effettuano la potatura o rifinitura manuale. Esistono modelli di forbici ad azionamento idraulico, pneumatico (le più diffuse) ed elettrico. Le prime utilizzano un fluido in pressione ma risultano in disuso per via del peso, ingombro e necessità di olio in pressione, i modelli pneumatici sfruttano l'aria compressa mentre quelle elettriche si servono di un motorino interno. In generale, il peso di questo strumento è compreso tra i 400 e i 1000 g, in base al tipo di funzionamento.

Le forbici pneumatiche possono essere a lama singola o a doppia lama, esistono modelli col corpo in plastica (più economiche) oppure in magnesio o carbonio (molto più resistenti e costose). Questo genere di cesoie, per funzionare, necessita di un collegamento al compressore d'aria mediante un tubo lubrificato idoneo per resistere a 2-5 bar di pressione interna e con una capacità di 60-80 litri/min. Gli organi di taglio permettono di eseguire tagli talvolta importanti su vegetazione di più anni e un solo compressore può azionare più forbici contemporaneamente. Lo svantaggio che comporta l'utilizzo del modello pneumatico è l'assenza del comando di discesa delle lame che rende pericoloso l'impiego da parte di personale non qualificato. Peculiarità di questo genere di forbici è la possibilità di essere equipaggiate con un sistema di nebulizzazione che, ad ogni taglio, spruzza antiparassitari o disinfettanti sulle lame per prevenire la trasmissione delle malattie del legno attraverso gli strumenti di potatura. Per quanto riguarda i modelli elettrici, essi richiedono una batteria posta in uno zainetto che ogni operatore deve indossare per garantirne il funzionamento. I vantaggi di questi modelli sono l'elevata autonomia che arriva a 8 ore o 10.000-15.000 tagli e la possibilità di applicare una forza al taglio proporzionale alla pressione esercitata sul grilletto. Quest'ultimo punto si traduce in maggior sicurezza operativa.

L'impiego di forbici automatiche è in grado di aumentare l'efficienza del lavoro del 25% rispetto a quello prettamente manuale.

4.3.6. Piattaforme agevolatrici



Figura 9 – Piattaforma agevolatrice trainata fornita di compressore d'aria.

Le piattaforme agevolatrici consistono in macchine e attrezzi in grado di supportare gli operatori nelle attività di potatura aumentandone l'efficacia e riducendo lo sforzo necessario. Il loro scopo è quello di ospitare il personale addetto alle operazioni manuali che necessita di piani rialzati.

Questi mezzi possono essere:

- trainati dalla trattrice (Fig. 9);
- portati da un portattrezzi scavallante che effettua la contemporanea pre-potatura;
- semoventi (i più diffusi sul mercato per affidabilità e manovrabilità grazie alle 4 ruote sterzanti);
- mossi dall'uomo nel caso di kart per operare su forme basse.

Il loro impiego è legato a operazioni di potatura su forme espanse, particolarmente alte o basse. Un ulteriore impiego è il caso in cui ci sia la necessità di realizzare una rifinitura manuale contemporaneamente all'intervento meccanico di pre-potatura. Lo scopo dei carri agevolatori è quello di fornire agli operatori servizi accessori utili a velocizzare la potatura o la rifinitura manuale quali:

- regolazione dell'elevazione e larghezza della piattaforma di lavoro in modo che si adegui alle caratteristiche della forma d'allevamento;
- ospitare strumenti azionati dalla trattrice per la produzione di aria compressa necessaria al funzionamento di strumenti quali cesoie pneumatiche;

- strutture come paratie laterali che permettano di lavorare in condizioni di sicurezza;
- eventuali protezioni dalle intemperie.

5 MALATTIE LEGATE ALLA POTATURA

Le operazioni di potatura possono determinare effetti sulla diffusione di alcuni patogeni che colpiscono i tessuti interni della pianta. Essi, infatti, sono in grado di diffondersi attraverso le ferite che si verificano sui tralci sulle quali possono essere trasportati dalle parti meccaniche che effettuano il taglio. Il panorama viticolo è caratterizzato da numerose malattie capaci di infettare piante sane attraverso i suddetti metodi, alcuni esempi sono il Legno Nero (BN), l'Eutipiosi e la *Botryosphaeria*, tutte appartenenti alla categoria delle Malattie del Legno della Vite (MLV) causate da patogeni di origine fungina. Altre patologie sono i tipici marciumi di tipo fibroso, nero e spugnoso, mentre l'Accartocciamento fogliare, l'Arricciamento delle foglie e il Legno Riccio sono causate da uno o più virus ugualmente trasmissibili attraverso gli strumenti impiegati in potatura. Nello specifico delle malattie del legno, due funghi spesso isolati assieme agli agenti responsabili del Mal dell'esca sono *Eutypa lata* e *Botryosphaeria obtusa*. Il primo è un fungo non-basidiomicete e viene raramente isolato dal legno colpito dai patogeni dell'esca (Armengol *et al.*, 2001). Tale agente patogeno è favorito dal clima continentale e provoca il deperimento della vite attraverso un quadro sintomatologico specifico. *B. obtusa* invece è spesso isolato dal tronco e/o branche che presentano aree precedentemente deteriorate dai patogeni tracheomicotici associati all'esca (Armengol *et al.*, 2001; Calzarano e Di Marco, 2007;). È spesso isolato assieme a *Eutypa lata* e causa il "Black Dead Arm" (BDA), sintomatologia frequentemente combinata a quella dell'esca (Surico *et al.*, 2006).

Ultimo ma non meno importante troviamo il Mal dell'esca, questa infezione risulta essere, tra le malattie del legno, quella di maggior interesse in campo viticolo. Molti studi (Eskalen *et al.*, 2007; Kraus *et al.* 2022; Mundy e Manning, 2010; Serra *et al.*, 2008) collegano la diffusione di questa patologia alla pratica della potatura a causa delle ferite che essa provoca, per questo motivo viene eseguito un approfondimento in merito utilizzando parcelle in un unico vigneto in cui da molti anni si realizzano differenti livelli di meccanizzazione della potatura.

5.1. STORIA DEL MAL DELL'ESCA DELLA VITE

Il Mal dell'Esca è una malattia nota sin dagli albori della viticoltura quando vennero applicati i primi tentativi di gestione della chioma servendosi della potatura. Le prime testimonianze storiche giunte sino a noi riportanti alterazioni tipiche del Mal dell'Esca risalgono all'Antica Grecia e all'Antica Roma ancora prima della nascita di Cristo (Mugnai *et al.*, 1999). In Grecia era conosciuta come "iska", in Italia invece come "esca". Tale termine deriva dal Latino e può significare, oltre a "cibo ingannevole", anche "alimento del fuoco". Quest'ultima espressione fa riferimento a materia secca impiegata per accendere il fuoco o tenerlo in forma latente. Nello specifico, questo

materiale consisteva in legno cariato e marcito, caratteristico sintomo del Mal dell'Esca (Surico, 2009).

Al giorno d'oggi è conosciuta in tutto il mondo con molteplici nomi, negli USA per esempio è identificata come "Black measles" o Morbillo nero (Surico *et al.*, 2008).

Nonostante fosse conosciuta da ormai un millennio, soltanto nel periodo del Pieno Medioevo sono stati redatti alcuni studi riportanti maggiori informazioni sulla malattia. Le ricerche ripresero in Francia negli ultimi anni del XIX secolo per procedere con un ritmo irregolare fino ad oggi. Infatti, nell'ultimo secolo si sono susseguiti tre periodi di studi focalizzati sul Mal dell'esca. Il primo è iniziato in Francia nel 1898 con gli studi di Ravaz ed è terminato nel 1926 in seguito alle ricerche effettuate da Viala. Essi giunsero alla conclusione che i responsabili dei sintomi erano due funghi basidiomiceti che rispondevano al nome di *Stereum hirstum* e *Phellinus igniarius* (Mugnai *et al.*, 1999). Nessun test sulla patogenicità dei suddetti patogeni venne effettuato. Negli stessi anni, in Italia, Lionello Petri conduceva una ricerca scrupolosa sull'eziologia e sulla sintomatologia della malattia. Lo studioso riuscì a isolare due funghi mitosporici appartenenti alle specie *Cephalosporium* e *Acremonium* associati ai sintomi della malattia. Successivamente Hewitt e Chiarappa, in California, verificarono che nell'areale californiano i sintomi interni dell'infezione sono associabili ai sintomi del morbillo nero degli acini. Furono effettuati test sulla patogenicità dei funghi *Cephalosporium* e *Phellinus igniarius* che confermò la loro attitudine ad attaccare il legno (Mugnai *et al.*, 1999). A seguito della scoperta dell'Arseniato di sodio e del suo impiego su larga scala l'interesse sulla malattia si ridusse.

Infine, a causa dell'intensificarsi dell'incidenza della malattia in molteplici zone vitate nel mondo, un nuovo slancio negli studi si ebbe con le ricerche di Laringnon e Dubos iniziate nel 1987. Questo aggravarsi della situazione ha reso una malattia scarsamente compresa e trascurata un grande problema a livello globale (Di Marco *et al.*, 2000).

L'attuale situazione epidemiologica è il risultato dell'ampia diffusione della malattia iniziata negli anni ottanta permessa dalla scarsa efficacia delle misure di controllo della malattia. L'unico metodo efficace nella lotta è quello che prevede l'uso dell'Arseniato di sodio, prodotto peraltro vietato in molti Paesi UE in quanto cancerogeno per l'uomo e dannoso per la fauna (Surico *et al.*, 2006). Altre cause della propagazione dell'infezione sono attribuibili al cambiamento climatico, in particolare alle precipitazioni, che pare concorra, assieme a pratiche come la potatura e il processo di produzione delle barbatelle, alla diffusione del patogeno (Armengol *et al.*, 2001). Nonostante gli innumerevoli studi, le osservazioni e gli esperimenti effettuati in quasi più di un secolo, non è stato ancora possibile attribuire con certezza l'eziologia della malattia. Se inizialmente *Stereum hirstum* e *Phellinus igniarius* furono considerati gli agenti patogeni colpevoli del marciume bianco, con ulteriori studi tenutisi in Francia, è stato chiarito che *P. igniarius* era in realtà un basiodimece chiamato *P. punctatus*

successivamente riclassificato come *Fomitiporia punctata* (Mugnai *et al.*, 1999). Conosciuto anche come *F. mediterranea* (Fmed) in Europa.

Per quanto riguarda i funghi mitosporici colpevoli del declino delle viti, essi sono *Phaeomoniella chlamydospora* (Pch) e *Phaeoacremonium aleophilum* (Pal) isolati per la prima volta da Petri da campioni prelevati dalle striature brune-nerastre che esprimevano le piante infette (Graniti *et al.*, 2000).

Il quadro sintomatologico è stato infine suddiviso nel 1999, durante il I Convegno internazionale sul mal dell'esca svoltosi a Siena, in cinque sindromi: striature brune del legno delle barbatelle, malattia di Petri, esca giovane, carie bianca ed esca propria.

5.2. EZIOLOGIA

In seguito all'aumento della diffusione dell'infezione e quindi degli studi focalizzati sulla malattia, è stato possibile comprendere meglio quelli che sono i sintomi e l'eziologia che la caratterizza (Surico, 2009). Grazie a numerosi esperimenti di isolamento dei patogeni effettuati sui campioni di vegetazione infetta (Calzarano e Di Marco, 2007), è stato possibile riprodurre in coltura pura i microrganismi per identificarli e definirne le caratteristiche principali. Ciò ha permesso di definire il Mal dell'esca un complesso di due malattie causate da un pool di microrganismi fungini che possono agire in successione o in combinazione (Mazzullo *et al.*, 2000). La prima malattia è una tracheomicosi dovuta all'attività di *Phaeoacremonium chlamydosporum* e/o di *Phaeoacremonium aleophilum* mentre la seconda è una carie bianca causata da *Fomitiporia mediterranea*. Da numerosi studi si considerano i patogeni Pch e Pal come funghi pionieri, ovvero i primi a colonizzare la pianta, ai quali segue l'arrivo di Fmed attraverso il legno già colpito (Larignon e Dubos, 2000).

5.2.1. Funghi mitosporici agenti di tracheomicosi

Alle due specie di funghi mitosporici di cui abbiamo già parlato vanno aggiunti anche *P. angustius*, *P. inflatipes*, *P. parasiticum* isolati, anche se in minor percentuale, in California dal legno di piante infette da esca (Tegli *et al.*, 2000a). *Phaeoacremonium chlamydosporum* e *Phaeoacremonium aleophilum* sono stati assegnati al genere *Phaeoacremonium*. Questo tutt'oggi risulta essere un genere non ben posizionato nella classificazione in quanto riunisce funghi con caratteristiche intermedie tra *Phialophora* e *Acremonium* (Crous *et al.*, 1996; Tegli *et al.*, 2000b). In seguito agli studi di Chiarippa in California e Tegli *et al.* a Firenze, sono state individuate divergenze filogenetiche tra queste due specie. È emerso che Pch è più vicino a *Phialophora verrucosa* piuttosto che a *Phaeoacremonium parasiticum* (Ajello *et al.* 1974; Crous *et al.*, 1996) Pal invece è morfo-fisiologicamente più vicino al genere *Acremonium* (Mugnai *et al.*, 1999). Differenze morfologiche e metaboliche che Dupont *et al.* nel 1998 avevano già intuito

e per le quali avevano già richiesto una riclassificazione della specie al genere *Magnaporthaceae* (Gams e Crous, 2000).

In seguito alla riproduzione in purezza di *Phaeomoniella chlamydospora* (Pch) si è potuto osservare che la riproduzione avviene attraverso ife conidiofore di colore verde-bruno. La temperatura ideale di crescita è compresa tra 15° e 35°C, con l'optimum a 25°C (Crous *et al.*, 1996). La colonia di Pch in piastra si presenta inizialmente biancastra e lucente, dopo qualche giorno assume una caratteristica colorazione grigio-olivacea. La diffusione delle spore avviene per via anemofila.

Phaeoacremonum alephilum (Pal), rispetto a Pch, differisce per l'assenza delle clamidospore e per come si presenta in coltura pura, ossia per il colore grigio tendente al nocciola. La diffusione è per via anemofila, meno efficiente di Pch.

Le spore sono state catturate in periodi che in alcuni anni variava dai primi di marzo alla prima settimana di aprile, ma generalmente il periodo con i rilievi di maggiore entità va da metà maggio a metà giugno (Larignon e Dubos, 2000). Questa specie presenta un micelio di un colore che vira da bianco a color miele (sul retro della colonia da giallo a bruno). La temperatura ideale di crescita è analoga a quella di Pch, così come l'optimum di 25°C. Di questo fungo è stata recentemente prodotta in laboratorio la forma sessuata (anche conosciuta come forma perfetta) che prende il nome di *Togniniaminima* (Tul. and C. Tul) Berl. In seguito a piogge vengono liberate le ascospore che, trasportate dal vento o dagli schizzi d'acqua, possono depositarsi sulle ferite aperte di una pianta, avviando l'infezione.

Caratteristica di entrambi i patogeni e causa di confusione è la possibilità di rilevare questi due patogeni anche in piante asintomatiche ponendo le basi per la teoria secondo la quale questi funghi possiedono una forma latente come endofiti mutualistici (Graniti *et al.*, 2000).

5.2.2. *Basidiomicete agente di carie bianca*

Il genere *Fomitiporia punctata* comprende numerose specie agenti di carie del legno particolarmente in ambito forestale. Di questo genere, quello di interesse viticolo è *F. mediterranea* (Fmed), fungo omotallico, in grado di causare la carie bianca (Fischer, 2002). Questo patogeno era inizialmente conosciuto come *Phellinus punctatus* e solo recentemente è stato identificato con il nome di *Fomitiporia punctata* (Fischer, 1996). In seguito a degli studi su questa specie, è emerso che in Italia è presente il ceppo *Fomitiporia mediterranea* (Fmed) e che può essere presente anche su altre specie di piante, le quali potrebbero fungere da fonte d'inoculo per la vite. Il micelio appare di

consistenza cotonosa con ife aeree dapprima di colore bianco, poi giallastro e infine, dopo alcuni giorni, bruno.

La temperatura ottimale di crescita è 30°C.

5.3. SINTOMATOLOGIA

Considerando quanto riportato nel paragrafo precedente, il Mal dell'Esca risulta essere un complesso di malattie causato da una serie di patogeni di origine fungina.

È stata fatta chiarezza sull'aspetto eziologico di questi patogeni associando ai funghi mitosporci Pch e Pal una tracheomicosi mentre a Fmed una carie bianca del legno. Queste due malattie, in base alle condizioni ambientali, colturali e climatiche, sono in grado di sviluppare sulla pianta una complessa sintomatologia che è descritta da cinque diverse sindromi di seguito riportate. Prima di addentrarci nel quadro sintomatologico è importante sapere che il modello della malattia è dinamico, ciò significa che l'infezione si evolve da una specifica sindrome a quella successiva e così via (Surico *et al.*, 2006). Questo discorso non è applicabile alla carie bianca che è una malattia a parte e non è il risultato di un'evoluzione o progressione di infezioni preesistenti.

5.3.1. Venature brune delle barbatelle

La prima sindrome che caratterizza il Mal dell'Esca è quella che colpisce le barbatelle e in generale il materiale di propagazione ricavato dalle piante madri (Andolfi *et al.*, 2011). Questo consente di ipotizzare che i patogeni siano già presenti nelle piante madri o comunque nel materiale vegetativo (Mugnai *et al.*, 1999). A questo livello, l'infezione non causa alcun sintomo esterno, comporta solo sintomi interni. Infatti, per determinare lo stato sanitario della barbatella, è necessario sezionarla (Marchi *et al.*, 2006). Nel caso di un taglio longitudinale, l'interno della barbatella, se infetta, può manifestare delle striature singole o concentrate in un'unica fascia bruno-nerastra che percorre in lunghezza il nastro. La situazione che si riscontra invece nel caso della sezione trasversale (Fig. 10) è caratterizzata da punteggiature di color scuro sparse o raggruppate in aree a forma di mezza luna o addirittura ad anello che circonda il midollo centrale.

Nel momento in cui sia avvenuta un'abbondante produzione da parte della pianta di essudati gommosi all'interno dei vasi xylematici come meccanismo di difesa dall'infezione, può riscontrarsi la fuoriuscita degli stessi dal taglio eseguito per l'analisi (Bertelli *et al.*, 1998). Un ulteriore effetto degli agenti di tracheomicosi, in particolare di Pch, è l'inibizione della formazione del callo a livello del punto di innesto (Wallace *et al.*, 2004).



Figura 10 – Punteggiatura e aloni bruni del legno di vite infetto da Mal dell'esca.

5.3.2. *Malattia di Petri*

Questa seconda sindrome prende il nome da Lionelli Petri, il primo fitopatologo a segnalare e registrare i sintomi sulle piante infette (Mugnai *et al.*, 1999). Nell'America anglosassone è conosciuta come "Black goo" o gomma nera per via degli essudati gommosi di colore bruno-nerastro che effluiscono dai vasi linfatici sezionati. Si tratta di un declino di piante di 1-2 anni d'età che causa una perdita di vigore e stentata crescita della vegetazione. I primi sintomi che si manifestano esternamente alla pianta sono il completo o parziale blocco dello sviluppo vegetativo della chioma, clorosi fogliare e perdite di produzione (Andolfi *et al.*, 2011). Internamente invece troviamo un profilo sintomatologico del tutto analogo a quello della sindrome precedente associato alle barbatelle, causato ugualmente da Pch (Surico *et al.*, 2000). Per quanto riguarda il deterioramento del legno, sappiamo che la necrosi si propaga a partire dalle ferite di potatura in senso basipeto e predispone il soggetto alla carie bianca causata da Fmed (Di Marco *et al.*, 2004). In seguito ai danni provocati dall'infezione la pianta può sviluppare la forma evoluta di questa sindrome, l'esca giovane, o morire.

5.3.3. *Esca giovane*

Questa sindrome si può considerare l'ultimo stadio evolutivo della tracheomicosi causata dall'effetto sinergico di Pch e Pal. Se con la Malattia di Petri non sono osservabili particolari ripercussioni a livello fogliare, in questo caso i sintomi esterni sono molto più evidenti. Una caratteristica della sindrome è l'affinità alle piante relativamente più vecchie, parliamo di quattro o più anni, e la sintomatologia può essere manifestata anche dopo molto tempo dall'inizio dell'infezione in quanto la crescita dei patogeni nel legno è lenta (Andolfi *et al.*, 2011). In generale, il momento in cui vengono espressi i sintomi è compreso tra giugno e settembre (Surico *et al.*, 2006). Il sintomo caratteristico dell'esca giovane è la tigratura delle foglie (Fig. 11), definita così dal momento in cui, in fase avanzata, il sintomo presenta aree internervali necrotizzate

sulla lamina e margine fogliare alternate al classico verde delle nervature, rendendo la foglia dall'aspetto tigrato.



Figura 11 – Tigratura delle foglie di vite affetta da Mal dell'esca.

In principio si formano delle macchie clorotiche internervali sulla lamina o dal margine che inizialmente sono sparse e separate tra loro, poi col tempo, confluiscono in un'unica lingua. Essa comincia poi a necrotizzare e ad assumere un colore marrone mattone con bordo clorotico (Di Marco *et al.*, 2004; Bertelli *et al.*, 1998). Oltre alle foglie, sono colpiti anche altri organi verdi come gli acini. Sull'epicarpo di essi si formano piccoli puntini di colore scuro solitamente concentrati nella zona distale dell'acino, sparsi su tutta la superficie o disposti in bande longitudinali (Andolfi *et al.*, 2009). I puntini possono confluire in macchie necrotiche che, con la crescita della bacca, possono causare lesioni superficiali della buccia attraverso le quali possono penetrare funghi agenti di marciume e insetti. Gli effetti generici sul grappolo sono crescita stentata e ridotto contenuto di sostanze zuccherine. Negli Stati Uniti questo specifico quadro sintomatologico che si riscontra sui grappoli viene definito morbillo nero (Chiarappa, 2000).

Per quanto riguarda i sintomi interni, oltre alle già descritte striature brune del legno per ossidazione dei polifenoli presenti nel legno da parte di metaboliti tossici prodotti da Pch e Pal (Andolfi *et al.*, 2009), si riscontra un generale degrado e imbrunimento del legno (Di Marco *et al.*, 2000).

Numerosi studi effettuati su piante sintomatiche con l'obiettivo di capire quale fosse la causa scatenante dei sintomi riportano la presenza di fitotossine a livello fogliare, ma non solo. Uno in particolare, di Andolfi *et al.* risalente al 2011, espone i risultati di alcuni esperimenti di isolamento e test di fitotossine. Il metodo con cui agiscono tali sostanze sembra essere correlato alle loro proprietà ossidanti, lo testimonierebbe il fatto

che nelle piante infette da degradazione del legno avvenga un accumulo di polifenoli prodotti dalla stessa come misura difensiva (Amalfitano *et al.*, 2011). Tale meccanismo difensivo, assieme alla produzione di gomme nel tentativo di rallentare l'invasione dei patogeni pregiudica la funzionalità dei vasi linfatici e ciò rende la pianta più sensibile agli stress idrici (Surico *et al.*, 2006). Non è tutt'ora chiaro come queste sostanze agiscono nelle cellule e i cambiamenti fisiologici che comportano, si ipotizza che avvenga una modifica della concentrazione della clorofilla e una riduzione della conduttanza sintomatica.

5.3.4. *Carie bianca*

Malattia distinta dalle precedenti sindromi, è causata unicamente da *Fomitiporia mediterranea* (Fmed) nel momento in cui questo patogeno penetra nel legno imbrunito e deteriorato da parte di Pch e Pal (Amalfitano *et al.*, 2011). È stata definita in tal modo per via dell'aspetto dei sintomi che provoca ai tessuti vicini al midollo e al midollo stesso nel tronco della vite.



Figura 12 – *Carie bianca* della vite causata da *Fomitiporia mediterranea*.

La degradazione avviene a livello della lignina (che conferisce il colore scuro al legno) e parzialmente della cellulosa (più chiara), per questo motivo l'area cariata dal patogeno risulta essere di colore chiaro bianco-giallastro con una consistenza spugnosa e friabile (Di Marco *et al.*, 2004). La carie è solitamente circondata da un'area clorotica che separa la carie dai tessuti sani (Fig. 12). L'infezione di Fmed parte solitamente dalle ferite di potatura e si sviluppa radialmente e longitudinalmente all'interno del fusto e cordone. In alcuni casi la carie può raggiungere la superficie del tronco e causare il mal dello spacco, definito così per via delle lesioni longitudinali che si formano appena sotto la corteccia (Mugnai *et al.*, 1999). Non sono conosciuti altri sintomi esterni.

5.3.5. *Esca propria*

Quinta ed ultima sindrome relativa al Mal dell'Esca è il risultato della combinazione della tracheomicosi e della carie bianca Andolfi *et al.*, 2011). Questo significa che affinché la sintomatologia sia attribuibile all'esca propria, è necessario che siano presenti contemporaneamente Pch, Pal e Fmed mentre non è fondamentale che agiscano nelle stesse parti della pianta. È la forma più comune di tutto il quadro sintomatologico e colpisce tendenzialmente le viti più vecchie, oltre i 10 anni d'età (Calzarano e Di Marco, 2007). I sintomi che esprime una pianta affetta da esca propria sono i medesimi sintomi già descritti per l'esca giovane e la carie bianca. In breve, esternamente si riscontrano clorosi fogliare nelle zone internervali che necrotizzano causando la tigratura fogliare e il morbillo nero degli acini che conduce a un avvizzimento del grappolo. Internamente sono presenti striature brune più o meno raggruppate, essudati gommosi e carie bianca del legno. Talvolta Mal dello spacco (Surico *et al.*, 2009).

5.3.6. *Sindrome cronica*

Nel caso di un decorso cronico, i sintomi che la pianta esprime internamente ed esternamente sono quelli già descritti nelle precedenti sindromi. Il periodo dal quale è possibile osservare i primi sintomi risale al mese di giugno con la massima espressione di questi a settembre nel periodo antecedente la vendemmia (Surico *et al.*, 2006). Generalmente sono osservate singole branche sintomatiche che, col procedere della stagione estiva, risultano sempre più deboli fino ad avvizzire perdendo la produzione.

5.3.7. *Sindrome acuta*

Nel caso della forma acuta, il termine per descrivere la sintomatologia che affligge la pianta è "apoplessia" o "colpo apoplettico" (Fig. 13)

I sintomi associati a questo veloce decadimento della pianta sono un improvviso e rapido collasso delle piante, appassimento di una parte o dell'intera chioma con conseguente perdita della produzione. Come ricordato i sintomi esterni dell'esca sono altalenanti e il colpo apoplettico può presentarsi anche dopo svariati anni senza sintomi esterni (Marchi *et al.*, 2006). Gli effetti del colpo apoplettico non sono del tutto chiariti dato che in alcuni casi la pianta vegeta nella stessa stagione, altre volte vegeta l'anno successivo e in altri casi ancora causa la morte definitiva del soggetto. Una cosa è certa, il decorso acuto è una prerogativa delle viti di età avanzata (Surico *et al.*, 2006).



Figura 13 – Colpo apoplettico della vite.

5.3.8. *Fattori di variabilità*

La principale causa di variabilità di espressione dei sintomi è il clima, l'andamento climatico infatti è in grado di influenzare la produzione dei metaboliti fitotossici (Guern-Dubrana *et al.*, 2013). Grazie a molteplici sondaggi pluriennali i ricercatori sono giunti alla conclusione che le precipitazioni e la disponibilità di acqua in generale sono un fattore importante nell'espressione dei sintomi. Si sono osservate annate in cui i mesi estivi, compreso maggio, sono stati caratterizzati da abbondanti precipitazioni e temperature sotto la media per il periodo. Questa combinazione ha provocato un importante aumento dell'incidenza dei sintomi cronici rispetto alle annate torride e aride (Marchi *et al.*, 2006). Un ulteriore dato a supporto di questa ipotesi è la maggior incidenza della malattia in pianura piuttosto che in collina, probabilmente per via dei ristagni di acqua, umidità dell'aria e della presenza di falde acquifere superficiali (Marchi *et al.*, 2006).

Per quanto riguarda la forma acuta, le condizioni che favoriscono questo tipo di decorso sono le estati calde e secche, quindi l'opposto delle condizioni che favoriscono i sintomi cronici (Calzarano *et al.*, 2014). Un ulteriore grado di complessità alla malattia è associato alla sua caratteristica di non manifestarsi con uno schema preciso. Sono dunque necessari sondaggi pluriennali per definire questo andamento irregolare in quanto una pianta può esprimere i sintomi cronici in una determinata annata e dimostrarsi apparentemente sana per addirittura le successive quattro (Guerin-Dubron *et al.*, 2013). In questi casi si parla di pianta asintomatica e la patologia è definita "occulta" (Marchi *et al.*, 2006). Questa alternanza non permette di determinare esattamente l'effettiva incidenza della malattia all'interno del vigneto.

5.4. DANNI

Da quanto emerso nei precedenti paragrafi, il Mal dell'esca della vite è un complesso di malattie che non si limita a causare danni alle sole piante di età avanzata, bensì sono state individuate sindromi che affliggono i giovani soggetti ancora prima della messa a dimora. I danni che causa possono essere collegati direttamente alla qualità e alla quantità della produzione e agli effetti che sul vigneto.

5.4.1. Danni qualitativi

Per determinare i danni a livello delle sostanze contenute nell'acino, è stato effettuato un esperimento di osservazione, raccolta e analisi della produzione di più vigneti in Abruzzo da parte di Calzarano *et al.*, (2014) tra il 2010 e il 2012. Lo studio ha considerato campioni provenienti da piante sane, sintomatiche e asintomatiche in modo da poter comparare i risultati delle analisi. Le misurazioni sono state effettuate sugli acini prelevati da varie sezioni del grappolo per rendere più precisi i risultati. I prelievi sono stati eseguiti nelle fasi fenologiche dell'invasatura, a media maturazione e a maturità tecnologica.

Il primo parametro che è stato considerato è quello degli zuccheri riducenti, nelle viti chiaramente afflitte e in quelle asintomatiche è risultato essere minore rispetto al valore ottenuto dall'analisi degli acini delle piante sane. Il motivo della sostanziale differenza riscontrata principalmente tra uve da piante sintomatiche e uve da piante sane è da attribuire alla ridotta capacità fotosintetica della chioma delle piante sintomatiche. A causa della clorosi seguita da necrosi della lamina fogliare nel periodo dell'invasatura e maturazione, il flusso di fotosintetati risulta minore e di conseguenza anche l'accumulo di questi nelle bacche. Si stima in media che la differenza sia di 40g/l di zuccheri alla raccolta e del 3.0% vol. di alcol nel vino.

L'acidità totale ha mostrato un andamento decrescente con l'avanzare della stagione ma la quantità alla raccolta, risulta essere più alta nelle uve di piante sintomatiche. Le analisi relative all'acidità del mosto hanno evidenziato come il livello di acido tartarico sia più elevato rispetto al mosto da viti sane. Con minori differenze, anche il mosto di viti asintomatiche risulta possedere quantitativi leggermente maggiori in quanto tartrati. Sempre nel pigiato, il valore di acido malico risulta in quantità superiori nel mosto da viti malate rispetto a quello proveniente da viti sane. L'elevata acidità riscontrata è presumibilmente dovuta al metabolismo degli zuccheri in acido malico a seguito di situazioni di stress fotosintetico che induce l'utilizzo degli zuccheri nella respirazione (Lasko and Kliewer, 1975).

Il pH è generalmente simile per tutti i tipi di mosti in seguito alla raccolta, prima di essa i valori risultano inferiori per gli acini campionati dalle piante malate. Infine, lo stesso risultato è stato ottenuto con i polifenoli, valori più elevati sono stati rilevati

negli acini di piante malate rispetto a quelli di piante sane. In generale, questo maggior contenuto in polifenoli nelle uve e mosti con acini non sani è da attribuire al fatto che le piante malate, in condizioni di stress, producono elevate quantità di polifenoli, sostanze utili nella prima difesa contro gli agenti patogeni nelle aree infette. Questi elevati valori di polifenoli negli acini sono legati alla produzione di tossine e al loro trasporto col flusso xylematico alle bacche.

5.4.2. *Danni quantitativi*

Si registrano cali nella produzione della singola pianta nel momento in cui questa risulta essere colpita dalla forma acuta o cronica nel caso dell'esca giovane. In entrambi gli scenari osserviamo sintomi fogliari spesso accompagnati da un completo o parziale avvizzimento e/o marciume del grappolo. Inoltre, in aggiunta all'avvizzimento è da comprendere anche la ridotta dimensione e incompleta maturazione del grappolo in casi di piante gravemente colpite.

5.4.3. *Danni indiretti al vigneto*

Il principale effetto che si ha sul vigneto è un drastico accorciamento della vita media delle viti (Andolfi *et al.*, 2009). Questo è dovuto sia all'apoplezia che affligge le vecchie viti che alla forma cronica con i suoi innumerevoli sintomi che rende la pianta estremamente sensibile agli stress idrici e nutrizionali. Il tutto si traduce in maggiori costi di gestione del vigneto da parte del viticoltore e una disformità nello sviluppo delle piante.

5.5. LOTTA

Attualmente non sono disponibili prodotti fitosanitari di sintesi o naturali realmente efficaci nel contrastare i sintomi e l'infezione dei patogeni che provocano il Mal dell'esca.

Le tecniche di contenimento possono essere applicate alle barbatelle per ridurre la carica dei patogeni all'interno del materiale di propagazione o direttamente sulle piante a dimora in vigneto. Risulta di fondamentale importanza utilizzare barbatelle sane per questo motivo è importante che in vivaio, durante il processo produttivo delle marze e portinnesti, venga prestata attenzione al materiale vegetativo utilizzato. Non esistono metodi per certificare il prodotto finale come esente da patogeni fungini in quanto non è possibile determinare la loro presenza senza ricorrere a metodi distruttivi.

Sono stati effettuati tentativi di difesa con antagonisti naturali come il *Trichoderma spp.* che ha dimostrato di essere in grado di ridurre l'infezione degli agenti dell'esca e stimolare la crescita della pianta.

L'unico prodotto di sintesi in grado di limitare i sintomi sulla vite è l'Arseniato di sodio, si tratta di un prodotto estremamente pericoloso poiché tossico e cancerogeno per l'uomo e altamente dannoso per l'ambiente e la fauna selvatica. È per questo motivo che in alcuni Paesi dell'Unione Europea questo prodotto è stato bandito e in quelli in cui è ancora possibile utilizzarlo, come Francia, Spagna e Portogallo, è obbligatorio diluirlo con prodotti repellenti per la fauna locale e distribuirlo con macchinari dotati di sistema di recupero.

L'impiego del principio attivo Fosetyl-Al consente di ottenere discreti risultati nella riduzione dell'incidenza dei sintomi esterni (Di Marco *et al.*, 2011). Questa sostanza sembra agire come stimolante delle difese della pianta (Mazzullo *et al.*, 2000).

Altri metodi possibili sono il rinnovo del tronco per capitozzatura e allevamento di un succhione che andrà a sostituire il vecchio fusto e cordone. Si dimostra essere una pratica efficace ma non definitiva. Questo è probabilmente dovuto al fatto che con la capitozzatura non tutto il legno infetto viene eliminato e, la parte legnosa rimanente è comunque in grado di propagare nuovamente l'infezione.

La dendrochirurgia con l'eliminazione di tutto il legno cariato, accompagnata dal trattamento delle ferite con mastici cicatrizzanti a base di fungicidi ad ampio spettro, pare sortisca discreti risultati (Graniti *et al.*, 2000).

Le pratiche culturali basilari volte a salvaguardare la sanità della pianta ed evitare la diffusione dei patogeni (Di Marco *et al.*, 2000) sono:

- trattare le ferite con fungicidi a base di chelati di rame;
- evitare di causare grosse ferite e di proteggere quelle inevitabili con fungicidi e cicatrizzanti a base di fungicidi;
- marcare le piante infette;
- potare le piante infette separatamente e disinfettare gli strumenti prima e dopo degli interventi;
- rimuovere i residui di potatura dal vigneto;
- rimuovere e allontanare le piante morte in seguito a colpo apoplettico (per evitare che fungano da fonte di inoculo).

Altre pratiche riguardano l'evitare stress idrici e nutrizionali che minano le difese della pianta, evitare anche i ristagni d'acqua in vigneto.

La ricerca pare comunque ancora lontana dal fornire strategie di cura veramente efficaci. In ogni caso adottare strategie di contenimento è fondamentale in quanto maggiore è l'incidenza della malattia nel vigneto, minori saranno le possibilità di controllo (Di Marco *et al.*, 2000).

6 PARTE SPERIMENTALE

6.1. SCOPO DELLA TESI

L'obiettivo della sezione sperimentale del presente elaborato consiste nell'analisi degli effetti che l'introduzione della potatura invernale meccanizzata determina sulle caratteristiche fisiologiche della pianta, sulla produzione e sui costi di esercizio di tale operazione.

La prova è stata finalizzata alla valutazione di tre differenti metodologie di potatura invernale effettuate su Trebbiano Romagnolo allevato a Doppia Cortina. Il motivo che ha spinto questo studio a focalizzarsi sulla sola operazione di potatura è dovuto al fatto che tale intervento è quello che, in caso di gestione tradizionale, richiede il maggior quantitativo di ore di lavoro a ettaro (Gatti *et al.*, 2011). In particolare, sono state considerate tre tecniche di potatura con diversi livelli di meccanizzazione:

- Tesi m: potatura eseguita con sistema manuale tradizionale;
- Tesi M+C: potatura meccanizzata con contemporanea rifinitura manuale utilizzando un carro agevolatore;
- Tesi M: potatura integralmente meccanica.

6.2. MATERIALI E METODI

6.2.1. Descrizione del vigneto sperimentale

Le prove sono state condotte in un vigneto non irriguo di Trebbiano romagnolo, clone TR 3T innestato su SO4 (*Vitis berlandieri* x *Vitis riparia*), allevato a GDC (4 m x 1 m), impiantato nel 1997 (Tab. 3).

Tabella 3 - Caratteristiche del vigneto in oggetto di studio.

VIGNETO	GDC
Forma d'allevamento	Doppia Cortina
Vitigno	Trebbiano Romagnolo
Clone	TR 3T
Portainnesto	SO4
Anno d'impianto	1997
Sesto d'impianto (m)	4,0 x 1,0
Lunghezza dei filari (m)	290
Pendenza dell'appezzamento (%)	Assente
Fertilità del terreno	medio – bassa

Il vigneto, di circa 3 ha, è situato nella valle del Senio a 56 m s.l.m. L'appezzamento oggetto di studio, denominato "Casetta", appartiene alla società agricola Terre Naldi ed è situato a pochi minuti dal Polo Tecnologico Vitivinicolo di Tebano (Faenza). Le viti, allevate a Doppia Cortina, si estendono in filari orientati Nord-Sud lunghi 290 metri. La tessitura dell'area pianeggiante, su cui si sviluppa il vigneto, è caratterizzata da un terreno franco-argilloso con un pH 8,2 e un contenuto in sostanza organica di 1,7 g kg⁻¹. Il suolo dell'interfilare è gestito con inerbimento permanente il cui sviluppo è controllato con 3-4 sfalci annuali. La fascia sotto-filare, invece, è lavorata con erpice a dischi scavallante alternando la scalzatura con la rincalzatura, ed eseguendo due interventi all'anno.

6.2.2. Esecuzione potatura invernale

La peculiarità di questo studio è lo svolgimento delle tesi di potatura precedentemente accennate da un numero considerevole di anni. Nel dettaglio, l'intervento di potatura invernale integralmente meccanizzata è applicato in alcuni filari del vigneto sin dal 2002 mentre la gestione esclusivamente manuale e quella meccanizzata con rifinitura su carro agevolatore sono state avviate nel 2012. Questo specifico lavoro si è concentrato su tre filari, suddivisi per tipologia di gestione adottata. In tal modo è stato possibile confrontare i risultati ottenuti dai differenti metodi di gestione della potatura invernale. In particolare, sono stati oggetto di studio il quindicesimo filare gestito completamente a macchina (tesi M), il diciassettesimo associato alla tesi manuale (tesi m) e per finire il diciannovesimo filare il cui intervento di potatura è eseguito adottando una tecnica integrata (tesi M+C).

L'intervento viene eseguito normalmente nel mese di febbraio.

Nel dettaglio sono state effettuate le seguenti prove di potatura:

- Tesi m: potatura manuale durante la quale l'operatore interviene con forbici da potatura procedendo a terra;
- Tesi M+C: potatura meccanica con contemporanea e parziale rifinitura manuale, eseguita da due operatori dotati di forbici pneumatiche e posizionati su un carro trainato dalla trattrice che porta la potatrice meccanica (Fig. 14). Durante l'intervento, la rifinitura manuale era rivolta ad una semplice selezione e diradamento degli speroni in quanto il taglio della potatrice è impostato in modo tale che la lunghezza degli speroni sia quella definitiva;
- Tesi M: potatura integralmente meccanizzata, l'intera operazione è effettuata dalla potatrice meccanica e l'operatore ha solo il compito di guidare e regolare il mezzo meccanico.

Le tesi meccanizzate sono state attuate su filari di 290 m registrando la velocità di avanzamento e i tempi impiegati comprensivi di quelli accessori. La velocità e la produttività della tesi manuale sono state rilevate su sezioni di 50 metri.

Per la gestione integralmente meccanizzata e quella con rifinitura è stata utilizzata la potatrice a barre falcianti con contro-lama fissa monolaterale modello Trimmer (Tanesini Technology, Faenza, RA). La macchina, con massa compresa fra 200 e 320 kg, in relazione dell'allestimento adottato, era installata anteriormente ad una trattrice a doppia trazione con potenza 59 kW (Pezzi e Bordini, 2006). La frequenza di taglio impostata era 90 tagli al minuto (1,5 Hz).

La potatrice è stata equipaggiata con quattro barre falcianti a contro-lama fissa ad azionamento idraulico. Due di queste, fisse, disposte in posizione orizzontale per eseguire il taglio al di sopra e al di sotto del cordone. La terza, anch'essa fissa, era montata verticalmente per realizzare un taglio nella parte rivolta verso l'interfilare. Infine, la quarta barra falciante, scavallante, era installata verticalmente dal lato interno della cortina. Quest'ultima, grazie ad un sistema flessibile a molle, era in grado di compiere autonomamente un movimento che le permetteva di superare ostacoli quali spalle delle viti e braccetti di supporto. Nella tesi con meccanizzazione e rifinitura (tesi M+C), il cantiere di lavoro era integrato con carro agevolatore (AllVineyard, Faenza, RA) trainato dalla trattrice su cui alloggiavano gli operatori (Fig. 14).



Figura 14 – Cantiere impiegato per l'esecuzione della potatura con rifinitura manuale M+C.

Il carro era dotato di telai laterali di sicurezza, un sistema per regolare l'altezza, disassamento laterale per garantire il mantenimento dell'assetto orizzontale anche in condizioni di declività e un compressore dell'aria per l'azionamento delle forbici pneumatiche.

6.2.3. Rilevazione dei costi di potatura

L'analisi dei costi di esercizio dei tre metodi di potatura è stata realizzata seguendo i metodi di calcolo indicati dall'American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), indicati nello Standard ASAE D497.7. 2011 "Agricultural Machinery Management".

L'obiettivo principale dell'analisi dei costi è la comparazione dei risultati riguardanti le tre tesi oggetto di studio.

In Tabella 4 sono riportati i parametri considerati per la determinazione dei costi delle diverse metodologie di potatura invernale.

Tabella 4 - Elementi economici utilizzati per il calcolo del costo delle tre tesi di potatura.

Elementi economici	Valori
Prezzo di listino (€) – PL	
potatrice a barre	12.000
carro	6.000
Valore residuo - VR	10% PL
Durata fisica - N	2000 h
Utilizzazione annuale - U	h/anno
Anni di utilizzo - n	N/U (max. 10)
Costi fissi (€/anno)	
ammortamento	$(PL-VR) / n$
interessi	$4\% (PL+RV) / 2$
spese varie	1% PL
Costi variabili (€/h)	
riparazione	60% PL/N
trattrice con operatore	45
salario potatori	15

Per il calcolo dei costi di esercizio dalle differenti tesi sono stati considerati i costi d'acquisto della potatrice a barre falcianti utilizzata nelle tesi M e M+C e del carro agevolatore allestito con compressore e forbici pneumatiche impiegato unicamente nella tesi M+C. Di seguito sono riportati il valore residuo del mezzo, pari al 10% del valore a nuovo (Srivastava *et al.*, 2006), e la prevedibile durata fisica espressa in ore. Le voci che costituiscono i costi d'esercizio totali sono suddivise in costi fissi e costi variabili. Per quanto concerne la sezione dei costi fissi l'ammortamento annuo è stato

determinato sulla base del prezzo di listino delle macchine, il valore residuo e la durata fisica del mezzo. Gli interessi sono stati calcolati considerando un tasso d'interesse pari al 4% mentre le spese varie considerando un coefficiente dell'1% rispetto al valore d'acquisto del mezzo. Spostando l'attenzione alle voci dei costi variabili, sono state considerate le spese di riparazione comprensive dei costi per l'alloggio, manutenzione calcolate come percentuale del prezzo di acquisto (Tab. 4), il costo del lavoro manuale che è stato stimato a 15 €/h incluse tasse, contributi previdenziali e TFR (comunicazione personale). Nelle tesi M e M+C è stata considerata per il trattore una tariffa locale dei contoterzisti pari a 45 €/h. Tale remunerazione comprende il costo orario del trattore e il compenso del conducente. La valutazione economica è stata poi ripetuta variando solo il costo della manodopera per la potatura manuale (9, 12 e 15 €/h) con l'obiettivo di definire, per le due tecniche di potatura meccanizzate, le superfici minime di convenienza oltre le quali, da un punto di vista economico, conviene l'acquisto aziendali dei mezzi meccanici.

6.2.4. *Analisi dei parametri vegeto-produttivi*

Successivamente alle operazioni di potatura, in ciascuno dei tre filari analizzati in questo studio, è stata identificata con nastro segnaletico una sezione del filare lunga 10 m all'interno della quale sono state eseguite tutte le indagini di seguito riportate.

Il primo elemento registrato è quello relativo ai danni causati sulle piante e più precisamente agli speroni in seguito al passaggio dei diversi cantieri adottati. La valutazione dei danni ha previsto la suddivisione delle irregolarità in due gruppi:

- Danni lievi: taglio irregolare e piccole lesioni longitudinali;
- Danni gravi: evidenti rotture dello sperone e scosciature.

A seguire, nello stesso periodo, sono stati analizzati i parametri vegetativi quali il numero di speroni e il carico di gemme che ciascuna tesi ha mantenuto sulla pianta. I valori registrati sono stati suddivisi per il numero di piante esaminate, in questo modo è stato possibile ottenere una media rappresentativa di ciascun parametro per ogni tesi di potatura.

Con la ripresa vegetativa sono stati effettuati i rilievi del germogliamento e fertilità. Per determinare questi parametri sono stati eseguiti calcoli basati sul numero di germogli mediamente sviluppati dalle gemme presenti e sulla quantità di grappoli mediamente prodotti dai germogli. Per far ciò è stata utilizzata una tabella che ha permesso di tenere conto del numero di germogli e del numero di grappoli che ciascuno di essi portava.

Una volta raggiunta la maturità tecnologica, sono state eseguite le analisi sui parametri produttivi. In questa sessione è stato rilevato il numero e peso medio dei grappoli, il peso medio dei singoli acini, la produzione per pianta e le principali caratteristiche

dell'uva, ossia i solidi solubili, l'acidità titolabile e il pH. Gli strumenti impiegati per eseguire le analisi in campo sono stati una bilancia elettronica con una sensibilità di 0,01 g, e un rifrattometro portatile. Per quanto riguarda la determinazione dell'Acidità Totale e pH le analisi sono state eseguite in laboratorio. Ulteriormente a questi parametri, sono state eseguite altre indagini relative alle caratteristiche fisico-meccaniche dell'uva di Trebbiano Romagnolo. Nello specifico sono state definite la durezza, coesività, elasticità, gommosità, masticabilità e resilienza degli acini provenienti dalle diverse parcelle dei tre filari oggetto di questo studio. Infine è stata determinata mediante Texture Profile Analysis (TPA) la forza necessaria per il distacco dal pedicello, la forza per perforare la buccia e il suo spessore. Tale metodo fa uso di una piattaforma fisica che permette di sottoporre gli acini a specifiche analisi (Fig. 15).

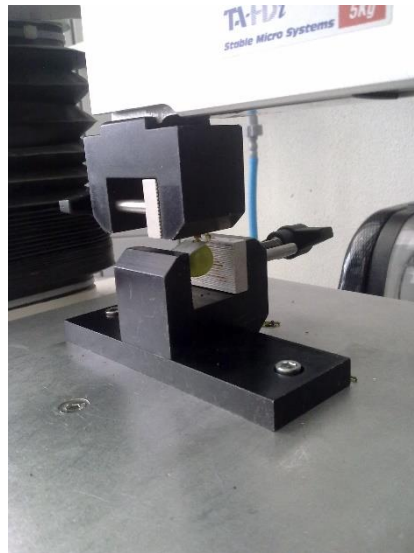


Figura 15 – Strumento per la determinazione della forza per il distacco del pedicello mediante TPA.

Tutte queste indagini mirate alla determinazione degli effetti che le differenti tesi di potatura sortiscono sulla produzione, hanno in comune l'utilizzo di campioni raccolti dalle medesime parcelle di filare e da diverse posizioni di innumerevoli grappoli. Questo ha permesso di ottenere risultati validi e utili allo scopo di questo studio.

6.2.5. *Rilievo incidenza Mal dell'esca*

Per determinare l'incidenza del Mal dell'esca, sugli stessi filari considerati per le prove di meccanizzazione, è stata effettuata, in data 12/09/2022, un'indagine di campo finalizzata a identificare la posizione delle piante malate e l'entità della malattia rilevata su ciascuna pianta. La scelta del giorno in cui eseguire il rilievo è stata presa in relazione alle due settimane precedenti alla suddetta data. Durante tale periodo sono cadute le prime precipitazioni, 80 mm, dopo vari mesi torridi e privi di piogge. Ciò ha permesso ai sintomi del Mal dell'Esca di essere maggiormente visibili.

Durante il rilievo, le piante colpite da Mal dell'Esca sono state georeferenziate tramite GPS palmare (S42H Stonex, Fig. 15) con precisione sub-metrica in relazione alla copertura satellitare. La registrazione della posizione è avvenuta posizionando lo strumento in prossimità del fusto delle piante e registrando la posizione per un tempo di cinque secondi. È stata creata una tabella in cui, per ogni pianta georeferenzata, è stato associato il numero del filare e il livello di gravità dei sintomi adottando una scala da 1 a 3:

- livello 1: incidenza leggera, chiara presenza della tigratura fogliare su almeno 4 foglie;
- livello 2: incidenza media, incidenza della patologia ben visibile su alcuni tralci;
- livello 3: incidenza grave, la vegetazione e la produzione risultano fortemente compromesse.

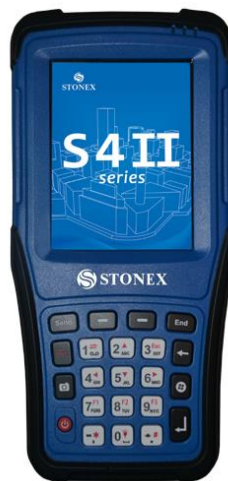


Figura 15 – Palmare GPS S4II.

I dati rilevati con il GPS sono stati estratti in formato shapefile e successivamente inseriti nel software open source QGIS (versione 3.4 Madeira) per la costruzione della mappa di posizione delle piante malate con associato il livello di gravità del Mal dell'Esca.

6.3. RISULTATI

6.3.1. *Tempi di esecuzione*

Per lo svolgimento delle tre tesi di potatura sono stati impostati alcuni parametri (Tab. 5) quali velocità di avanzamento del cantiere e frequenza di taglio delle barre falcianti e dei potatori.

Tabella 5 - Velocità d'avanzamento e frequenza di taglio dei cantieri di potatura impiegati.

Tesi	Velocità macchina (km/h)	Velocità operai (m/h)	Operai per potatura (n)	Frequenza di taglio potatrice (tagli/min)	Frequenza di taglio operai (tagli/min)
m	-	70	1	-	26,0
M+C	1,0	-	2	90	33-46
M	1,3	-	0	90	-

I valori della velocità di avanzamento per le tesi M e M+C sono stati impostati considerando la natura del cantiere, infatti, la velocità con la quale è stata eseguita la tecnica di potatura integrata (tesi M+C) è inferiore rispetto a quella completamente meccanizzata (tesi M) che è pari a 1,3 km/h. Ciò è dovuto alla necessità degli operatori posti sul carro di eseguire la rifinitura manuale.

Alla velocità di 1 km/h il primo operatore è riuscito a mantenere una frequenza di 46 tagli al minuto, mentre il secondo operatore, col compito di eseguire una più attenta selezione degli speroni, riusciva a compiere in media 33 tagli al minuto. Relativamente alla tesi manuale, la velocità non è stata impostata ma è derivata dal progressivo avanzamento degli operatori che mantenevano una frequenza di taglio media di 26 tagli/min.

Nella tabella 6 sono riportati i tempi unitari di lavoro suddivisi per tesi di prova e la capacità di lavoro calcolata sulla base dell'Eq. 1 considerando un rendimento d'impiego pari a 0,9.

$$Ca \text{ (ha/h)} = 0.1 \cdot v \cdot d \cdot \eta \text{ (Eq. 1)}$$

Dove:

- v = velocità (km/h);
- d = semi-distanza tra i filari (m);
- η = Rendimento di impiego considerando il tempo richiesto per la svolta e le manovre a fine campo.

Tabella 6 - Tempi unitari e capacità operativa dei cantieri per la potatura invernale.

Tesi	Capacità di lavoro cantiere di potatura (ha/h)	Tempi cantiere potatura (h/ha)	Tempi manodopera per potatura (h/ha)
m	0,014	-	71,4
M+C	0,18	5,6	11,2
M	0,23	4,3	-

Dai valori ottenuti emerge come i tempi di impiego relativi alla tesi integralmente meccanica (tesi M) corrispondono al 6% dei tempi necessari per l'esecuzione manuale (tesi m), con un conseguente risparmio del 94% (Fig. 16). Analogamente, i tempi di esecuzione della tesi M+C sono pari all'8% con un risparmio del 92%. Considerando sempre questa tesi, il risparmio di manodopera impegnata nella potatura risulta invece essere dell'84%.

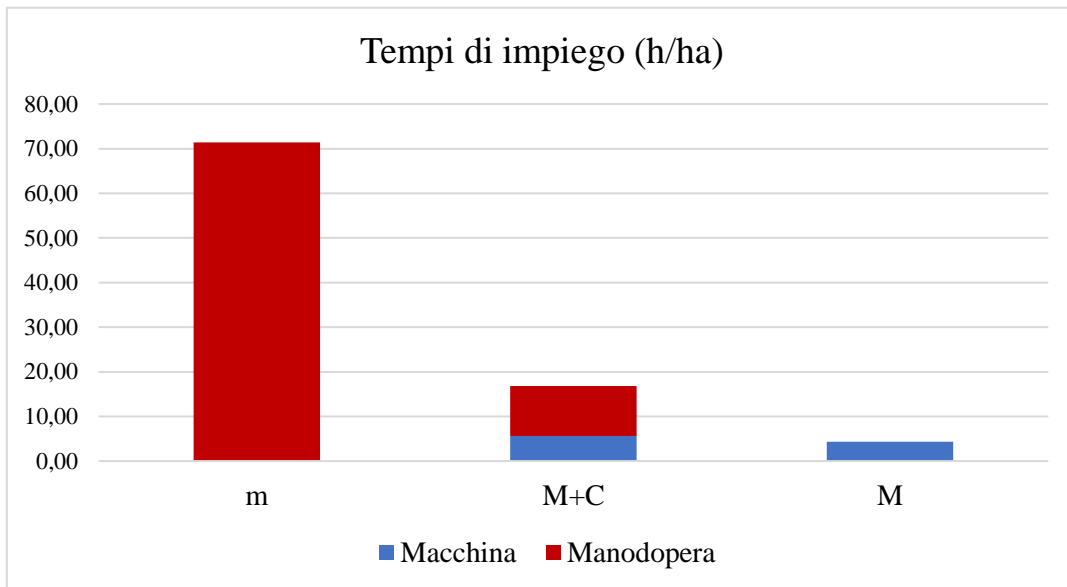


Figura 16 – Tempi di impiego (h/ha) delle tecniche di potatura; m, potatura manuale; M+C, potatura meccanica con rifinitura manuale; M, potatura integralmente meccanizzata.

È da sottolineare come l'introduzione della meccanizzazione influisca sui tempi di esecuzione della potatura invernale e in che misura, tali tempi, siano ridotti.

6.3.2. Valutazione economica

Dal punto di vista economico, la determinazione dei costi di esercizio generati dall'impiego nelle tre tesi di differenti livelli di meccanizzazione della potatura, ha permesso di evidenziare l'andamento dei costi dei cantieri considerati al variare della superficie di impiego. In particolare, la figura 18 evidenzia la correlazione fra i costi unitari delle tre modalità di potatura in funzione della superficie vitata potata annualmente. Come appare subito evidente, i cantieri meccanizzati determinano costi unitari inizialmente molto superiori che però tendono a ridursi velocemente con l'aumentare della superficie interessata e del conseguente utilizzo annuale. Rispetto alla costanza del costo dell'intervento manuale (1071 €/ha), le curve dei costi dei cantieri meccanizzati superano rapidamente il punto d'indifferenza economica e

consentono facilmente un grande risparmio con superfici superiori ai 10 ha circa (fig. 18).

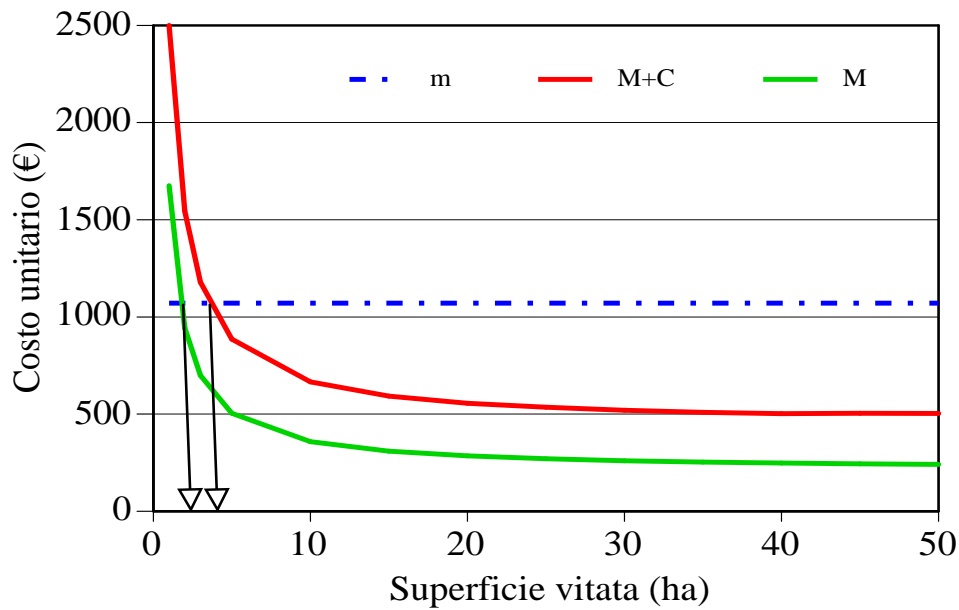


Figura 18 - Andamento dei costi unitari in funzione della superficie.

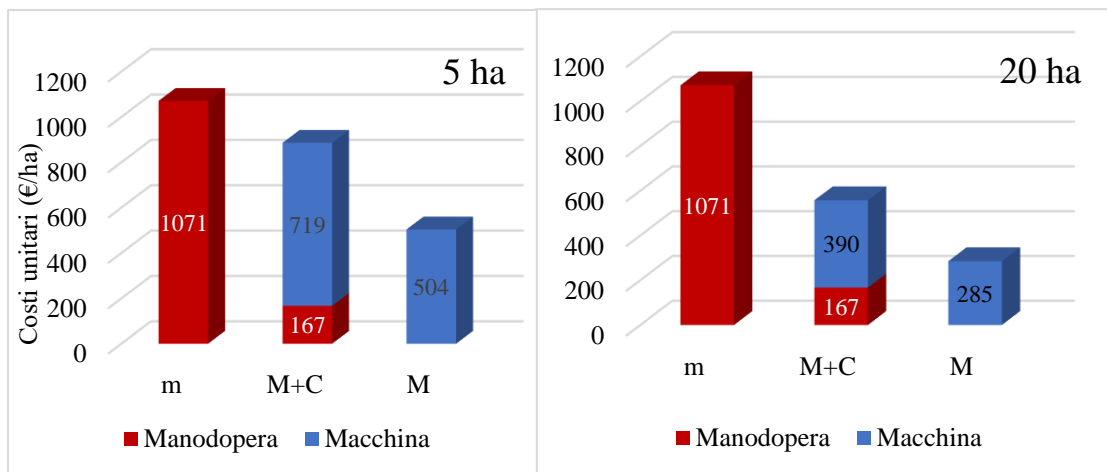


Figura 19 - Costi unitari di potatura su 5 ettari.

Figura 20 - Costi unitari di potatura su 20 ettari.

Volendo differenziare i costi relativi ai cantieri meccanici e alla manodopera impegnata nella potatura per le tre tesi, si può fare riferimento a due livelli di impiego abbastanza rappresentativi: 5 e 20 ha (Figg. 19 e 20). Considerando l'intervento su una superficie di 5 ha, le tesi meccanizzate consentono un risparmio rispetto alla tesi manuale pari a 185 €/ha (17,3%) e 567 €/ha (52,9%) rispettivamente per la tesi M+C e M. Più evidente è il risparmio raggiunto operando su 20 ha, in questo caso la differenza dei costi

generati dalle tesi meccanizzate rispetto a quelli della tesi manuale ammonta, per la tesi M+C, a 514 €/ha (-48%) mentre per la tesi M sarebbe pari a 786 €/ha (-73,39%).

Assumendo che in diverse aziende, come quelle a gestione familiare, il costo della manodopera viene valorizzato ad un livello inferiore rispetto a quello ufficiale, la valutazione economica dei costi unitari dei tre cantieri di potatura è stata ripetuta considerando tre differenti costi orari della manodopera: 9, 12 e 15 €/h. Il risultato di questa simulazione è riportato in tabella 7 in cui si osserva che, al ridursi della tariffa della manodopera aumenta la superficie necessaria per giustificare l'impiego del mezzo meccanico. Infatti, se con il costo orario ufficiale della manodopera di 15 €/h sono necessari solo 1,7 e 3,5 ha per giustificare l'utilizzo delle tecniche M e M+C rispetto all'esecuzione dell'intervento manuale m, diminuendo il costo fino a 9 €/h la superficie minima per mantenere la convenienza delle tecniche meccanizzate sale rispettivamente a 3,4 e 9 ha.

Tabella 7 - Superfici minime necessarie per giustificare la meccanizzazione della potatura considerando tre differenti costi orari della manodopera.

Salario	15 €/h	12 €/h	9 €/h
Tesi			
M+C	3,5	5	9
M	1,7	2,3	3,4

6.3.3. Risultato vegeto-produttivo

In tabella 8 sono riepilogati i danneggiamenti subiti dagli speroni in seguito al taglio degli organi meccanici suddivisi in danni lievi e gravi.

Tabella 8 – Danneggiamento degli speroni (%) in seguito al taglio degli organi meccanici.

Tesi	Danni lievi (%)	Danni gravi (%)
m	-	-
M+C	7,0%	0,5%
M	10,0%	0,9%

Grazie alla corretta impostazione della velocità di avanzamento e della frequenza delle barre falcianti, le tesi meccanizzate hanno causato danni limitati agli speroni. Nello specifico, la tesi completamente meccanica è quella che ha determinato la percentuale di speroni danneggiati più elevata con il 10% di danni lievi e quasi l'1% di danni gravi, dove i danni lievi erano costituiti prevalentemente da lesioni longitudinali o altre irregolarità della superficie di taglio che non pregiudicano la vitalità delle gemme o la

produzione mentre i danni gravi consistevano in scosciature e in ingenti rotture dello sperone in grado di influenzare lo sviluppo delle gemme alla ripresa vegetativa. La potatura integrata (M+C) è stata caratterizzata da un livello di danni lievi pari al 7% degli speroni mentre la potatura manuale non ha determinato alcun danno agli speroni. Gli effetti provocati dal mezzo meccanico sono principalmente attribuibili alla velocità di avanzamento del cantiere e alla frequenza di taglio. Maggiore è la velocità adottata, minore sarà la precisione con cui verrà eseguito il taglio, a cui si aggiunge un maggior effetto di trascinamento capace di causare gravi danni. Relativamente alla frequenza di taglio, più questa è elevata, con maggior precisione verrà eseguito il taglio e minori saranno i danni riportati a livello dello sperone.

Tabella 9 – Effetti della potatura su alcuni parametri vegetativi della pianta.

Tesi	Speroni/Pianta (n)	Gemme/Sperone (n)	Gemme/Pianta (n)	Germogli (n)	Fertilità (%)
m	14,5	4,03	57,7	34,4	0,61
M+C	27,7	3,5	95,7	56,50	0,44
M	48,9	3,42	166,9	94,70	0,31

In Tabella 9 sono riportati i parametri vegetativi rilevati nelle tre tesi di potatura. Da questi si evidenzia come la tesi m determini un elevato diradamento degli speroni associato ad un ridotto carico di gemme. Diversamente, la potatura meccanizzata (tesi M) lasciando un numero maggiore di speroni determina un carico di gemme quasi triplo rispetto a quello della tesi m. Una condizione intermedia è stata registrata invece nella potatura integrata nella quale il carico di gemme risulta maggiore del 66% rispetto alla potatura manuale.



Figura 17 – Risultato vegetativo ottenuto in seguito alla potatura meccanizzata.

Questa differenziazione prodotta dalle tre modalità di potatura viene equilibrata dal comportamento fisiologico delle piante che riducono il germogliamento e la fertilità nelle tesi con maggior carico di gemme (Intrieri e Poni, 2000). Infatti, nella tesi M è stato registrato un incremento del germogliamento minore in confronto all'incremento del numero delle gemme rispetto la tesi m. Similmente, anche la percentuale di fertilità è risultata essere nettamente inferiore nella tesi meccanica rispetto a quella manuale (meno 50%).

I rilievi riportati in tabella 10 sono stati eseguiti su campioni che hanno raggiunto la completa maturità, in questo modo i dati di seguito presentati sono rappresentativi dei risultati enologici.

Tabella 10 – Parametri produttivi rilevati su Trebbiano Romagnolo.

Tesi	Grappoli (N°)	Peso medio grappolo (g)	Peso medio acino (g)	Produzione (kg/pianta)	Solidi Solubili (°Brix)	Acidità titolabile (g/L)	pH
m	24,2	284,5	2,67	6,81	19,7	6,85	3,43
M+C	30,4	255,4	2,59	7,80	19,7	6,74	3,41
M	33,4	214,7	2,40	7,68	19,5	7,19	3,39

Dalle analisi condotte sui parametri della produzione (Tab. 10) è emerso che la produzione a ettaro della tesi completamente meccanizzata e di quella integrata si attesta indicativamente intorno alle 19 t/ha mentre l'ipotetica produzione sviluppata dalla gestione esclusivamente manuale è di circa 17 t/ha. Andando più nel dettaglio, nonostante le produzioni delle tesi M e M+C siano approssimativamente maggiori dell'11,8% rispetto a quella della tesi m, nelle due prove meccanizzate è stato registrato un peso medio di grappoli e acini che rispettivamente è pari al -24,5% e -10,2% rispetto ai valori conseguiti nella tesi manuale. Dal punto di vista della composizione del mosto

(Tab. 10), come riportato in altri studi (Clingeffer, 1993; Poni *et al.*, 2000), non sono state riscontrate particolari differenze determinate dai differenti approcci di potatura. Relativamente al contenuto dei solidi solubili non sono emerse differenze che possono essere direttamente connesse alle diverse tesi di potatura adottate. Lo stesso discorso può essere applicato ai valori del pH. Concentrandosi sul parametro dell'acidità, i valori si attestano in un range abbastanza contenuto. Ciò dimostra che la potatura meccanizzata non induce un'acidità titolabile maggiore rispetto all'intervento manuale o integrato, anzi, tale parametro varia molto in funzione delle condizioni climatiche. In ogni caso, all'interno di questo specifico studio è stata determinata un'acidità più elevata dai campioni di piante potate esclusivamente a macchina. Proprio come per i parametri vegetativi, la tesi con meccanizzazione integrata (tesi M+C) genera una produzione con caratteristiche intermedie.

6.3.4. Caratteristiche fisico-meccaniche della produzione

L'influenza che le varie tesi di potatura inducono sulle caratteristiche degli acini è riepilogata in tabella 11.

Tabella 11 - Effetti delle tesi di potatura sulle proprietà fisico-meccaniche degli acini di Trebbiano Romagnolo allevato a Doppia Cortina.

Tesi	Durezza (N)	Coesività	Elasticità (mm)	Gommosità (N)	Masticabilità (N)	Resilienza
m	4,83	0,44	0,21	2,00	0,35	3,45
M+C	4,95	0,43	0,20	2,03	0,35	3,41
M	5,00	0,44	0,22	2,10	0,33	3,38

Dalle misure emerge una maggiore consistenza della polpa (durezza) nelle bacche provenienti da piante gestite con il trattamento meccanico integrale (tesi M). Viceversa, la masticabilità delle bacche della tesi M è minore rispetto a quella associata alle bacche derivate dalla tesi di potatura manuale. I dati della gommosità che esprime la capacità della bacca di deformarsi in presenza di sollecitazioni sono leggermente superiori per la tesi meccanica (tesi M) e minori per quella manuale.

Di seguito sono indicati i valori delle caratteristiche fisco-meccaniche (Tab. 12). Per la determinazione di tali dati relativi alle bacche è stato impiegato il Texture Profile Analysis.

Tabella 12 - Effetti dell'applicazione delle tre tesi di potatura sulle proprietà fisico-meccaniche degli acini.

Tesi	Distacco del pedicello (N)	Perforazione buccia (N)	Spessore buccia (mm)
m	5,9	5,4	0,21
M	6,5	5,9	0,23

Gli acini originati dalle piante potate meccanicamente risultano più resistenti al distacco dal pedicello e in generale hanno una buccia più resistente rispetto agli acini derivati dalla tesi manuale. Queste proprietà possono essere correlate alla resistenza a possibili marciumi e alle perdite che si verificano durante la vendemmia meccanica, in particolare, una buccia più consistente e spessa, come quella derivata da potatura meccanica, è possibile che sia in grado di resistere maggiormente alla penetrazione da parte dei patogeni e di mitigare i problemi legati alle perdite per ammostamento.

6.3.5. Risultati rilievo Mal dell'esca



Figura 21 - Mappa del vigneto "Casetta" con indicate le piante colpite da Mal dell'Esca (rilievi del 12 settembre 2022).

In seguito all'indagine di campo e ai dati georeferenziati raccolti mediante l'impiego del palmare GPS, è stato possibile realizzare una mappa (Fig. 21) riportante tutti i casi di piante sintomatiche rilevate durante il sopralluogo. Grazie ad essa è possibile osservare la distribuzione spaziale dei casi e, attraverso l'assegnazione a ciascuna pianta di un livello di gravità dei sintomi espressi, si è in grado di analizzare l'incidenza della malattia in ciascun filare.

In figura 22 sono riportati i casi sintomatici rilevati durante il sopralluogo eseguito nel settembre 2022. Il criterio di rappresentazione dei dati che è stato adottato permette di comparare i risultati relativi ai tre filari gestiti con le differenti tecniche di potatura. Inoltre, è possibile valutare l'incidenza dei livelli di gravità sul totale dei casi rilevati in ciascun filare.

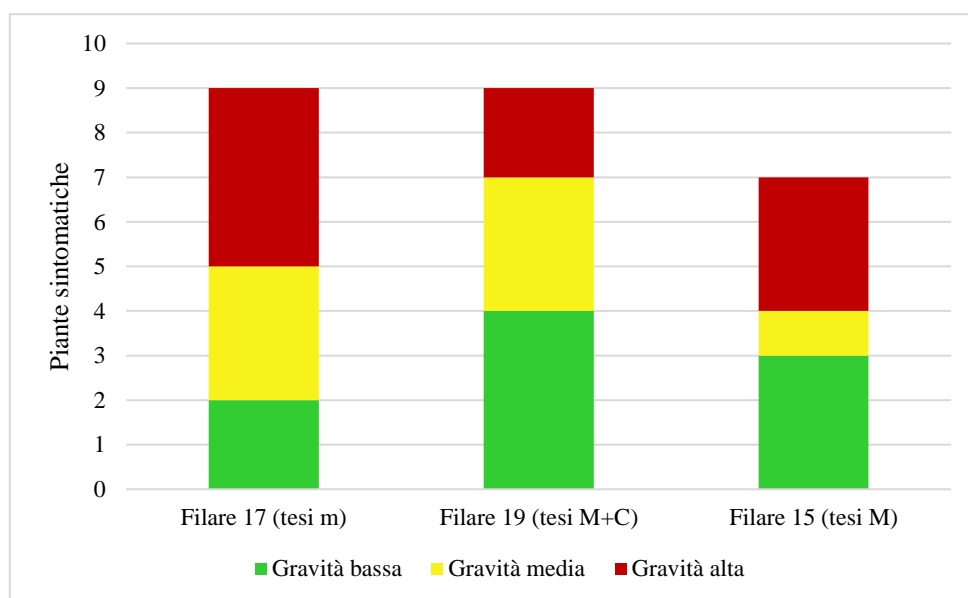


Figura 22 – Casi sintomatici distinti per gravit  dei sintomi relativi ai tre filari oggetto di studio; m, potatura manuale; M+C, potatura meccanica con rifinitura manuale; M, potatura integralmente meccanizzata.

Dall'elaborazione dei dati raccolti   emerso che, sul totale dei sintomi rilevati nei tre filari, il 36% delle piante presentava sintomi di bassa gravit , il 28% sintomi di media entit  e il restante 36% mostrava sintomi gravi. Nello specifico, il filare gestito con la potatura manuale (tesi m) e quello con la potatura integrata (tesi M+C) esprimevano ciascuno il 36% dei casi sintomatici rilevati, per un totale pari al 72%. Infine, il filare il cui intervento di potatura   stato eseguito adottando la tesi M era caratterizzato dalla minor percentuale di casi (28%).   da evidenziare come i risultati ottenuti offrano una buona indicazione sugli effetti che la potatura meccanizzata sortisce sulle piante in relazione alla diffusione del Mal dell'Esca. Questa per    soltanto un'ipotesi nel momento in cui l'espressione dei sintomi   estremamente variabile e, per ipotizzare una

correlazione tra potatura meccanica e minor incidenza della patologia è necessario eseguire studi impostati a tale scopo seguiti da una corretta analisi statistica dei dati.

7 CONCLUSIONI

La potatura invernale è un'operazione fondamentale nella gestione del vigneto, non solo perché la sua modalità di esecuzione può produrre effetti significativi sulla fisiologia della pianta e sulle rese, ma anche perché si tratta di un'operazione onerosa che richiede, nella gestione tradizionale, un elevato impiego di manodopera. La meccanizzazione di tale operazione è quindi fondamentale nell'ottica di una gestione economicamente sostenibile del vigneto. Attraverso i rilievi effettuati sul vigneto "Casetta" di Trebbiano Romagnolo è stato possibile fare una valutazione degli effetti che diverse tecniche di potatura con livello crescente di integrazione meccanica producono sugli aspetti operativi ed economici dell'intervento e sui principali parametri vegeto produttivi del vigneto. Nel presente elaborato sono state messe a confronto tre soluzioni alternative di potatura invernale caratterizzate da un diverso livello di meccanizzazione: la potatura tradizionale eseguita manualmente (tesi m), la potatura agevolata utilizzando un unico cantiere composto da un carro trainato che portava due operatori impegnati in una rifinitura parziale con forbici pneumatiche (tesi M+C) ed infine la potatura esclusivamente meccanica (tesi M). La prima e la terza tecnica sono state utilizzate ininterrottamente nei filari interessati dai rilievi dal 2002, mentre la seconda tecnica, quella intermedia, è stata applicata con continuità dal 2012. Si tratta di un interessante aspetto che caratterizza lo studio in quanto l'applicazione regolare e precisa delle diverse tecniche di potatura per molti anni ha indotto un equilibrio vegeto produttivo delle piante sicuramente stabile. Relativamente alle tesi considerate in questo lavoro, sono stati analizzati tutti i principali effetti caratterizzanti le differenti metodologie di potatura. Per prima cosa sono state realizzate le analisi dei parametri operativi. Da tale comparazione è emerso che, rispetto alla potatura manuale, la potatura prettamente meccanica (tesi M) permette un risparmio di tempo del 92%. Anche la potatura agevolata (M+C) consente, grazie alla maggiore frequenza di taglio degli operatori e alla loro parziale selezione degli speroni, di ridurre i tempi di lavoro del 94%. La qualità della potatura meccanica è risultata più che accettabile con una incidenza degli speroni danneggiati gravemente inferiore all'1%.

Spostando l'attenzione all'ambito economico, per prima cosa sono stati evidenziati gli andamenti dei costi della meccanizzazione che, grazie al costo contenuto dei mezzi impiegati, diventano facilmente convenienti anche su piccole superfici vitate. Ad esempio, considerando una superficie di 5 ha, i costi generati dalla tesi M+C e M sono rispettivamente l'82,7% e il 47,1% rispetto il costo della tesi manuale. Il secondo punto affrontato è la determinazione della superficie minima di convenienza che rappresenta la superficie del vigneto oltre alla quale è conveniente l'acquisto aziendale delle macchine per la potatura. Tale superficie, considerando la tariffa ufficiale di 15 €/h per la manodopera, risulta molto limitata: 1,7 ha e 3,5 ha rispettivamente per la tesi M e M+C. Anche considerando costi orari della manodopera inferiori, situazione non infrequente per le aziende a conduzione

famigliare, la convenienza economica si ottiene su superfici di poco superiori. Ad esempio, con una tariffa oraria di 9 €/h sono necessari 3,4 e 9 ha rispettivamente per le tesi M e M+C. Da un punto di vista agronomico la meccanizzazione ha lasciato un maggior numero di speroni, raddoppiando o triplicando il carico di gemme. Questa differenziazione ha portato le piante con molte gemme a ridurre il loro germogliamento e, successivamente, a limitare la fertilità dei germogli. Inoltre, le stesse piante hanno prodotto grappoli più piccoli e spargoli con acini di minore dimensione (Intrieri e Poni, 2000) e caratterizzati da bucce più elastiche e resistenti alla rottura; condizioni certamente favorevoli per resistere ad eventuali marciumi che possono manifestarsi in annate sfavorevoli nel periodo della vendemmia. Con questa autoregolazione le piante hanno limitato le differenze produttive registrate nelle tre tesi che sono risultate dell'11-15% più alte nei filari meccanizzati.

L'indagine sulla diffusione del Mal dell'Esca ha evidenziato come il patogeno sia caratterizzato da una diffusione differente nei filari di prova. Nell'annata appena trascorsa caratterizzata da scarse precipitazioni e alte temperature la patologia si è manifestata in maniera abbastanza evidente, soprattutto nel filare potato manualmente dove ha espresso una maggiore gravità.

Considerando tutti gli elementi riscontrati in questa ricerca si può affermare che il Trebbiano Romagnolo allevato a Doppia Cortina può essere potato con livelli di meccanizzazione anche molto spinti. Tutto questo affrontando un costo relativamente basso che consente l'introduzione della potatura meccanica anche su vigneti di piccola dimensione, mantenendo i livelli produttivi e probabilmente migliorando le condizioni sanitarie rispetto alla potatura manuale.

RINGRAZIAMENTI

Alla fine di questo elaborato, ritengo d'obbligo ringraziare l'Az. Terre Naldi per la disponibilità del vigneto e la Ditta AllVineyard per la fornitura dei mezzi meccanici. Il loro prezioso contributo, assieme a quello del relatore Fabio Pezzi e a quello della correlatrice Roberta Martelli, hanno permesso l'organizzazione degli interventi programmati e degli innumerevoli rilievi eseguiti ai fini della stesura di questa tesi. Mi è inoltre doveroso dedicare questo spazio per porgere i miei più sentiti ringraziamenti alle due persone più importanti, i miei genitori. Voi, assieme ai nonni mi avete sempre motivato e sostenuto in ogni momento del percorso universitario anche grazie ai vostri inestimabili insegnamenti. Un grande grazie a tutti i miei amici che hanno alleggerito i momenti più pesanti e mi hanno spronato a dare sempre di più nonostante i momenti difficili. Infine, vorrei dedicare questo piccolo traguardo a me stesso, che possa essere l'inizio di una lunga e brillante carriera professionale.

8 BIBLIOGRAFIA

Ajello, L.; Georg, L. K.; Steigbigel, R. T., & Wang, C. J. K.; “A case of phaeohyphomycosis caused by a new species of *Phialophora*”, *Mycologia*, 1974, 66(3), 490-498.

Allegro, G.; Martelli, R.; Valentini, G.; Pastore, C.; Mazzoleni, R.; Pezzi, F., & Filippetti, I.; “Effects of Mechanical Winter Pruning on Vine Performances and Management Costs in a Trebbiano Romagnolo Vineyard: A Five-Year Study”, *Horticulturae*, 2023, 9(1), 21.

Allegro, G.; Pastore, C.; Valentini, G.; Filippetti, I.; “Post-budburst hand finishing of winter spur pruning can delay technological ripening without altering phenolic maturity of Merlot berries”, *Aust. J. Grape Wine Res.*, 2020, 26, 139-147.

Amalfitano, C.; Agrelli, D.; Arrigo, A.; Mugnai, L.; Surico, G., & Evidente, A.; “Stilbene polyphenols in the brown, red wood of *Vitis vinifera* cv. Sangiovese affected by “esca proper”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2011, 50, S224-S235.

Andolfi, A.; Cimmino, A.; Evidente, A.; Iannaccone, M.; Capparelli, R.; Mugnai, L., & Surico, G.; “A new flow cytometry technique to identify *Phaeomoniella chlamydospora* exopolysaccharides and study mechanisms of esca grapevine foliar symptoms”, *Plant Disease*, 2009, 93(7), 680-684.

Andolfi A.; Mugnai, L.; Luque, J.; Surico, G.; Cimmino, A.; & Evidente, A.; “Phytotoxins produced by fungi associated with grapevine trunk diseases”, *Toxins*, 2011, 3(12), 1569-1605.

A.P.I.M.A. Associazione Provinciale Imprese di Meccanizzazione Agricola. Tariffe delle lavorazioni meccanico agrarie ed industriali per conto terzi, 2021. Retrieved from <https://www.apima-associazioni.com/>.

Armengol, J.; Vicent, A.; García-Jiménez, J.; García-Figueres, F.; & Torné, L.; “Fungi associated with esca and grapevine declines in Spain: a three-year survey”, *Fungi Associated with Esca and Grapevine Declines in Spain*, 2001, 1000-1005.

Assirelli, A.; Pignedoli, S.; “Costo di esercizio delle macchine agricole”, *Bollettino C.R.P.A. Notizie*, 2005, 5, 1-10.

ASAE EP496.3. Agricultural machinery management. ASABE Standards; ASABE: St. Joseph, MI, USA, 2006.

Bates, T.; Dresser, J.; Eckstrom, R.; Badr, G.; Betts, T.; Taylor, J.; “Variable-Rate Mechanical Crop Adjustment for Crop Load Balance in ‘Concord’ Vineyards”, *In 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IOT Tuscany)*, 2018, 1–4, <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373046>.

Bates, T.; Morris, J. R.; “Mechanical Cane Pruning and Crop Adjustment Decreases Labor Costs and Maintains Fruit Quality in New York ‘Concord’ Grape Production”, *HortTechnology*, 2009, 19 (2), 247–253, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.19.2.247>.

Bertelli, E.; Mugnai, L.; & Surico, G.; “Presence of *Phaeoacremonium chlamydosporum* in apparently healthy rooted grapevine cuttings”, *Phytopathologia Mediterranea*, 1998, 37(2), 79-82.

Calzarano, F.; Cesari, A.; & Di Marco, S.; “Benefit of fungicide treatment after trunk renewal of vines with different types of esca necrosis”, *Benefit of Fungicide Treatment after Trunk Renewal of Vines with Different Types of Esca Necrosis*, 2004, 1000-1009.

Calzarano, F.; & Di Marco, S.; “Wood discoloration and decay in grapevines with esca proper and their relationship with foliar symptoms”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2007, 46(1), 96-101.

Calzarano, F.; Di Marco, S.; D'AGOSTINO, V.; Schiff, S.; & Mugnai, L.; “Grapevine leaf stripe disease symptoms (esca complex) are reduced by a nutrients and seaweed mixture”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2014, 543-558.

Chiarappa, L.; “Esca (black measles) of grapevine. An overview”, *Esca (Black Measles) of Grapevine. An Overview*, 2000, 1000-1005.

Clingeffer, P.R.; “Vine response to modified pruning practices”, *In Proceedings of the Second N.J. Shaulis Grape Symposium*. Fredonia State University, NY. R.M. Pool (Ed.), 1993, pp. 20-30.

Cosmo, I.; “Comparative ampelographic notes on varieties of *V. vinifera*. The Bordeaux vines”, *Italia Agricola*, 1940, 77, 473-82.

Crous, P.W.; Gams, W.; Wingfield, M.J.; & Van Wyk, P. S.; “*Phaeoacremonium* gen. nov. associated with wilt and decline diseases of woody hosts and human infections”, *Mycologia*, 1996, 88(5), 786-796.

Di Collalto, G.; Silvestroni, O.; Intrieri, C.; “Winter mechanical pruning of grape: Preliminary trials in Tuscany”, *In Proceedings of the Second International Seminar on Mechanical Pruning of Vineyards*, Edagricole, Bologna (Italy), 1988, pp. 163-167.

Di Marco, S.; Calzarano, F.; Osti, F.; & Mazzullo, A.; “Pathogenicity of fungi associated with a decay of kiwifruit”, *Australasian Plant Pathology*, 2004, 33(3), 337-342.

Di Marco, S.; Cesari, A.; Calzarano, F.; & Mazzullo, A.; “The Contro of Esca: Status and Perspectives”, *The Contro of Esca*, 2000, 1000-1009.

Di Marco, S.; Osti, F.; & Mugnai, L.; “First studies on the potential of a copper formulation for the control of leaf stripe disease within esca complex in grapevine”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2011, 50, S300-S309.

Dokoozlian, N.; “The Evolution of Mechanized Vineyard Production System in California”, *Acta Hortic.* 2013, No. 978, 265–278, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.31>.

Dubos, B.; & Larignon, P.; “Preliminary Studies on the Biology of *Phaeoacremonium*”, *Preliminary Studies on the Biology of Phaeoacremonium*, 2000, 1000-1006.

Eskalen, A.; Feliciano, A. J., & Gubler, W. D.; “Susceptibility of grapevine pruning wounds and symptom development in response to infection by *Phaeoacremonium aleophilum* and *Phaeomoniella chlamydospora*”, *Plant Disease*, 2007, 91(9), 1100-1104.

Fischer, M.; “A new wood-decaying basidiomycete species associated with esca of grapevine: *Fomitiporia mediterranea* (Hymenochaetales)”, *Mycological Progress*, 2002, 1(3), 315-324.

Fischer, M.; “On the species complexes within *Phellinus*: *Fomitiporia* revisited”, *Mycological Research*, 1996, 100(12), 1459-1467.

Food Agriculture Organization (FAO), “Guidelines for soil profile description”, *In Soil Resources Management and Conservation Service*, 1990, Land and Water Development Division, 3rd ed.

Gams, W.; & Crous, P.W.; "Phaeomoniella chlamydospora Gen. et Comb. Nov., a Causal Organism of Petri Grapevine Decline and Esca", *Phaeomoniella chlamydospora Gen. et Comb. Nov., a Causal Organism of Petri Grapevine Decline and Esca*, 2000, 1000-1007.

Gatti, M.; Civardi, S.; Bernizzoni, F.; & Poni, S.; “Long-Term Effects of Mechanical Winter Pruning on Growth, Yield, and Grape Composition of Barbera Grapevines”, *Am. J. Enol. Vitic.* 2011, 62 (2), 199–206, <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10101>.

Graniti, A.; Mugnai, L.; & Surico, G.; “Esca of Grapevine: A Disease Complex or a Complex of Diseases”, *Esca of Grapevine*, 2000, 1000-1005.

Guérin-Dubrana, L.; Labenne, A.; Labrousse, J. C.; Bastien, S.; Rey, P.; & Gégout-Petit, A.; “Statistical analysis of grapevine mortality associated with esca or *Eutypa* dieback foliar expression”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2013, 276-288.

Intrieri, C.; Silvestroni, O.; & Poni, S.; “Long-term trials on winter mechanical pruning of grapes”, *In Proceedings of the Second International Seminar on Mechanical Pruning of Vineyards*, 1988, Edagricole, Bologna (Italy), pp. 168-173.

Intrieri, C.; Filippetti, I.; Allegro, G.; Valentini, G.; Pastore, C.; Colucci, E.; “The Semi-Minimal-Pruned Hedge: A Novel Mechanized Grapevine Training System”, *Am. J. Enol. Vitic.*, 2011, 62 (3), 312–318, <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10083>.

Intrieri, C.; Poni, S.; “Integrated Evolution of Trellis Training Systems and Machines to Improve Grape Quality and Vintage Quality of Mechanized Italian Vineyards”, *Mech. Ital. Vineyards*, 1995, 46, (1), 116–127.

Intrieri, C.; Poni, S.; “Physiological Response of Winegrape to Management Practices for Successful Mechanization of Quality Vineyards”, *Acta Hort.*, 2000, No. 526, 33–48, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.526.2>.

ISTAT, 7° *Censimento agricoltura*, 2020. Rome, Italy: ISTAT. Retrieved from <https://www.istat.it/it/censimenti/agricoltura/7-censimento-generale>.

Kraus, C.; Rauch, C.; Kalvelage, E. M.; Behrens, F. H.; d'Aguiar, D.; Dubois, C., & Fischer, M.; “Minimal versus intensive: how the pruning intensity affects occurrence of grapevine leaf stripe disease, wood integrity, and the mycobiome in grapevine trunks”, *Journal of Fungi*, 2022, 8(3), 247.

Lakso, A.N.; Kliwer, W.M.; “The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries”, *Plant Physiol.* 1975, 56, 370-372.

Lorenz, D.H.; Eichorn, K.W.; Bleiholder, H.; Klose, R.M.; Meier, U.; Weber, E.; “Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. sp. *vinifera*). Codes and descriptions according to the extended BBCH scale”, *Aust. J. Grape Wine Res.*, 1995, 1, 100–103.

Marchi, G.; Peduto, F.; Surico, G.; Di Marco, S.; Calzarano, F.; & Mugnai, L.; “Some observations on the relationship of manifest and hidden esca to rainfall”, *Some Observations on the Relationship of Manifest and Hidden Esca to Rainfall*, 2006, 1000-1010.

Martinez de Toda, F.; Sancha, J.C.; “Long-term effects of simulated mechanical pruning on Grenache vines under drought conditions”, *Am. J. Enol. Vitic.*, 1999, 50, 87-90.

Mazzullo, A.; Cesari, A.; Osti, F.; & Di Marco, S.; “Bioassays on the activity of resveratrol, pterostilbene and phosphorous acid towards fungi associated with esca of grapevine”, *Bioassays on the Activity of Resveratrol, Pterostilbene and Phosphorous Acid towards Fungi Associated with Esca of Grapevine*, 2000, 1000-1009.

Morris, J. R.; “Development and Commercialization of a Complete Vineyard Mechanization System”, *HortTechnology*, 2007, 17 (4), 411–420, <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.4.411>.

Mugnai, L.; Graniti, A.; & Surico, G.; “Esca (black measles) and brown wood-streaking: two old and elusive diseases of grapevines”, *Plant disease*, 1999, 83(5), 404-418.

Mundy, D. C., & Manning, M. A.; “Ecology and management of grapevine trunk diseases in New Zealand a review”, *New Zealand Plant Protection*, 2010, 63, 160-166.

OIV. Codes des caractères descriptifs des variétés et espèces de *Vitis*, 1983, Dedon, Paris.

OIV. Grapevine Varieties' Area by Country. 2018, The International Organisation of Vine and Wine.

Petri, L.; “Osservazioni sopra le alterazioni del legno della vite in seguito a ferrite”, *Le Stazioni Sperimentali Agrarie Italiane*, 1912, 45, 501–547

Pezzi, F.; Bordini, F.; “La potatura meccanica nel vigneto: Aspetti tecnici, qualitativi ed economici di differenti livelli di meccanizzazione”, *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2006, 36(1), 55-63.

Pezzi, F.; Martelli, R.; “Technical and Economic Evaluation of Mechanical Grape Harvesting in Flat and Hill Vineyards”, *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.*, 2015, 58, 297–303, <https://doi.org/10.13031/trans.58.10997>.

Poni, S.; Bernizzoni, F.; Presutto, P.; Rebutti, B.; “Performance of Croatina under Short-Cane Mechanical Hedging: A Successful Case of Adaptation”, *Am. J. Enol. Vitic.* 2004, 55 (4), 379–388.

Poni, S.; Intrieri, C., & Magnanini, E.; “Seasonal growth and gas exchange of conventionally and minimally pruned Chardonnay canopies”, *VITIS-GEILWEILERHOF-*, 2000, 39 (1), 13-18.

Poni, S.; Tombesi, S.; Palliotti, A.; Ughini, V.; Gatti, M.; “Mechanical Winter Pruning of Grapevine: Physiological Bases and Applications”, *Sci. Hortic.*, 2016, 204, 88–98, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.046>.

Sánchez, L.A.; Dokoozlian, N.K.; “Bud microclimate and fruitfulness in *Vitis vinifera* L.”, *Am. J. Enol. Vitic.*, 2005, 56, 319-329.

Serra, S.; Mannoni, M. A., & Ligios, V.; “Studies on the susceptibility of pruning wounds to infection by fungi involved in grapevine wood diseases in Italy”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2008, 47(3), 234-246.

Shaulis, N.; Pollock, J.; Crowe, D.; Shepardson, E.D.; “Mechanical Pruning of Grapevines: Progress 1968-1972”, *Proceeding N State Hortic. Soc.*, 1973, 118, 61–69.

Shepardson, E. S., Shaulis, N., & Moyer, J. C.; “Mechanical harvesting of grape varieties grown in New York State”, *Fruit and vegetable harvest mechanization: technological implications*, 1969, 571-579.

Srivastava, A.K.; Goering, C.E.; Rohrbach, R.P.; Buckmaster, D.R.; *Engineering Principles of Agricultural Machines (2nd ed.)*. St Joseph, Mich.: ASABE, 2006.

Surico, G.; Mugnai, L.; Braccini, P.; & Marchi, G.; “Epidemiology of esca in some vineyards in Tuscany (Italy)”, *Epidemiology of Esca in Some Vineyards in Tuscany (Italy)*, 2000, 1000-1016.

Surico, G.; Marchi, G.; & Mugnai, L.; “Older and more recent observations on esca: a critical overview”, *Older and More Recent Observations on Esca*, 2006, 1000-1019.

Surico, G.; Mugnai, L.; & Marchi, G.; “The esca disease complex”, *In Integrated management of diseases caused by fungi, phytoplasma and bacteria*, 2008, 119-136, Springer, Dordrecht.

Surico, G.; “Towards a redefinition of the diseases within the esca complex of grapevine”, *Phytopathologia Mediterranea*, 2009, 48(1), 5-10.

Tassie, E.; Freeman B.M., *Viticulture. Pruning Practices*, Vol. II., B.G. Coombe and P.R. Dry (Eds.), Winetitles, Adelaide, 1995, pp. 66-84.

Tegli, S.; Surico, G.; & Bertelli, E.; “Sequence Analysis of ITS Ribosomal DNA in Five "Phaeoacremonium" Species and Development of a PCR-Based Assay for the Detection of "P. chlamydosporum" and "P. aleophilum" in Grapevine Tissue”, *Sequence Analysis of ITS*

Ribosomal DNA in Five "Phaeoacremonium" Species and Development of a PCR-Based Assay for the Detection of "P. chlamydosporum" and "P. aleophilum" in Grapevine Tissue, 2000b, 1000-1016.

Tegli, S.; Surico, G.; Bertelli, E.; & Santilli, E.; "Genetic Variation within "Phaeoacremonium aleophilum" and "P. chlamydosporum" in Italy", *Genetic Variation within "Phaeoacremonium aleophilum" and "P. chlamydosporum" in Italy*, 2000a, 1000-1009.

Tomasi, D.; Gaiotti, F.; Sansone, L.; Lovat, L.; Marcuzzo, P.; Belfiore, N.; Vincenzi, S.; Matese, A.; Bonato; "L. Mechanical Winter Pruning, No Pruning and Manual Pruning: Effects on Grape Composition and Health Status of "Pinot Gris" and "Cabernet Sauvignon" Cultivars in the 'Piave' AOC Area of Veneto Region", *Acta Hort.*, 2013, No. 978, 317–326, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.978.37>.

Vignatech.it

Wallace, J.; Edwards, J.; Pascoe, I.G.; & May, P.; "Phaeomoniella chlamydospora inhibits callus formation by grapevine rootstock and scion cultivars", *Phytopathologia Mediterranea*, 2004, 43, 151-152.

Winkler, A.J.; Cook, J.A.; Kliewer, W.M.; Lider, L.A.; *General viticulture*, 1974, University of California Press: Berkeley, CA, USA.

Winkler, A. J., Lamouria, L. H., & Abernathy, G. H.; "Mechanical Grape Harvest—Problems and Progress", *American journal of Enology and Viticulture*, 1957, 8(4), 182-187.