



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Dipartimento di Scienze Agrarie, alimentari ed Ambientali

*Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie*

**La peronospora della vite:  
confronto tra diverse strategie di difesa**

*Downy mildew of grapes:  
comparison between several defense strategies*

**Relatore:**

Prof. Gianfranco Romanazzi

**Tesi di laurea di:**

Alessio Furlotti

**Correlatore:**

Dott. Domenico D'Ascenzo

Anno Accademico 2020-2021

## INDICE

### RIASSUNTO

### ABSTRACT

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>1.1.</b>	<b>LA VITICOLTURA IN ABRUZZO</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>LA PERONOSPORA DELLA VITE</b>	<b>11</b>
<b>2.1.</b>	<b>CENNI STORICI</b>	<b>11</b>
<b>2.2.</b>	<b>IL CICLO BIOLOGICO</b>	<b>13</b>
<b>2.3.</b>	<b>EPIDEMIOLOGIA</b>	<b>16</b>
<b>2.4.</b>	<b>SINTOMATOLOGIA</b>	<b>19</b>
<b>2.4.1.</b>	<b>Sintomi su foglie</b>	<b>19</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>Sintomi su infiorescenze e grappoli</b>	<b>22</b>
<b>2.4.3.</b>	<b>Sintomi su germogli, nodi e viticci</b>	<b>25</b>
<b>2.5.</b>	<b>STRATEGIE DI PROTEZIONE</b>	<b>26</b>
<b>2.5.1.</b>	<b>Corrette pratiche agronomiche</b>	<b>27</b>
<b>2.5.1.1.</b>	<i>Impianto del vigneto</i>	<b>27</b>
<b>2.5.1.2.</b>	<i>Concimazione</i>	<b>28</b>
<b>2.5.1.3.</b>	<i>Potatura verde</i>	<b>28</b>
<b>2.5.1.4.</b>	<i>Tecniche di lavorazione</i>	<b>29</b>
<b>2.5.2.</b>	<b>Modelli previsionali</b>	<b>29</b>
<b>2.5.3.</b>	<b>Sostanze attive ad azione antiperonosporica</b>	<b>32</b>
<b>2.5.3.1.</b>	<i>Sostanze attive di copertura</i>	<b>32</b>
<b>2.5.3.2.</b>	<i>Sostanze attive citotropiche e translaminari</i>	<b>33</b>

2.5.3.3.	<i>Sostanze attive sistemiche</i>	34
2.5.3.4.	<i>Sostanze attive inibitorie del complesso enzimatico</i>	34
2.5.3.5.	<i>Composti di origine naturale efficaci nei confronti della peronospora</i>	35
2.5.3.6.	<i>Principi attivi che agiscono come induttori di resistenza</i>	35
2.5.4.	<b>Resistenza ai fungicidi</b>	36
2.5.5.	<b>Effetti collaterali degli antiperonosporici</b>	39
2.6.	<b>DISTRIBUZIONE DEI PRODOTTI FITOSANITARI</b>	43
3.	<b>OBIETTIVO DELLA RICERCA</b>	45
4.	<b>MATERIALI E METODI</b>	47
4.1.	<b>VIGNETO SPERIMENTALE</b>	47
4.2.	<b>STRATEGIE ANTIPERONOSPORICHE SAGGIATE</b>	48
4.3.	<b>VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI</b>	58
4.4.	<b>ANDAMENTO METEREOLOGICO</b>	60
5.	<b>RISULTATI</b>	61
5.1.	<b>VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI SU FOGLIE</b>	66
5.2.	<b>VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI SUI GRAPPOLI</b>	70
6.	<b>DISCUSSIONE E CONCLUSIONI</b>	74
7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	79
8.	<b>RINGRAZIAMENTI</b>	85

## RIASSUNTO

Nella sperimentazione, condotta nel periodo dal 4 maggio al 23 luglio del 2021, si è valutata l'efficacia di diverse linee di protezione antiperonosporica sostitutive all'impiego del principio attivo mancozeb, alla luce dell'eliminazione di tale sostanza attiva dal mercato (Reg. UE 2020/2087) e dalle limitazioni imposte sull'uso dei fungicidi a base di rame (Reg. UE 2018/1981). L'attività è stata condotta presso un vigneto impiantato con Montepulciano d'Abruzzo, situato nel comune di Pianella (PE), coltivato a tendone e particolarmente soggetto ad infezioni peronosporiche. Il disegno sperimentale è strutturato a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni, ognuna costituita da 6 piante. In tutte le strategie sperimentate si è tenuto conto del coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua e della solubilità in acqua delle sostanze attive, che forniscono importanti informazioni circa la capacità dei fungicidi di legarsi alle cere epicuticolari, di essere assorbiti dai tessuti vegetali e traslocati all'interno del sistema linfatico. Sono stati stimati i parametri di diffusione ed intensità della malattia, nonché il relativo grado di azione in termini percentuali delle strategie saggiate per ogni parametro. Le scarse precipitazioni e le alte temperature registrate nel 2021 hanno contenuto il rischio epidemico tanto che le infezioni primarie sono state rilevate solo dalla seconda metà di giugno. Il rilievo effettuato il 27 giugno ha permesso di evidenziare delle differenze statisticamente significative fra le strategie saggiate. L'utilizzo di alcune sostanze attive, come folpet e mandipropamid, ha garantito una protezione totale dalla malattia. Inoltre, l'efficacia antiperonosporica del rame è aumentata in modo significativo in combinazione con la laminarina, suggerendo un possibile incremento della stessa anche a dosaggi più bassi, dovuto ad un effetto additivo o sinergico delle due componenti sulla pianta.

## ABSTRACT

During the period between 4 May and 23 July 2021, an experimental field trial was conducted to evaluate the effectiveness of new grapevine downy mildew (GDM) management strategies, considering the exclusion of the widely known active substance mancozeb (Reg. EU 2020/2087) and the limits placed on the use of copper-based fungicide by the EU (Reg. EU 2018/1981). The activity has been carried out on a vineyard located in Pianella (PE), established with Montepulciano d'Abruzzo and susceptible to natural GDM infections. The experimental design was structured in randomized blocks with 4 replications, each of 6 plants. For all the strategies tested using several active substances, the octanol/water partition coefficient and the water solubility of active substances were taken in account. These parameters provide important information about the fungicides ability to bind with epicuticular waxes, to be absorbed by plant tissues and to be translocated in the lymphatic system. The parameters of disease incidence and intensity were estimated, as well as the related degree of action for each parameter of the strategies under investigation (expressed in percentage). Low rainfalls and high temperatures characterized the season 2021, and thus the environmental conditions were not favorable to GDM, so much so that primary infections appeared starting from the second half of June. The assessment carried out on 27 June, both on leaves and bunches, allowed to highlight significant differences among treatments. Some active substances, such as folpet or mandipropamid, ensured complete protection from the disease. Furthermore, copper effectiveness was significantly increased in combination with laminarine, suggesting a possible enhancement in efficacy even at lower copper dosages, due to an additive or synergistic effect.

## **1. INTRODUZIONE**

### **1.1. LA VITICOLTURA IN ABRUZZO**

La storia della viticoltura in Abruzzo ha radici millenarie e le prime forme di coltivazione sono riconducibili alle popolazioni italiche presenti nei territori dell'odierna regione. La prima vera testimonianza storica la si può trovare negli scritti dello storico greco Polibio, sulle gesta di Annibale, il quale dopo “[...] la battaglia del Trasimeno, lungo il litorale adriatico, attraversò un territorio ricco e fertile e si servì dei prodotti locali per sostenere l'esercito, mentre con il vino della zona, annoso e abbondantissimo, favorì la guarigione dei feriti e liberò dalla scabbia i piedi dei cavalli”. Decenni dopo il poeta latino Publio Ovidio Nasone, nato a Sulmona nel 43 a.C. descrive la sua terra natale definendola “[...] terra fertile della spiga di Cerere, e ancor più di uva [...]” (Amores, Libro secondo, XVII). Dopo la caduta dell'Impero Romano, bisogna arrivare al periodo medioevale per ritrovare testimonianze della coltivazione della vite (*Vitis vinifera*) in Abruzzo e precisamente in un convento benedettino del comune di Torricella Sicura (TE), come riporta lo storico ed archeologo teramano Francesco Savini (1846 – 1940). Dal medioevo in poi numerose altre testimonianze documentano la diffusione della viticoltura, soprattutto nel tratto costiero compreso tra Ortona e Vasto e nelle zone della Valle Peligna e della Val Pescara, tanto da incentivare rapporti commerciali con la Repubblica di Venezia e le sue basi commerciali dislocate in tutto il Mediterraneo. Dal 1700 in poi, la storia della viticoltura abruzzese è legata in gran parte alla storia dei suoi vitigni più importanti, il Montepulciano ed il Trebbiano, nonostante numerose fossero le varietà di vite presenti nella regione, come ricordano Edoardo Ottavi e Arturo Marescalchi nel “Vademecum

del *Commerciante di uve e vini in Italia*” pubblicato nel 1897. Varietà che fortunatamente non sono del tutto scomparse.

La storia più recente della viticoltura abruzzese è caratterizzata dagli sconvolgimenti causati dalla fillossera, un parassita in grado di causare gravi danni all'apparato radicale della vite europea, riscontrata con certezza in Abruzzo a cavallo degli anni '20 e '30 del secolo scorso, che aggravò ulteriormente le già difficili condizioni di vita degli agricoltori. Risale ai primi anni '50 il tentativo di rivitalizzare il tessuto produttivo agricolo attraverso esperienze di cooperazione: la prima per l'esportazione di uva da tavola si rivelò fallimentare ma la strada era ormai aperta e di lì a poco nacquero le prime cantine sociali, che ancora oggi rappresentano un pilastro dell'economia regionale.

La nascita del movimento cooperativistico segna un grande cambiamento, soprattutto nella provincia di Chieti e, grazie anche alle numerose risorse finanziarie assegnate al settore, vengono impiantati ettari ed ettari di vigneti specializzati. La vite diventa in poco tempo la risorsa economica principale per innumerevoli aziende a conduzione familiare, di piccola e media grandezza. Le cooperative sociali ancora oggi rappresentano la struttura di riferimento per gran parte della produzione vinicola regionale, grazie soprattutto alle iniziative di supporto alla crescita professionale e tecnica dei viticoltori e di valorizzazione del prodotto. Negli ultimi anni va registrato un incremento delle cantine private, orientate ad una produzione di qualità, legata al territorio ed alla riscoperta e salvaguardia di vitigni autoctoni.

L'importanza che la viticoltura ha ricoperto, e che ricopre tutt'oggi, per l'economia della regione è dovuta in larga parte alle favorevoli caratteristiche pedo-climatiche del territorio abruzzese, che portano ad indicare l'Abruzzo come un territorio

particolarmente vocato per la coltivazione della vite. Le zone costiere e collinari, dove si concentrano la gran parte delle superfici viticole regionali, sono caratterizzate da un clima temperato ed interessate sporadicamente da nevicate e fenomeni siccitosi. L'escursione termica annua è piuttosto marcata, per la presenza delle correnti fredde balcaniche in inverno e zone di alta pressione nel bacino adriatico. Inoltre, la conformazione geografica del territorio, caratterizzata da fondivalle e conche, contribuisce ad accentuare gli sbalzi termici. Dal punto di vista pedologico, l'Abruzzo presenta una elevata variabilità: le colline litoranee sono caratterizzate da suoli sciolti e ben drenati, adatti alla coltivazione di uve a bacca bianca, mentre le aree più interne, fino ad arrivare ai terreni pedemontani, sono caratterizzate da terreni di medio impasto e con buone dotazioni di argilla, molto più indicate per la coltivazione di uve a bacca rossa. Recentemente, si è assistito all'impianto di vigneti anche in zone montane (600-800 s.l.m.) di vitigni autoctoni o internazionali particolarmente resistenti al freddo.

Questa predisposizione alla viticoltura viene confermata anche dai numeri riguardanti le superfici vitate presenti nella regione, ben 33.710 ettari (Il Corriere Vinicolo n. 23/2021). Su base nazionale, l'Abruzzo si attesta al settimo posto in termini di estensione delle superfici vitate (Tabella 1). Risultato apprezzabile, in considerazione del fatto che, dal punto di vista orografico, la regione presenta un aspetto montuoso per il 65% e collinare per il 35%.

La percentuale maggiore di impianti viticoli sono nella provincia di Chieti, circa l'80%, seguono rispettivamente le provincie di Pescara e Teramo. Quella de L'Aquila detiene la percentuale minore di vigneti, nonostante sia stato storicamente accertato che già dal 1700 nella Valle Peligna si coltivasse il vitigno Montepulciano.



**Tabella 1** – Estensione delle superfici vitate in Italia (in ettari).

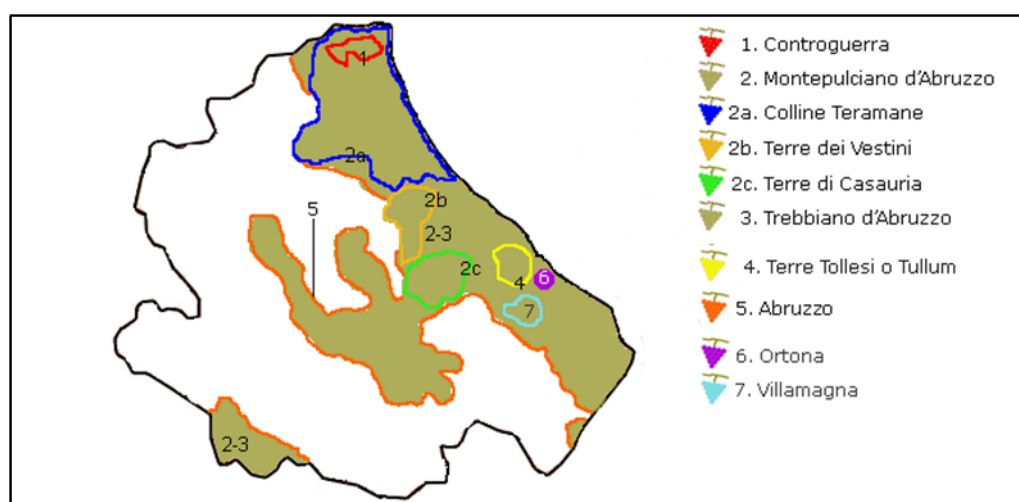
<b>Regione</b>	<b>2010</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Veneto</b>	74.898	97.347	99.737
<b>Sicilia</b>	114.502	97.383	98.355
<b>Puglia</b>	88.310	89.414	89.991
<b>Toscana</b>	60.286	60.905	59.438
<b>Emilia-Romagna</b>	54.833	51.426	52.035
<b>Piemonte</b>	49.663	46.429	46.808
<b>Abruzzo</b>	32.725	33.294	33.710
<b>Friuli-Venezia- Giulia</b>	20.124	28.074	28.365
<b>Sardegna</b>	30.485	26.455	26.647
<b>Campania</b>	26.676	24.169	24.272
<b>Lombardia</b>	23.902	24.405	24.248
<b>Lazio</b>	24.987	18.280	18.323
<b>Marche</b>	17.760	17.436	17.526
<b>Trentino-Alto Adige</b>	15.476	15.724	15.751
<b>Umbria</b>	13.300	12.531	12.659
<b>Calabria</b>	12.500	10.706	10.778
<b>Molise</b>	5.935	5.345	5.374
<b>Basilicata</b>	4.156	5.036	5.051
<b>Liguria</b>	2.081	1.608	1.615
<b>Valle d'Aosta</b>	726	453	455

Attualmente le varietà di vite per uva da vino, iscritte nel Registro Nazionale e dichiarate idonee alla coltivazione in Abruzzo sono 70, mentre 4 vitigni sono in osservazione, un numero abbastanza elevato che permette di rispondere alle esigenze di un territorio estremamente variegato dal punto di vista pedoclimatico. In realtà il patrimonio ampelografico abruzzese si basa soprattutto su vitigni autoctoni, a cui vanno aggiunti: il Trebbiano toscano, che più di altri vitigni importanti, nazionali ed esteri, ha trovato grande spazio nella viticoltura abruzzese, lo Chardonnay, il Merlot ed il Cabernet Sauvignon, presenti in regione da oltre 30 anni ed il Pinot grigio, che si sta diffondendo negli ultimi anni.

Tra i vitigni autoctoni il più famoso e diffuso è il Montepulciano, dalle cui uve si ottiene l'omonimo vino a cui è stata riconosciuta la Denominazione d'Origine

Controllata “Montepulciano d’Abruzzo” già nel 1968. A fine anni ‘60, la necessità di caratterizzare le produzioni dei territori ricompresi nella D.O. “Montepulciano d’Abruzzo” portò prima all’istituzione della sottozona “Colline Teramane” e successivamente quelle denominate “Casauria”, “Terre dei Vestini”, “Alto Tirino”, “Valle Peligna” e “Teate” (Figura 1).

Per quanto riguarda i vitigni autoctoni a bacca bianca il Trebbiano abruzzese (affine al Trebbiano toscano) continua ad essere quello più diffuso anche se, nell’ultimo decennio, valide alternative a quest’ultimo sono stati il Pecorino, la Cococciola e la Passerina, vitigno sostituito negli anni ‘60 dal più produttivo Trebbiano, ma che sta prendendo una grande rivincita, risultando il quarto vitigno nei reimpianti realizzati con la Misura OCM.



**Figura 1** - Areali di produzione delle D.O. abruzzesi.

L’Abruzzo, per ettolitri prodotti, è la quinta regione vinicola italiana con una produzione di 3,49 milioni di ettolitri (Il Corriere Vinicolo n. 23/2021) (Tabella 2), di cui oltre un milione fanno riferimento alle produzioni con Denominazione di Origine

(DOCG/DOC). Il dato risulta in costante aumento soprattutto grazie alla DOC Cerasuolo d'Abruzzo, che supera ormai i 60-70 mila hL/anno e mostra una crescita costante, a riprova dell'interesse del mercato verso questo vino fortemente legato al nostro territorio, così come la DOC Abruzzo con circa 18-20.000 hL/anno. Piuttosto limitate sono invece le produzioni che attengono a specifiche denominazioni territoriali quali la DOCG Montepulciano d'Abruzzo Colline teramane, la DOC Ortona, la DOC Controguerra, la DOC Villamagna e la recente DOCG Tullum.

Molto interessanti sono anche le produzioni ad Indicazione Geografica Protetta, che si aggirano sui 595.000 hL/anno e che costituiscono un grande serbatoio di sperimentazioni di nuovi vitigni e nuovi vini.

**Tabella 2** - Produzioni di vini e mosti in Italia, dichiarazioni Agea espresse in migliaia di ettolitri.

<b>Regione</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Veneto</b>	9.679	13.413	10.945	11.717
<b>Puglia</b>	8.130	9.521	8.947	9.000
<b>Emilia-Romagna</b>	6.620	9.260	7.250	7.890
<b>Sicilia</b>	4.109	4.700	3.911	3.660
<b>Abruzzo</b>	2.843	3.423	3.184	3.494
<b>Piemonte</b>	2.559	2.905	2.603	2.703
<b>Toscana</b>	1.628	2.335	2.625	2.209
<b>Friuli-Venezia Giulia</b>	1.518	2.167	1.785	1.853
<b>Lombardia</b>	1.056	1.713	1.301	1.541
<b>Trentino-Alto Adige</b>	1.344	1.591	1.312	1.249
<b>Marche</b>	653	968	816	889
<b>Lazio</b>	720	781	800	784
<b>Campania</b>	618	616	778	715
<b>Sardegna</b>	354	434	363	475
<b>Umbria</b>	272	444	426	378
<b>Molise</b>	173	239	227	235
<b>Calabria</b>	109	116	110	97
<b>Basilicata</b>	65	94	87	73
<b>Liguria</b>	40	45	40	40
<b>Valle d'Aosta</b>	10	17	17	19

## 2. LA PERONOSPORA DELLA VITE

### 2.1. CENNI STORICI

La prima descrizione di “*Plasmopara viticola*” la si deve al biologo americano Lewis David Schweinitz, il quale, nei suoi studi datati 1831, lo identificò come appartenente alla specie “*Botrytis cana*”; in America, il patogeno inizia a suscitare l’interesse di altri numerosi studiosi, primo fra tutti il Prof. Berkeley, il quale, osservando alcuni campioni infetti inviatigli da Curtis, lo riclassificò come una nuova specie, “*Botrytis viticola*” (Berk. e Curt.). Nel 1848 De Bary, dopo un attento studio di descrizione del fungo, lo attribuì al genere *Peronospora*, classificandolo come “*Peronospora viticola*”.

L’importazione dal continente americano di viti da utilizzare come portainnesti resistenti agli attacchi di fillossera ha comportato l’introduzione in Europa del patogeno, la cui presenza è stata accertata in alcuni vivai francesi della regione di Bordeaux nel 1878, mentre l’anno successivo si riporta la prima segnalazione in Italia, precisamente in Piemonte. *Vitis vinifera* si rivelò estremamente suscettibile al patogeno, che quindi riuscì a diffondersi rapidamente nel vecchio continente in maniera epidemica. Non avendo basi genetiche di resistenza a *P. viticola*, per via della diversa origine geografica (al contrario di altre specie come quelle americane), la vite europea è tutt’ora estremamente vulnerabile a questo parassita, in grado dunque di minacciare ogni anno la produzione delle principali aree vitivinicole mondiali (Yin *et al.*, 2014).

Tra il 1881 ed il 1884 si conseguirono risultati incoraggianti per arginare e proteggere i vigneti dagli attacchi di peronospora: in Italia attraverso l’utilizzo di latte di calce, miscela consigliata in una circolare del Ministero dell’Agricoltura; in Francia attraverso l’utilizzo di composti a base di rame, tra cui la “miscela del Medoc”, località

vicino Bordeaux, dove per la prima volta si notò che le piante di confine, imbrattate con i velenosi sali di rame, per scoraggiare i ladri di frutta, non si ammalavano.

Nel 1888 due micologi italiani, Berlese e De Toni, attribuiscono al patogeno la denominazione con cui ancora oggi lo conosciamo, ovvero "*Plasmopara viticola*" (Berk. e Curt.).

Agli inizi del '900 la peronospora torna alla ribalta, facendo registrare nel 1915 un'annata rovinosa: due terzi dei raccolti persi. "La peronospora non ha modificato alcuno dei suoi caratteri. Nella memorabile annata 1915 furono le condizioni meteorologiche che cambiarono, e il viticoltore non prestò ad esse la dovuta attenzione [...]" (La moderna lotta contro la peronospora" ed. 1916). L'andamento climatico viene riconosciuto come elemento fondamentale nella diffusione e proliferazione del fungo e induce gli agricoltori a calendarizzare i trattamenti da effettuare in campo. Un primo modello fu elaborato dallo scienziato K. Muller in Germania, poi modificato e perfezionato dal Prof. Elio Baldacci. Nel 1916 in Italia nascono le "stazioni di segnalazione della peronospora della vite", che avrebbero rappresentato nel tempo un esempio virtuoso di collaborazione tra tecnici e agricoltori.

Una vera svolta nel campo della lotta alla peronospora si ha nei primi anni '50, con l'utilizzo di prodotti a base di ditiocarbammati, molto più efficaci delle miscele a base di rame, che verranno progressivamente accantonate dagli agricoltori. L'uso di questi nuovi antiperonosporici e le ricerche effettuate per migliorarli, insieme al progresso nel campo della meccanizzazione agraria (con la messa a punto di irroratori e atomizzatori e l'utilizzo di materiali più flessibili, leggeri e resistenti come gomma e vetroresina) e la diffusione di stazioni microclimatiche capaci di rilevare con

precisione i dati climatici e metereologici, hanno permesso di contrastare in maniera sempre più efficace gli attacchi del patogeno.

## **2.2. IL CICLO BIOLOGICO**

*Plasmopara viticola*, l'agente eziologico della peronospora della vite, appartiene al Regno *Straminipila*, classe *Peronosporomycetes* (Phylum *Oomycota*), ordine *Peronosporales*. famiglia *Peronosporaceae*. Come tutti gli oomiceti presenta notevoli differenze rispetto ai funghi propriamente detti, ma condivide con questi la capacità di formare un micelio costituito da ife cenocitiche ad accrescimento apicale, di assorbire sostanze nutritive e di riprodursi mediante spore.

*Plasmopara viticola* è un parassita obbligato, in grado di svilupparsi attivamente solo instaurando un rapporto biotrofico con le cellule vive del proprio ospite. Durante il riposo vegetativo della vite la sopravvivenza del patogeno è garantita dalle oospore, formatesi a seguito di riproduzione sessuata, nei tessuti infetti dell'ospite. Il patogeno sverna in genere nelle foglie colpite dalla malattia e rimaste sul terreno.

Il ciclo di riproduzione sessuata, probabilmente stimolata dalla senescenza dei tessuti, avviene in estate inoltrata con la differenziazione degli anteridi, organi sessuali maschili, sottili ed allungati, e degli oogoni, organi sessuali femminili. Attraverso un tubetto di fertilizzazione generato dall'anteridio, i nuclei aploidi dello stesso passano nell'oogonio e, dall'appaiamento di uno di essi con il nucleo aploide dell'oogonio, inizia la differenziazione dell'oospora. Questa non è in grado di germinare subito ma solo alla fine di un periodo di maturazione. In questo lasso di tempo l'oospora sviluppa una struttura, caratterizzata da una spessa parete cellulare, sostanze di riserva ed un

unico nucleo, che le consente di affrontare, senza perdere vitalità, temperature ridotte e prolungati periodi di scarsa disponibilità idrica.

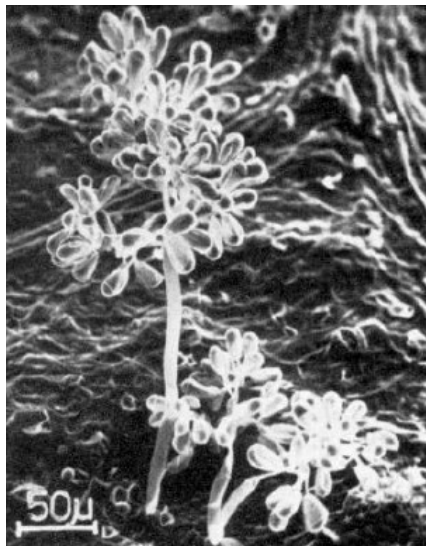
Una volta concluso il periodo di maturazione, generalmente entro la fine di novembre – metà dicembre, la capacità di germinazione delle oospore tende gradualmente ad aumentare almeno fino alla metà di aprile.

Un'adeguata umettazione del terreno e temperature medie giornaliere che si aggirano sui 10°C favoriscono la formazione dei macrosporangii. La prima pioggia utile facilita il loro trasferimento sugli organi recettivi della vite e la successiva germinazione e dispersione delle zoospore, formatesi al suo interno e responsabili delle infezioni primarie.

Le zoospore, prive di parete e munite di due flagelli di diversa lunghezza e struttura, in un breve lasso di tempo e in presenza di un velo liquido riescono a posizionarsi in prossimità delle aperture stomatiche, si incistano ed emettono un tubetto germinativo, il quale permette la penetrazione nei tessuti dell'ospite solo tramite le aperture naturali della pianta. Il patogeno, attraverso gli spazi intercellulari, riesce a diffondersi nell'ospite, soprattutto nel parenchima lacunoso, assorbendo le sostanze nutritive per mezzo di austori globulari. Il tempo che intercorre tra l'infezione e la comparsa dei primi sintomi è definito periodo di incubazione, sulla cui durata influiscono non solo temperatura e umidità relativa ma anche la tipologia del tessuto colonizzato dal patogeno.

Completato il periodo di incubazione compaiono i sintomi dell'avvenuta infezione e, in presenza di almeno 4 ore di buio, temperature non inferiori ai 13°C ed elevata umidità relativa, dalle aperture stomatiche, si assiste all'evasione del patogeno sotto forma di efflorescenza muffosa biancastra, costituita da rami sporangiofori e sporangii,

organi deputati alla riproduzione agamica (Figura 2). I rami sporangiofori, lunghi fino ad 1 millimetro, sono caratterizzati da ramificazioni laterali, poste ad angolo retto rispetto all'asse principale e provviste di minute appendici denominate sterigmi, che portano all'estremità gli sporangi, caratterizzati da una forma ovoidale – piriforme. La quantità di sporangi prodotti dai tessuti infetti aumenta proporzionalmente con la temperatura e tende a diminuire progressivamente superati i 20°C, fino quasi ad annullarsi in corrispondenza dei 30°C.

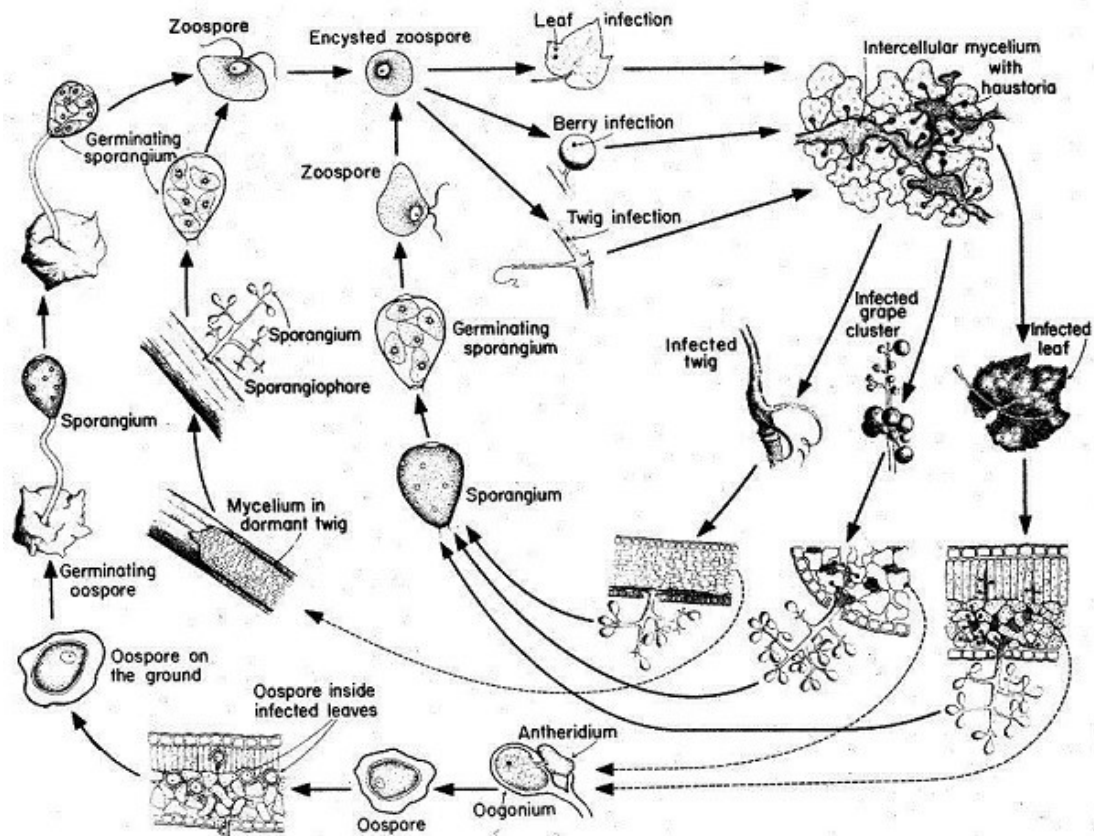


**Figura 2** - Rami sporangiofori di *Plasmopara viticola*, osservati al microscopio elettronico (Locci, 1969).

Gli sporangi, per potersi separare e sopravvivere, hanno bisogno o di elevata umidità relativa o di periodi di bagnatura. Se le condizioni ambientali sono favorevoli, gli stessi germinano e rilasciano, sulla vegetazione sana, le zoospore, che danno inizio al ciclo delle infezioni secondarie, che possono ripetersi più volte nel corso della



stagione e si possono sommare a quelle primarie, per via della scarsità di germinazione delle oospore (Figura 3).



**Figura 3** – Rappresentazione schematica del ciclo biologico di *Plasmopara viticola* (Agrios, 2004).

### 2.3. EPIDEMIOLOGIA

La peronospora è una delle più gravi malattie che colpiscono *V. vinifera*, grazie alla capacità del patogeno, *P. viticola*, di compiere nel corso di una stagione vegetativa più cicli di infezione. Molti fattori influiscono sia sul numero che sulla gravità dei cicli infettivi, in modo particolare, la presenza nel vigneto di oospore mature, capaci di germinare, determinate condizioni termiche, igrometriche e di bagnatura, nonché il

grado di recettività della pianta ospite. Per poter contenere la malattia diventa dunque fondamentale riuscire ad individuare il momento in cui si verifica l'interazione positiva tra ospite, patogeno e condizioni ambientali.

Il metodo forse più utilizzato per prevedere il momento della comparsa delle infezioni primarie è costituito dall'adozione di regole empiriche, come quella messa a punto dal professor Baldacci e conosciuta come “regola dei tre 10”:

- la temperatura minima giornaliera deve essere stabilmente sopra i 10°C;
- la piovosità, degli ultimi uno o due giorni deve essere pari almeno 10 mm;
- la lunghezza media dei giovani germogli deve essere di circa 10 cm.

Oggi, la regola dei tre dieci deve essere interpretata alla luce delle nuove conoscenze sulla dinamica di germinazione delle oospore. Infatti, partendo da condizioni di terreno asciutto, i 10 mm in due giorni non sono sufficienti a consentire la germinazione dell'oospora e la contemporanea contaminazione dell'ospite. Al contrario, se il terreno è già umido, e di conseguenza l'oospora già germinata, potrebbero essere sufficienti piogge di minore entità per la contaminazione dell'ospite. Inoltre, la temperatura di 10°C deve essere intesa come temperatura media e non minima.

Un recente studio inoltre ha dimostrato che le oospore sono in grado di poter modulare il proprio comportamento in stretto rapporto con la vite, adattandosi alla fenologia dell'ospite. In particolare, è stato evidenziato come le oospore riescano a completare il periodo di maturazione entro la fine della dormienza della vite e a germinare più rapidamente rispetto alla ripresa vegetativa della stessa (Maddalena *et al.*, 2021).

La recettività dell'ospite, come già ricordato, è fondamentale sull'andamento dell'epidemia. Le infezioni sulle foglie possono iniziare dal momento in cui i germogli hanno raggiunto i 10 cm di lunghezza; infatti, in questo stadio di sviluppo, la distensione del lembo fogliare permette l'umettazione della pagina inferiore e l'eventuale penetrazione del patogeno, che può svilupparsi per tutta la stagione vegetativa. Solo la presenza di un elevato grado di lignificazione delle nervature limita la colonizzazione della lamina fogliare. Sui grappoli, invece, il periodo di suscettibilità è ridotto: dalla fase fenologica delle prime infiorescenze visibili, che coincide più o meno con i 10 cm di lunghezza del germoglio, alla chiusura del grappolo, momento in cui la degenerazione degli stomi preclude ogni possibilità di contaminazione. È bene ricordare però, che le infezioni già avvenute non si bloccano, ma possono progredire internamente fino ad interessare la totalità del grappolo anche dopo la chiusura.

La temperatura e l'umidità relativa influiscono in modo determinante sullo sviluppo epidemico della peronospora, come anche la presenza dell'acqua. L'umettazione degli organi infettabili della vite è indispensabile per la germinazione delle oospore e per il movimento delle zoospore; inoltre, la pioggia favorisce la dispersione degli sporangi e quindi la diffusione della malattia stessa. Anche il verificarsi di nuove infezioni richiede la presenza di acqua per un numero di ore tale che il prodotto del numero di ore di umettazione ed il valore della temperatura sia uguale o superiore a 50. Ciò significa che in condizioni di temperatura ottimale (22-25°C) sono sufficienti due ore di bagnatura affinché si realizzino le infezioni.

La grande variabilità riscontrata nelle epidemie di peronospora può rendere difficile il controllo della malattia stessa. In aiuto possono venire i modelli previsionali.

## **2.4. SINTOMATOLOGIA**

Tutti gli organi erbacei della vite, dalle foglie ai germogli, dalle infiorescenze ai grappoli, possono essere colpiti dalle infezioni di *P. viticola*, con danni sia diretti che indiretti alla produzione e di entità molto variabile, in funzione di diversi fattori quali condizioni meteorologiche, varietà ed epoca di attacco. Gli attacchi alle foglie possono portare ad una riduzione delle risorse da destinare ai grappoli e agli organi di riserva, fino ad arrivare alla completa defogliazione nei casi più gravi, con conseguenze negative sulla qualità e sulla quantità di uva dell'anno e sulla produttività del vigneto negli anni successivi. Le infezioni a carico dei grappoli, particolarmente temute, possono portare ad una consistente perdita di produzione e di qualità, quest'ultima dovuta alla parte di grappolo necrotizzata che può cedere odori e gusti sgradevoli, quali quelli di legno o di muffa.

### **2.4.1. Sintomi su foglie**

Il sintomo caratteristico dell'avvenuta infezione da parte del patogeno è la comparsa, sulla pagina superiore, di macchie tondeggianti e giallastre, dall'aspetto traslucido, comunemente denominate "macchie d'olio" (Figura 4). In presenza di determinate condizioni climatiche (almeno 4 ore di buio, temperature non inferiori ai 13°C ed elevata umidità relativa), sulla pagina inferiore ed in corrispondenza delle lesioni, si sviluppa un'efflorescenza muffosa biancastra, costituita dalle strutture riproduttive agamiche del fungo (Figura 5). In rari casi è stata osservata una debole sporulazione del fungo anche sulla pagina superiore dell'ospite.



**Figura 4** – Foglie di vite infette da peronospora, dove è possibile osservare le tipiche “macchie d’olio” sulla pagina superiore.



**Figura 5** - Segni di sporulazione di *Plasmopara viticola* osservabili sulla pagina inferiore di una foglia di vite, in corrispondenza delle “macchie d’olio”.

Il decorso dell’infezione prosegue con la necrosi dei tessuti infetti e con disseccamenti localizzati, che possono provocare una prematura caduta delle foglie (Figure 6 e 7). Queste ultime possono essere soggette ad infezioni fino ad autunno

inoltrato, in modo particolare quelle più giovani delle femminelle; invece, in quelle con un elevato grado di lignificazione delle nervature si può notare una progressione più limitata del micelio fungino. In questo caso la malattia si manifesta con macchie clorotiche, localizzate vicino alle nervature e sul lembo fogliare (peronospora a mosaico) e con una ridotta efflorescenza nella pagina inferiore. È all'interno di questi tessuti senescenti che la peronospora differenzia le oospore e prepara l'inoculo per la stagione successiva. È possibile affermare dunque che le foglie, col tempo, acquisiscono una resistenza ontogenetica.

Non bisogna considerare la comparsa di una “macchia d'olio” come prova incontrovertibile di un'infezione peronosporica, in quanto sintomo piuttosto aspecifico e comune ad altre patologie, come oidio (*Erysiphe necator*), muffa grigia (*Botrytis cinerea*) e marciume nero (*Guignardia bidwellii*). Prima di decidere un qualsiasi trattamento è dunque importante l'attenta osservazione di tutta la pianta per ricercare eventuali altri sintomi non riconducibili a *P. viticola*. Ad esempio, le muffe causate dal mal bianco sono meno fitte rispetto a quelle della peronospora e le aree traslucide tendono ad assumere nel tempo un colore simile alla ruggine. Per fugare ulteriori dubbi conviene ricorrere ad una camera umida rudimentale, inserendo la parte lesionata in un sacchetto di plastica con poche gocce d'acqua, che consentiranno, in caso di peronospora, lo sviluppo della tipica muffa bianca già dopo 24 ore.



**Figura 6** - Segni di sporulazione di *Plasmopara viticola* sulla pagina inferiore di una foglia infetta da peronospora.



**Figura 7** - Foglia di vite affetta da peronospora che presenta tessuti necrotizzati in corrispondenza delle lesioni.

#### **2.4.2. Sintomi su infiorescenze e grappoli**

La fase fenologica che va dalla formazione delle infiorescenze all'allegagione va monitorata attentamente poiché l'infezione causata dal patogeno può portare a gravi danni e perdite di prodotto, compromettendo l'intera vendemmia.

Le infiorescenze contagiate in prefioritura mostrano deformazioni a forma di “S”, con parziale o completo disseccamento. I sintomi precoci sull’infiorescenza invece sono poco evidenti, in quanto il viraggio di colore, determinato dall’azione del patogeno, è poco marcato; generalmente gli attacchi precoci causano la necrosi dell’intera infiorescenza. Ad allegagione avvenuta, gli attacchi di peronospora determinano sui grappoli due diverse sindromi, comunemente chiamate marciume grigio e marciume bruno.

Il marciume grigio non è altro che la forma palese della peronospora sui giovani grappoli, caratterizzati da piccoli acini e raspo e racimoli ancora erbacei. Inizialmente l’infezione si manifesta con allungamento e ripiegamento del rachide, dovuto ad una differente velocità di crescita dei tessuti sani rispetto a quelli infetti, e con successiva comparsa della muffa bianco – grigiastra (Figura 8).



**Figura 8** - Giovane grappolo affetto da peronospora e ricoperto da segni di sporulazione di *Plasmopara viticola*.



Con l'avanzare della stagione, gli acini diventano meno sensibili alla penetrazione del fungo e possono essere infettati indirettamente attraverso il pedicello e il cercine, che conservano più a lungo la funzionalità stomatica. In condizioni climatiche asciutte le infezioni tendono a progredire molto lentamente e si manifestano in forma di marciume bruno, tipico sintomo della peronospora larvata. Gli acini, con l'interruzione del flusso floematico, cessano l'accrescimento, imbruniscono, perdono di turgore ed avvizziscono (Figura 9), fino al disseccamento. Non si osserva la sporulazione (da qui il nome di peronospora larvata), in quanto la degenerazione degli stomi, che si verifica a partire dalla fase di ingrossamento dell'acino e si conclude all'inizio dell'invaiaitura, impedisce la fuoriuscita dei rami sporangiofori dai tessuti colonizzati.



**Figura 9** – Giovane grappolo di vite affetto da peronospora larvata; in assenza di stomi aperti il patogeno non riesce ad evadere dal tessuto infetto e di conseguenze si possono osservare acini imbruniti ed avvizziti, ma senza segni di sporulazione.

La forma larvata dell'infezione può essere osservata anche nel caso in cui la penetrazione negli acini sia avvenuta attraverso gli stomi della buccia, ma la successiva

evasione del micelio è impedita dalla degenerazione degli stessi durante il periodo di incubazione (Figura 10).

Come per le foglie, anche sui grappoli i sintomi dell'infezione causata da *P. viticola* possono essere confusi con quelli di altre malattie come muffa grigia, marciume nero ed erinosi, oppure di danni causati da condizioni climatiche avverse ed errori nella gestione agronomica del vigneto, come carenze idriche o di boro e magnesio.



**Figura 10** - Conseguenze gravi di un attacco di *Plasmopara viticola* su Montepulciano d'Abruzzo.

#### **2.4.3. Sintomi su germogli, nodi e viticci**

I sintomi riscontrabili su germogli, nodi e viticci sono meno comuni rispetto a quelli su foglie e grappoli e si manifestano soprattutto in occasione di infezioni precoci e particolarmente virulente. I giovani germogli presentano una maggiore suscettibilità nei confronti del patogeno e l'avvenuto contagio si evidenzia dal portamento distorto che assumono, in particolar modo nella parte terminale (Figura 11). I tessuti compromessi perdono consistenza e facilitano fenomeni di spaccatura, soprattutto in

corrispondenza dei nodi. Con il progredire della lignificazione i tralci diventano meno recettivi e i sintomi di eventuali infezioni sono caratterizzati da lesioni dei tessuti corticali e piccoli cancri.



**Figura 11** – Attacco estivo di *Plasmopara viticola* su Montepulciano d’Abruzzo con conseguenti alterazioni del normale sviluppo dei germogli.

## 2.5. STRATEGIE DI PROTEZIONE

Per far fronte ai danni ingenti causati dal patogeno *P. viticola* su *V. vinifera*, non è più pensabile potersi affidare unicamente ai trattamenti fitosanitari ma è indispensabile mettere a punto delle strategie di difesa razionali, in cui i principi e i criteri della difesa integrata, enunciati nella Direttiva CE n.128 del 21 ottobre 2009, si traducano in buone prassi:

- applicazione delle corrette pratiche agronomiche;
- monitoraggio delle avversità con metodi e strumenti adeguati;
- responsabilità dell’utente professionale nella scelta e nell’utilizzo dei prodotti fitosanitari;

- valutazione di soluzioni alternative agli interventi chimici.

Nell'ottica di raggiungere quegli obiettivi che la difesa integrata stessa si propone nei confronti della peronospora: ridurre l'inoculo iniziale e la sua virulenza, aumentare la resistenza dell'ospite e rallentare la progressione dei cicli secondari.

### **2.5.1. Corrette pratiche agronomiche**

I mezzi di difesa agronomici contro la peronospora della vite hanno spesso un'efficacia limitata, ma vista la pericolosità della malattia, possono comunque contribuire positivamente a contenere la malattia, sostenendo la protezione antiperonosporica del vigneto.

#### ***2.5.1.1. Impianto del vigneto***

Le scelte effettuate durante la progettazione dell'impianto del vigneto possono influire sullo sviluppo di eventuali epidemie di peronospora soprattutto se non si è tenuto conto delle condizioni pedoclimatiche dei siti produttivi, dei vitigni e dei portainnesti più adatti, come anche del sistema di allevamento e del sesto di impianto. Ad esempio, una chioma poco penetrabile dalla luce e dall'aria, che può essere conseguenza anche di un portainnesto molto vigoroso, è più predisposta all'insorgenza della peronospora per via delle condizioni microclimatiche che si creano al suo interno e anche perché con i trattamenti fitosanitari risulta difficile ottenere un livello di bagnatura ottimale.

Con climi freschi ed umidi, caratteristici degli ambienti di pianura, è consigliabile adottare forme di allevamento alte, caratterizzate dalla maggiore distanza tra la zona vegetativa ed il terreno, dove la presenza più elevata di umidità può favorire lo sviluppo della peronospora.

### ***2.5.1.2. Concimazione***

Un corretto apporto di elementi nutritivi è uno degli aspetti fondamentali per mantenere la pianta in equilibrio vegeto-produttivo e in buono stato di salute. La nutrizione minerale viene solitamente correlata agli aspetti fitosanitari soprattutto per quanto riguarda gli apporti azotati, che devono essere adeguatamente calibrati sulle effettive esigenze della vite al fine di evitare una chioma troppo folta e germogli più teneri ed acquosi, maggiormente suscettibili agli attacchi del patogeno.

### ***2.5.1.3. Potatura verde***

Gli interventi di potatura verde assumono una grande importanza nella conduzione del vigneto in quanto finalizzati a mantenere sia un equilibrio vegeto-riproduttivo che uno stato fitosanitario ottimali. Tra le operazioni previste dalla potatura verde, quelle legate ad una migliore gestione in chiave fitosanitaria sono: la spollonatura, la sfemminellatura e la sfogliatura.

La spollonatura precoce viene effettuata quando i polloni hanno raggiunto una lunghezza di 15 – 20 cm, per evitare che possano essere infettati dalle zoospore, responsabili delle infezioni primarie, per la loro vicinanza al terreno.

L'operazione di sfemminellatura va effettuata in via preventiva su quelle femminelle che, mal posizionate, creano affastellamento di vegetazione e possono concorrere allo sviluppo del contagio. Infine, la sfogliatura può essere eseguita subito dopo la fioritura per ottenere una chioma più aperta e arieggiata, utile a contrastare lo sviluppo della peronospora e a facilitare gli eventuali trattamenti fitosanitari, permettendo ai prodotti irrorati di giungere a bersaglio, soprattutto dei grappoli.

#### ***2.5.1.4. Tecniche di lavorazione***

La gestione dell'interfilare è un aspetto da non sottovalutare. Attraverso le lavorazioni del terreno una parte delle foglie infette viene interrata, contribuendo ad una diminuzione del potenziale di germinazione del fungo. Di contro l'inerbimento, spontaneo o artificiale, del vigneto può ritardare l'avvento dell'infezione primaria perché ostacola la migrazione delle spore sulla vegetazione. Inoltre, un vigneto inerbito risulta tendenzialmente più asciutto rispetto a quello lavorato e quindi il microclima presente è meno favorevole allo sviluppo del patogeno.

#### **2.5.2. Modelli previsionali**

La protezione dalla peronospora della vite ha subito, negli anni, una profonda evoluzione, passando da metodologie di semplice applicazione a metodi più complessi ed articolati, compatibili con il mantenimento dell'ecosistema e della salute. Basta paragonare il livello di complessità di una difesa basata su un calendario di interventi con uno o pochi fungicidi chimici, distribuiti a turni fissi, con quello di una strategia basata sul rilievo di soglie di intervento, con vari principi attivi, anche naturali, alternati fra loro in modo da limitare il rischio di diffusione di organismi dannosi, resistenti ai prodotti fitosanitari. Uno degli strumenti fondamentali per l'applicazione della difesa integrata sono i modelli previsionali e di avvertimento sullo sviluppo delle avversità, da utilizzare in stretta relazione con i dati di monitoraggio, le visite in campo e i bollettini tecnici periodici.

I modelli previsionali sono degli strumenti matematici in grado di rappresentare le relazioni che si stabiliscono tra l'organismo nocivo, la pianta ospite e l'ambiente. L'obiettivo principale è quello di simulare e prevedere la comparsa e lo sviluppo di

una malattia per ottimizzare gli interventi di contenimento. Possiamo distinguere i modelli in due categorie principali, quelli descrittivi e quelli analitici (Rossi *et al.*, 2008). I primi partono dall'osservazione del danno per descrivere e interpretare tali osservazioni, mentre i secondi si basano sull'analisi delle relazioni che intercorrono tra il danno e i fattori che lo influenzano, secondo un approccio empirico e meccanicistico (Rossi *et al.*, 2008). Nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi modelli previsionali per la difesa dalla peronospora della vite, sia in ambito europeo che internazionale. Uno dei più recenti è il DOWGRAPRI (*Downy Mildew Grape Primary Infection*), la cui finalità è quella di poter identificare, mediante la simulazione, il momento dell'avvio di ogni ciclo infettivo primario e, di conseguenza, segnalare le possibili piogge infettanti.

Il modello DOWGRAPRI si basa sul concetto fondamentale che in un vigneto il patogeno *P. viticola* è presente con diverse famiglie di oospore, le quali, superata la fase di quiescenza invernale, iniziano a germinare. Il processo di simulazione della germinazione prende avvio a ogni evento piovoso in grado di bagnare la lettiera di foglie del vigneto. La simulazione può essere interrotta in ogni fase del processo infettivo, se le condizioni climatiche non sono favorevoli al fungo, così come può completarsi sino alla comparsa dei sintomi sulla vegetazione. Il modello è stato realizzato suddividendo il ciclo del patogeno in differenti fasi ed il passaggio da una fase a quella successiva è regolato da flussi e tassi guidati da variabili esterne, principalmente quelle climatiche (Rossi *et al.*, 2008).

Il processo infettivo è stato suddiviso nelle seguenti fasi:

- superamento della latenza: il modello fornisce una stima del momento in cui le prime famiglie raggiungono la maturazione fisiologica e sono a pronte a germinare. In questa fase il processo dipende dalla temperatura e dalla bagnatura della lettiera;
- germinazione delle oospore: dopo la fase di latenza, ogni evento piovoso, capace di umettare la lettiera, è in grado di innescare la germinazione di una o più famiglie di oospore e la produzione del macrozoosporangio;
- sopravvivenza dei macrozoosporangi: il modello fornisce una stima in assenza di acqua, in rapporto alla temperatura e all'umidità. Senza le condizioni meteorologiche idonee, i macrozoosporangi possono sopravvivere solo per un paio di giorni. Questa è un'indicazione di fondamentale importanza per individuare l'avvio di eventuali infezioni, anche alcuni giorni dopo il termine della germinazione;
- rilascio e dispersione delle zoospore: il sistema simula il rilascio delle zoospore qualora il macrozoosporangio sia in presenza di una sufficiente bagnatura della lettiera di foglie. In questa fase le zoospore, molto delicate, nuotano nel film liquido e, qualora esposte a condizioni climatiche sfavorevoli (assenza di bagnatura), si devitalizzano. Tuttavia, se in questo periodo sopraggiunge una pioggia, si considera che questa sia in grado di veicolare, con gli schizzi d'acqua, le zoospore sulla vegetazione suscettibile;
- infezione: viene simulato il momento dell'infezione da parte delle zoospore in funzione della combinazione tra temperatura e durata della bagnatura fogliare. Durante questo periodo le zoospore nuotano verso le aperture stomatiche, si incistano e producono un tubetto germinativo in grado di penetrare attraverso gli stomi. Se la superficie fogliare si asciuga prima della penetrazione, le zoospore si devitalizzano;



- incubazione: il processo di incubazione varia nel tempo in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria. Al termine dell'incubazione viene segnalato il probabile momento di inizio della comparsa dei sintomi.

I modelli previsionali sono dunque uno strumento potenzialmente molto utile, sia per gli agricoltori che per i consulenti tecnici, per migliorare le strategie di difesa dalle malattie e dai parassiti del vigneto (*Morroni et al.*, 2012).

### **2.5.3. Sostanze attive ad azione antiperonosporica**

Vista la parziale o totale inefficacia dei mezzi di protezione alternativi nei confronti di *P. viticola*, la protezione dei vigneti da questo patogeno è ancora oggi basata sull'applicazione di agrofarmaci di natura chimica. La disponibilità di prodotti fitosanitari per il controllo della peronospora della vite è molto ampia e pertanto, all'interno di una strategia di difesa, la scelta dovrà essere fatta soprattutto in base alle caratteristiche delle sostanze attive, in particolare la capacità di aderire alle superfici trattate o di entrare nei tessuti e diffondersi all'interno degli stessi. Da questo punto di vista i fungicidi possono essere distinti in fungicidi di superficie (di copertura, ad azione prevalentemente preventiva) e fungicidi penetranti (citotropici-translaminari e sistemici, in grado di bloccare anche infezioni in atto).

#### ***2.5.3.1. Sostanze attive di copertura***

Esplicano la loro azione sulla superficie degli organi trattati, dove formano uno strato che impedisce la germinazione delle spore, agendo su vari enzimi coinvolti nella respirazione cellulare, fondamentale per la sopravvivenza del patogeno.

Il primo fungicida messo a punto per combattere *P. viticola* fu la poltiglia bordolese, una miscela di solfato di rame e calce, preparata direttamente dai contadini, con risultati quantomeno variabili nell'efficacia. L'azione anticrittogamica del rame viene espletata dagli ioni rameici che, liberati in acqua, riescono a penetrare nella membrana semipermeabile e la parete del patogeno ed esercitano il loro effetto tossico nei confronti del micelio, delle spore e dei conidi del fungo e nei confronti di sporangi e zoospore dell'oomicete. Un accumulo di questi ioni causa varie disfunzioni nel patogeno, come l'attacco e l'inibizione degli enzimi respiratori, la denaturazione aspecifica delle strutture proteiche, l'alterazione dei carrier e il blocco del trasporto di membrana.

Negli anni le proprietà fitoiatriche del rame sono migliorate grazie alla coformulazione con diversi composti chimici che hanno permesso il superamento di alcune problematiche come il dilavamento, l'adesività, l'uso eccessivo di rame e la pronta disponibilità di ioni rameici. Oggi sul mercato sono disponibili diversi prodotti di copertura a base di rame in formulazioni granulari, polverulente o liquide (ad esempio le poltiglie bordolesi di produzione industriale o in miscela con solfato tribasico e ossicloruri), oppure fungicidi organici in forma insolubile, utili nel costituire una riserva di ioni rameici in caso di necessità o in presenza di sufficiente acqua (bagnatura o elevata umidità), e anche preparati penetranti sperimentali di nuova generazione.

### ***2.5.3.2. Sostanze attive citotropiche e translaminari***

Hanno rappresentato un importante passo avanti nella lotta antiperonosporica, in quanto possono combinare l'azione preventiva, tipica dei formulati rameici e di

copertura, con l'azione curativa, provocando la morte delle ife e delle vescicole infettive e impedendone così la sporulazione. Sono prodotti caratterizzati dal rapido assorbimento da parte dei tessuti vegetali ma hanno una scarsa persistenza, di 2 o 3 giorni al massimo, che ne compromette l'efficacia; quindi, viene consigliato di utilizzarli nei giorni immediatamente prossimi all'infezione per ottimizzarne l'effetto.

#### ***2.5.3.3. Sostanze attive sistemiche***

Una volta penetrate all'altezza dei grappoli e delle foglie, sfruttano i vasi xilematici e floematici per raggiungere tutti gli organi della pianta. Possiedono una buona azione curativa e sono in grado di proteggere la vegetazione in accrescimento dopo il trattamento. Alcune sostanze hanno mostrato la capacità di sviluppare nella pianta un meccanismo di resistenza utile a limitare i danni di ulteriori infezioni di peronospora, in quanto rapidamente assorbite e traslocate nei giovani tessuti vegetali.

#### ***2.5.3.4. Sostanze attive inibitorie del complesso enzimatico III***

La loro azione è diretta all'inibizione della respirazione cellulare attraverso il blocco del complesso enzimatico, impedendo così la germinazione del patogeno. Possono interagire o a livello della membrana esterna del complesso o a livello del citocromo; questa alta specificità del meccanismo d'azione può portare all'insorgenza di fenomeni di resistenza, evitabili con trattamenti limitati, preventivi e combinati con altri prodotti a meccanismo d'azione differente.

#### ***2.5.3.5. Composti di origine naturale efficaci nei confronti della peronospora***

Non ancora al livello di efficacia dei derivati cuprici o degli antiperonosporici industriali, rappresentano una potenziale alternativa dal basso impatto ambientale e nonostante i risultati altalenanti e la difficile reperibilità sul mercato in formulati commerciali, tornano utili in casi di infezioni leggere se usati con attenzione tenendo conto delle loro caratteristiche e distribuiti nei periodi fenologici più adatti. In questa categoria rientrano il silicato di sodio, i fosfiti ed i fosfonati, l'acido salicilico, le farine di roccia (algonite), la propoli, i fungicidi microbiologici, l'olio di Neem, l'equiseto, l'Insula Viscosa, il bicarbonato di sodio e di potassio, il perossido di idrogeno, gli estratti acquosi, il permanganato di potassio ed il chitosano. Tali composti, soprattutto in vista di una possibile prossima scomparsa dal mercato dei prodotti rameici, dati gli orientamenti ormai ben definiti della politica agraria comunitaria, sono continuamente oggetto di lavori sperimentali volti al potenziamento della loro efficacia come nel caso dell'applicazione combinata di farine di roccia e propoli che ha fornito una soddisfacente protezione antiperonosporica (Romanazzi *et al.*, 2008) e soprattutto del chitosano (Romanazzi *et al.*, 2016, 2018, 2021) per il quale è in corso una validazione, su scala commerciale, di strategie di protezione basate sul suo utilizzo, da solo o combinato con basse dosi di rame.

#### ***2.5.3.6. Principi attivi induttori di resistenza alla malattia***

Un meccanismo già presente in natura, in alcuni vitigni, come il nebbiolo, poco sensibili alla peronospora grazie alle loro caratteristiche genetiche, e condizionato da numerosi fattori esterni, come lo stato nutrizionale della pianta, le condizioni ambientali, le pratiche agronomiche e le caratteristiche del terreno. La ricerca su questi

induttori, a basso impatto ambientale e non nocivi per l'uomo, si è reso necessario in quanto le piante, pur riconoscendo il patogeno e riuscendo a mettere in atto i meccanismi di difesa per indebolire o debellare il parassita, non riuscivano tempestivamente a difendersi dalle infezioni. In questo modo, i composti esogeni studiati permettono alle piante di attivare preventivamente all'infezione i meccanismi di difesa di cui dispongono, in modo da trovarsi preparate e reattive nel caso di un'eventuale infezione. Gli induttori possono essere di natura abiotica, biotica e sintetica.

#### **2.5.4. Resistenza ai fungicidi**

La resistenza ad un fungicida è definita come un adattamento genetico e stabile del fungo all'azione tossica delle molecole chimiche presenti nel fungicida e si sviluppa per l'esposizione prolungata allo stesso. Individui resistenti all'azione di un determinato principio attivo possono essere già presenti in natura, ma solo l'azione costante della molecola fungicida riesce ad operare una selezione rendendoli col tempo predominanti rispetto al resto degli individui sensibili. La resistenza ad una determinata molecola chimica diventa un tratto caratteristico del patogeno quando può essere trasmessa geneticamente. I funghi hanno sviluppato diversi metodi per annullare l'azione tossica dei fungicidi; ad esempio, alcuni patogeni sono in grado di alterare biochimicamente il recettore del sito d'azione in modo tale da non renderlo più compatibile con la molecola fungicida, mentre altri sono in grado di detossificare il principio attivo o di bloccare l'ingresso nella cellula tramite una riduzione della permeabilità di membrana. Sulla base delle conoscenze attualmente disponibili

relative al meccanismo di azione dei fungicidi è possibile distinguere le sostanze attive in:

- fungicidi “multisito” cioè attivi su più siti della cellula fungina (es. prodotti rameici, zolfo e ditiocarbammati), considerati a basso rischio di resistenza;
- fungicidi “monosito”, cioè con meccanismo di azione specifico (es. fenilammidi, inibitori della biosintesi degli steroli, strobilurine), considerati a medio-alto rischio di resistenza.

Per rallentare l'eventuale insorgenza di fenomeni di resistenza, sono stati studiati vari accorgimenti che risultano fondamentali nella lotta alla peronospora come le miscele definite “a 2 vie”, dove vengono combinati due meccanismi d'azione diversi (ad esempio sistemico-contatto o translaminare-contatto). Infine, la scelta della sostanza attiva più adatta viene effettuata in base alla fase fenologica in cui si trova la coltura, portando a tracciare delle linee guida importanti per una corretta gestione ed applicazione dei formulati in uso:

- dall'inizio della vegetazione alla prefioritura, con una massa vegetativa ridotta in termini di volume, si consiglia una distribuzione preventiva, e non con finalità curativa, di principi attivi di copertura combinati con principi attivi translaminari o citotropici;
- dalla prefioritura all'allegagione, dove la vegetazione è in accrescimento, si possono utilizzare prodotti sistemici dall'elevata mobilità, anche in miscela con principi attivi di contatto o citotropici;
- dall'allegagione all'inizio maturazione, per preservare il grappolo, si applicano prodotti dall'alta affinità con le cere epicuticolari in miscela con prodotti endoterapici, citotropici o di contatto, tenendo sempre in considerazione il rischio epidemico.

Per un miglior utilizzo dei fungicidi, il FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) ha elaborato una classificazione degli stessi, raggruppandoli in base al comune meccanismo di azione (MoA) ed attribuendo ad ogni singola sostanza attiva un “rischio intrinseco”, che non corrisponde al rischio complessivo di resistenza influenzato dalle conoscenze biologiche del patogeno e dalle pratiche agronomiche eseguite (Tabella 3).

**Tabella 3** - Estratto della classificazione elaborata dal FRAC, inerente ai soli gruppi chimici ad azione antiperonosporica.

<b>Gruppo chimico</b>	<b>Sostanza attiva</b>	<b>Codice Moa*</b>	<b>Sito d’azione</b>	<b>Rischio di resistenza</b>
<b>Fenilammidi</b>	Benalaxyl, benalaxyl-M, metalaxyl, metalaxyl-M	A1	Metabolismo degli acidi nucleici	Alto
<b>Qol</b>	Azoxystrobin, pyraclostrobin, famoxadone	C3	Inibitori della catena respiratoria a livello del complesso III	Alto
<b>Qil</b>	Cyazofamid, amisulbron	C4	Inibitori della catena respiratoria a livello del complesso III	Medio alto
<b>QoSL</b>	Ametoctradina	C8	Inibitori della catena respiratoria a livello del complesso III	Medio alto
<b>OSBPI</b>	Oxathiapiprolin	F9	Inibizioni della sintesi o del trasporto dei lipidi di membrana	Medio alto
<b>Benzamidi</b>	Fluopicolide (B5)	B5	Delocalizzazione di proteine di membrana	Medio
	Zoxamide (B3)	B3	Formazione della beta-tubulina	Medio basso
<b>CAA</b>	Dimethomorph, bentiavalicarb, iprovalicarb, valifenalate, mandipropamid	H5	Sintesi della cellulosa	Medio basso

<b>Gruppo chimico</b>	<b>Sostanza attiva</b>	<b>Codice Moa*</b>	<b>Sito d'azione</b>	<b>Rischio resistenze</b>
<b>Cyanoacetamidi</b>	Cymoxanil	U	Non noto	Medio basso
<b>2,6-dinitro-aniline</b>	Fluazinam	C5	Disaccoppiamento della fosforilazione ossidativa	Basso
<b>Fosfonati</b>	Fosetyl-Al, acidi e sali fosforosi	P7	Induttori di resistenza	Basso
<b>Inorganici</b>	Sali di rame	M	Azione contemporanea su diversi siti	Basso
<b>Ditiocarbammati</b>	Mancozeb, metiram, propineb, thiram, zineb	M	Azione contemporanea su diversi siti	basso
<b>Polisaccaridi</b>	Laminarina	P4	Induttori di resistenza	Non definito
<b>Microrganismi</b>	Residui di fermentazione di <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	P6	Induttori di resistenza	Non definito
<b>Ftalimmidi</b>	Captano, folpet	U	Non noto	Non
<b>Quinoni</b>	dithianon	U	Non noto	Non

\*A = interferenza sulla sintesi di acidi nucleici; B = proteine motore e citoscheletro; C = respirazione; F = sintesi dei lipidi ed integrità di membrana pianta; H = biosintesi della parete cellulare; M = azione contemporanea su molteplici siti; P = induttore dei meccanismi di resistenza della pianta; U = meccanismo non chiaro.

### **2.5.5. Effetti collaterali degli antiperonosporici**

Tutti i prodotti fitosanitari, prima di essere commercializzati ed impiegati, devono essere autorizzati dal Ministero della Salute, attraverso un'attenta valutazione sia della potenziale pericolosità dei principi attivi e dei relativi formulati, che dei rischi derivanti dall'impiego degli stessi, affinché il loro corretto utilizzo non produca, direttamente o indirettamente, effetti nocivi sulla salute dell'uomo, della coltura e dell'ambiente.



La nuova regolamentazione sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari stabilisce che l'utilizzatore finale dei prodotti fitosanitari abbia un comportamento consapevole non solo nell'utilizzo ma anche nella scelta, laddove possibile, dei meno pericolosi. Nel caso di adesione ai disciplinari di produzione integrata la gamma dei prodotti fitosanitari è già circoscritta a quelli di minore pericolosità.

Numerosi studi hanno evidenziato le conseguenze, anche gravi, derivanti da un errato utilizzo dei prodotti autorizzati per combattere la peronospora, innanzitutto di quelli rameici. Infatti, il rame, essendo un metallo pesante, oltre ad essere pericoloso per la salute umana (Coelho *et al.*, 2020), una volta disperso nell'ambiente non viene degradato o metabolizzato, ma tende ad accumularsi nel terreno e nelle catene trofiche (Marenghi, 2001).

Da tempo la comunità europea presta particolare attenzione all'impatto ambientale del rame; ciò in virtù del fatto che esso soddisfa due criteri che caratterizzano le sostanze "persistenti, bioaccumulative e tossiche", vale a dire il tempo di dimezzamento superiore a 120 giorni e la concentrazione senza effetti osservati a lungo termine per gli organismi acquatici inferiore a 0,01 mg/L. Inoltre, è stata accertata la sua nocività sia per i lombrichi che per i batteri azotofissatori e ad alte concentrazioni può alterare gli equilibri ecologici (Banu *et al.*, 2004).

Altro aspetto di negatività che può verificarsi a seguito di trattamenti con prodotti rameici è la fitotossicità, cioè la possibilità che l'intervento provochi danni alle viti trattate. Questa probabilità si può verificare quando si impiega il formulato in dosi più elevate di quanto indicato in etichetta, in alcune fasi fenologiche in cui non è tollerato o se lo si impiega in determinate situazioni climatiche (Sancassani, 2017).

La fitotossicità risulta più marcata su quegli organi verdi giovanili, maggiormente esposti a bagnatura e basse temperature, con necrosi puntiformi e le foglie in alcuni casi possono andare incontro a filloptosi anticipata. La sensibilità diminuisce dal periodo di allegagione in poi, in cui i tessuti “invecchiati” presentano una cuticola più spessa che li protegge dalla penetrazione degli ioni rameici.

Nel caso della necrosi sugli acini dell’uva da tavola si assiste ad un danno estetico del prodotto che comporta un deprezzamento dello stesso, mentre sulle uve da vino il danno risulta essere indiretto, in quanto la riduzione della superficie fotosinteticamente attiva comporta una diminuzione del tenore zuccherino e dei metaboliti secondari, elementi fondamentali per ottenere vini pregiati (Lamberti e Quacquarelli, 1965).

Il rame apportato con i trattamenti, una volta depositato sui grappoli, viene parzialmente dilavato dalle piogge (Rusjan *et al.*, 2007); quello che permane sugli acini, in quantità molto superiori a quelle consentite (Regolamento CE 396/2005), può potenzialmente creare ritardi della fermentazione, catalizzare reazioni di ossidazione ed influire negativamente sulla composizione amminoacidica (Ferreira *et al.*, 2006; Garde Cerdà *et al.*, 2017). Inoltre, i vini bianchi, in modo particolare lo Chardonnay, possono contenere un residuo maggiore rispetto ai rossi in quanto la vinificazione non comporta un prolungato contatto con le bucce, principali fonti di rame.

In conseguenza di ciò il rame, già dal 2015, è considerato “sostanza attiva candidata alla sostituzione” e, temporaneamente, sino al 2025 è fissato in 4 kg per ettaro l’apporto annuo consentito (Regolamento UE 2018/1981), pur essendo ammesso, per le colture poliennali, il principio di flessibilità del “lissage” che permette un utilizzo di 28 kg per ettaro spalmato in sette anni.

La scelta e l'utilizzo dei prodotti fitosanitari devono tener conto anche degli effetti tossici, acuti e a lungo termine, sugli organismi "non bersaglio", terrestri e acquatici, animali e vegetali. Altrimenti si rischia di ripetere gli errori fatti all'entrata in commercio dei ditiocarbammati, il cui uso spropositato decimò gli acari fitoseidi antagonisti naturali degli acari tetranichidi, responsabili di ingenti danni sia a carico della pianta ma soprattutto del prodotto, in termini quantitativi e qualitativi. I ditiocarbammati hanno rappresentato la prima, importante, famiglia di fungicidi moderni, dotati di ampio spettro d'azione e per tale motivo affermatasi nella difesa di numerose colture da diversi patogeni; essi sono dei derivati dell'acido ditiocarbammico e, a seconda dei sostituenti inseriti nella loro molecola, sono riconducibili a due gruppi: alchilderivati e alchilenderivati. Questi ultimi sono quelli utilizzati contro la peronospora della vite e presentano anche una buona efficacia nei confronti di altre malattie fungine della vite quali escoriosi e *black rot*. Nell'ambito dei ditiocarbammati, il mancozeb, nato dalla combinazione di zineb e maneb, entrambi revocati, risulta essere una delle sostanze più impiegate nella protezione antiperonosporica grazie al suo meccanismo d'azione (interferisce nel metabolismo dei lipidi, nella respirazione e nella produzione di adenosintrifosfato della cellula fungina), efficacia ed economicità. Nel corso dell'ultimo decennio, diversi studi hanno rilevato che questa sostanza presenta proprietà che, oltre a risultare tossiche per la vita acquatica, possono alterare il normale funzionamento del sistema endocrino nell'essere umano e negli animali con gravi conseguenze (EFSA Journal 2020, 5775). Pertanto, la Commissione Europea, sulla base della decisione presa ad ottobre 2020 dallo SCOPAFF (*Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed*), ha deciso

di metterlo al bando, permettendone l'uso delle scorte fino al 4 gennaio 2022 (Regolamento UE 2020/2087 del 14 dicembre 2020).

La revoca del mancozeb e la limitazione del rame costituisce fonte di preoccupazione per il settore vitivinicolo, e costringerà i viticoltori a modificare sostanzialmente le loro strategie di difesa e protezione, sia nella produzione biologica che in quella integrata, spingendoli sempre più verso l'utilizzo di prodotti fitosanitari a basso impatto ambientale.

## **2.6. DISTRIBUZIONE DEI PRODOTTI FITOSANITARI**

I prodotti fitosanitari devono essere distribuiti seguendo criteri di razionalizzazione per ottenere i massimi risultati in termini di efficacia e la minima dispersione nell'ambiente circostante. A tal fine, prima di eseguirli, vanno valutati diversi fattori come le soglie di intervento, le condizioni climatiche, le indicazioni fornite dai modelli previsionali, che consentono di individuare il momento migliore per l'intervento e sono di grande aiuto per la prevenzione ed il contenimento delle malattie. Per quanto riguarda la fase relativa alla distribuzione, bisogna prestare molta attenzione alle dosi di impiego, ai volumi di distribuzione, all'efficienza delle macchine irroratrici e alle modalità di intervento che consentono di poter ottenere il miglior risultato possibile in termini di efficacia del trattamento con il minor impatto ambientale possibile. Soprattutto nel caso dei vigneti dove la vegetazione presenta uno sviluppo verticale, occorre utilizzare attrezzature che garantiscono una copertura omogenea della stessa e siano in grado di limitare al minimo le perdite di prodotto, a terra e per deriva.

La maggior parte dei prodotti fitosanitari impiegati nei trattamenti della vite sono dei formulati liquidi e pertanto la loro distribuzione avviene attraverso le irroratrici.

Nelle piccole aziende viticole sono ancora presenti le irroratrici a polverizzazione per pressione, senza ventilatore, che, per garantire buona copertura e penetrazione della vegetazione, vengono utilizzate con pressioni di esercizio e volumi di distribuzioni elevati, con notevole rischio di deriva del prodotto.

Anche nelle irroratrici ad aeroconvezione, comunemente dette atomizzatori, la polverizzazione della miscela fitoiatrica avviene nel serbatoio della macchina tramite la pressione operata sul liquido ma la distribuzione sulla vegetazione è facilitata da un ventilatore. Questo permette di operare con pressioni di esercizio minori. Infine, le irroratrici pneumatiche, molto utilizzate per via delle bassissime pressioni con cui la miscela viene convogliata agli erogatori e della creazione di gocce più fini, rispetto alle irroratrici idrauliche. La presenza del ventilatore anche in questo caso permette una copertura più omogenea e la riduzione dei volumi da distribuire.

### **3. OBIETTIVO DELLA RICERCA**

La capacità distruttiva della peronospora della vite rappresenta ancora oggi una preoccupazione oggettiva per gli agricoltori e richiede un costante monitoraggio ed attenzione del vigneto. Peraltro, negli ultimi anni si assiste sempre più frequentemente a gravi epidemie anche in molti areali dell'Italia centrale, dove la peronospora era considerata una malattia di facile controllo. Da sempre agricoltori e tecnici si sono posti l'obiettivo di ottimizzare la protezione dei vigneti per renderla più precisa ed efficace, sin dal lontano 1947 allorché il prof. Baldacci con l'elaborazione della cosiddetta "regola dei tre 10" tentò di razionalizzare l'avvio dei trattamenti. Da allora la protezione antiperonosporica è stata oggetto di cambiamenti radicali, legati innanzitutto ad una più precisa conoscenza epidemiologica dell'intero ciclo infettivo. In modo particolare i numerosi studi hanno evidenziato l'importanza della fase di svernamento delle oospore e della correlazione esistente tra le condizioni ambientali antecedenti la ripresa vegetativa e l'aggressività del patogeno stesso, come anche la necessità di un'accurata prevenzione delle infezioni primarie in modo da contenere la progressione della malattia e rendere più agevole la gestione delle infezioni secondarie.

Molto importante risulta dunque la valutazione del rischio nella fase iniziale dello sviluppo dell'epidemia, oggi possibile grazie alla crescente disponibilità delle strumentazioni elettroniche di acquisizione dei dati meteorologici e dei moderni modelli previsionali che, attraverso l'applicazione di equazioni matematiche, mettono in correlazione l'organismo nocivo, la pianta ospite e l'ambiente, al fine di identificare il momento dell'avvio dell'infezione.

Nel corso degli ultimi decenni, il perfezionamento dal punto di vista dell'efficacia di numerose sostanze attive, caratterizzate da capacità più o meno penetranti,

endoterapiche e sistemiche, e la loro combinazione con le cere, che consentono di proteggere soprattutto il grappolo dalla temibile forma larvata, ha consentito di migliorare la gestione complessiva della difesa anche in annate ad elevato rischio epidemico, permettendo il ricorso a diverse strategie in campo.

Alla luce delle sempre più stringenti norme europee sull'utilizzazione dei prodotti fitosanitari e la conseguente scomparsa dal mercato di fungicidi considerati pericolosi, ma ancora oggi ampiamente utilizzati, vista l'importanza economica della viticoltura in Abruzzo e considerando i danni che la peronospora può causare sulla produzione e sulla produttività degli impianti, sia in termini qualitativi che quantitativi, la presente tesi ha avuto come obiettivo la valutazione di diverse strategie innovative di difesa preventiva, attuate in un campo sperimentale e ritenute idonee, in relazione ai dati sia meteorologici che fenologici, a contenere efficacemente le infezioni nel rispetto delle attuali e future norme relative alla razionalizzazione della difesa fitosanitaria. Tale sperimentazione si è resa necessaria in particolare per valutare sostanze attive alternative al composto chimico mancozeb, alla luce del mancato rinnovo da parte della Commissione Europea, della conseguente revoca di tutti i preparati commerciali contenenti questo principio attivo e del termine ultimo stabilito nel 4 gennaio 2022 per la distribuzione da parte degli utilizzatori finali.

## 4. MATERIALI E METODI

### 4.1. VIGNETO SPERIMENTALE

Nel 2021 è stata condotta un'attività sperimentale volta alla valutazione di alcune strategie di protezione antiperonosporica, per far fronte alla riduzione di sostanze attive di comprovata efficacia nella gestione della malattia. La sperimentazione è stata effettuata su un vigneto situato nel territorio comunale di Pianella (PE) (Figura 12), impiantato con Montepulciano d'Abruzzo allevato a tendone, particolarmente soggetto ad infezioni peronosporiche da inoculo naturale; il vigneto è esposto a nord-ovest, ha un'età di circa 15 anni ed un sesto di impianto 2,5 x 2,5m.



**Figura 12** - Foto aerea del vigneto sperimentale, scala 1:4500.

Lo schema sperimentale ha previsto 19 tesi, delle quali 18 hanno previsto trattamenti antiperonosporici durante l'anno, mentre una ha riguardato un testimone non trattato; Il disegno sperimentale ha previsto una suddivisione in blocchi randomizzati con 4 ripetizioni, ognuna costituita da 6 piante. Gli interventi sono stati effettuati in media ogni 10 giorni, tenendo conto del rischio fitosanitario e delle fasi fenologiche della coltura. I trattamenti sono stati eseguiti utilizzando una motopompa a spalla



modello Echo SR 1100 e distribuendo un volume di acqua variabile da 600 (nei primi trattamenti) a 1.000 l/ha.

#### 4.2. STRATEGIE ANTIPERONOSPORICHE SAGGIATE

I principi attivi, con le loro relative caratteristiche, contenuti nei formulati saggiati durante la sperimentazione sono di seguito elencati:

- Rame, utilizzato soprattutto in interventi preventivi; può essere distribuito sotto varie forme: solfato di rame neutralizzato, sale di rame che viene neutralizzato con idrossido di calcio per ridurre l'acidità e migliorarne l'adesività e la resistenza al dilavamento; idrossido di rame, dall'elevato contenuto di rame metallo, capace di liberare una grande quantità di ioni rameici rapidamente, con buona prontezza e persistenza d'azione; ossicloruro di rame, dalle caratteristiche simili al solfato di rame presente nella poltiglia bordolese, tuttavia non necessita dell'aggiunta di calce e presenta una capacità di persistenza più elevata; solfato di rame tribasico, la cui struttura molecolare permette ad una parte degli ioni rame di essere rapidamente disponibili, mentre un'altra quota viene rilasciata in maniera graduale per garantire un'adeguata persistenza da parte del principio attivo;
- Mancozeb, appartenente alla famiglia dei ditiocarbammati (ossia derivanti dall'acido ditiocarbammico), caratterizzato da buona efficacia ed azione costante, senza conseguenze fitotossiche ed alterazioni nel processo di vinificazione; tuttavia, presenta una limitata selettività sugli organismi *non-target* ed una tossicità non trascurabile;
- Metiram, anch'esso appartenente alla famiglia dei ditiocarbammati, condivide con il mancozeb efficacia e prontezza d'azione sulla vegetazione; leggermente meno

dannoso per gli organismi non bersaglio, risulta efficace non solo nei confronti della peronospora, ma trova applicazioni contro altre malattie fungine della vite, come escoriosi e il marciume nero della vite;

- Folpet, principio attivo presente in prodotti di copertura utilizzabili sia su foglia che su grappolo, agisce su enzimi coinvolti nell'attività respiratoria cellulare, impedendo la germinazione delle spore e la crescita del micelio; è caratterizzato da una bassa residualità, una maggior resistenza al dilavamento rispetto ai ditiocarbammati, e un ampio spettro d'azione che lo rende efficace anche nei confronti degli agenti dell'escoriosi e della carie bianca;

- Dithianon, principio attivo utilizzato soprattutto nei confronti della ticchiolatura del melo, ha trovato applicazioni anche nei trattamenti antiperonosporici grazie alla sua buona persistenza, all'efficace selettività sui fitoseidi e per la sua economicità;

- Zoxamide, che agisce sulla divisione cellulare, bloccandola; principio attivo molto affine con le cere cuticolari, da cui ne deriva un'ottima resistenza al dilavamento, viene utilizzato spesso in miscela con mancozeb o composti rameici; può essere utilizzato anche per interventi volti a contrastare muffa grigia;

- Cimoxanil, viene considerato il primo principio attivo capace di penetrare nei tessuti vegetali, e di muoversi negli stessi, ad essere utilizzato per contrastare la peronospora e per questo espleta sia un'azione preventiva che una curativa; è caratterizzato da un rapido assorbimento da parte della pianta, però è dotato di una scarsa persistenza e potrebbe favorire l'insorgenza di ceppi resistenti della malattia, caratteristica in parte annullata dalle rotazioni dei principi attivi nei trattamenti;

- Mandipropamid, ha un comportamento bivalente quando distribuito, poiché in parte viene assorbito dai tessuti vegetali, nei quali si sposta per citotropicità e

translaminarità, in parte rimane adeso alle cere cuticolari, conseguendo una buona resistenza al dilavamento; l'azione antiperonosporica interessa la germinazione delle spore, l'accrescimento del micelio e la sporulazione;

- Fenilammidi, famiglia che ad oggi comprende solo le acilalanine, gruppo chimico di cui fanno parte il benalaxyl, il metalaxyl e i rispettivi isomeri puri benalaxyl-M e metalaxyl-M; questi principi attivi sono capaci di penetrare nei tessuti vegetali e sfruttano i canali xilematici per diffondersi anche nella vegetazione in accrescimento; l'azione si esplica solamente in chiave antiperonosporica o patogeni affini, bloccando l'attività di un particolare enzima coinvolto nella sintesi di RNA, evento che potrebbe favorire lo sviluppo di ceppi resistenti;

- Fosetyl-Al, appartenente al gruppo chimico dei fosfonati, una volta penetrato nei tessuti vegetali, viene traslocato negli organi della pianta attraverso per via sistemica, in particolare nelle foglie giovani, mentre in grappoli e foglie vecchie, la traslocazione è meno rapida; il fosetyl-Al agisce sia in maniera diretta, con la liberazione di fosforo nella pianta, sia in maniera indiretta, con una maggior resistenza della pianta contro le infezioni;

- Laminarina, oligosaccaride estratto a fredde dall'alga *Laminaria digitata*, stimola l'attivazione dei meccanismi di autodifesa della pianta, avendo una struttura simile ai prodotti di degradazione della parete cellulare dei funghi patogeni; le possibilità di sviluppo per ceppi resistenti sono molto basse;

- Amisulbrom, rientra nel gruppo chimico dei sulfonamidi, inibitori della catena respiratoria mitocondriale; è un principio attivo molto utilizzato per la sua spiccata attività preventiva, le proprietà translaminari e l'attitudine a fissarsi nelle cere cuticolari, con un rischio minimo di dilavamento;

- Oxathiapiprolin, agisce sugli ossisteroli, proteina carrier dell'apparato di Golgi e del reticolo endoplasmatico, interferendo sul metabolismo e il trasporto dei lipidi; viene utilizzato in chiave antiperonosporica durante la fioritura in miscela con zoxamide;

- Fluazinam, appartiene alla famiglia chimica delle piridinammine e interviene a livello della respirazione mitocondriale, inibendola; possiede un'ottima affinità con le cere cuticolari e non si riscontrano sviluppi di ceppi resistenti nei suoi confronti.

In tutte le strategie sperimentate, si è tenuto conto di due importanti parametri che consentono di distinguere le modalità di azione dei diversi principi attivi in base alla capacità degli stessi di essere assorbiti dai tessuti vegetali; in particolare si è tenuto conto del coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua a pH 7 e 20°C, che fornisce informazioni sulla capacità dei fungicidi di legarsi alle cere delle cuticole vegetali, e della solubilità in acqua a 20°C, indicativa per quanto riguarda la capacità dei fungicidi di essere assorbiti dai tessuti vegetali e traslocati all'interno del sistema linfatico (Tabella 4).

Nella sperimentazione si è inteso valutare l'efficacia delle diverse linee di protezione antiperonosporica (Tabelle 5 e 6) nella logica del superamento del principio attivo mancozeb, prodotto molto utilizzato da solo o in miscela, che le autorità regolatorie italiane ed europee hanno recentemente escluso dall'utilizzo. In generale, le strategie adottate hanno previsto l'utilizzo nella prima fase, dall'inizio della vegetazione fino alla fioritura, di prodotti di copertura, in particolare prodotti rameici e a base di dithianon, in associazione a principi attivi dotati di azione citotropica-translaminare. Successivamente, in epoca pre e post fiorale, sono stati effettuati interventi con fenilammidi o oxathiapiprolin, mentre dalla fase di accrescimento degli acini, sono stati

privilegiati principi attivi dalla spiccata affinità con le cere, che garantiscono un'alta protezione per i grappoli. Infine, gli ultimi interventi sono stati effettuati con prodotti rameici (Tabella 7).

**Tabella 4** - Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua e solubilità delle sostanze attive utilizzate nella sperimentazione; i range per inquadrare le sostanze sono per il coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua: bassa <2,7; moderata 2,7-3; elevata >3 e per la solubilità: bassa <50; moderata 50-500; elevata >500.

Sostanza attiva	Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua	Solubilità
Solfato di rame	0,44	3,42
Poltiglia bordolese	0,44	2,2
Ossicloruro di rame	0,44	1,9
Idrossido di rame	0,44	0,506
Metalaxil-M	1,71	26.000
Benalaxil-M	3,67	33
Zoxamide	3,67	0,681
Fluazinam	4,03	0,135
Mancozeb	1,33	6,2
Metiram	1,76	2
Folpet	3,0	0,8
Dithianon	3,2	0,38
Mandipropamid	3,1	4,2
Cimoxanil	0,67	780
Fosetyl-Al	-2,1	110.000
Amisulbrom	4,4	0,11
Oxathipipronil	3,67	0,175
Laminarina	Non indicato	elevata

**Tabella 5** - Dettaglio dei prodotti utilizzati nella sperimentazione con il rispettivo principio attivo e dosaggio saggiato riferito all'ettaro.

<b>Formulati commer-</b>	<b>Sostanza attiva</b>	<b>Dose</b>
Airone extra	Cu idrossido 20% + Cu ossicloruro 10%	1,5 Kg/ha
Aletil DF	Fosetil Al 80%	2 Kg/ha
Ampexio	Mandipropamid 25 g + zoxamide 25 g	0,5 Kg/ha
Banjo	Fluazinam 500g/L	1 L/ha
BAS 657	Fosfonato di potassio 51g + ametoctradina 200g/L	4,2 L/ha
Carson 45 WG	Cimoxanil 450g	0,27 Kg/ha
Century SL	Fosfonato di potassio 51g	2 L/ha
Coprantol Hi Bio	Ossicloruro di rame 20%	2,5 Kg/ha
Coprantol Trio	Rame tribasico 12%	4,5 L/ha
Delan pro	Fosfonato di potassio 40g + dithianon 9g	3 L/ha
Delan SC	Dithianon 41g	1 L/ha
Electis R Flow	Zoxamide 40 g/L + rame tribasico 266 g/L	3 L/ha
Enervin SC	Ametoctradina 200g/L	1,5 L/ha
Extase R	Mandipropamid 25g+ rame metallo 139,5g	5 Kg/ha
Fantic F WG	Benalaxil-M 3,75% + folpet 48%	2 Kg/ha
Folpan 80 WDG	Folpet 800g	1,5 Kg/ha
Folpan gold	Metalaxil-m 48,5g + folpet 400g	2 Kg/ha
Genkotsu	Amisulbrom 200g/L	0,375 L/ha
Kauritil	Ossicloruro di rame 40g	1-3 Kg/ha
LBG42FFm	Folpet 300g + fosfito di potassio 672g	4 L/ha
Leimay	Amisulbrom 200g/L	0,375 L/ha
Lieto SC	Cimoxanil 29,4% + zoxamide 27,6%	4,5 L/ha
Mexiram hi Bio	Idrossido di rame 220g	2,7 Kg/ha
Momentum	Fosetil Al 800g	2,5 Kg/ha
Orondis Forte	Oxathiapiprolin 100g/L + amisulbrom 200 g/L	0,575 L/ha
Penncozeb DG	Mancozeb 750g	2,5 Kg/ha
Pergado D	Mandipropamid 62,5 g/L + dithianon 250 g/L	1,5 L/ha
Pergado F	Mandipropamid 5% + folpet 40%	2,5 Kg/ha
Pergado R	Mandipropamid 2,5% + ossicloruro di rame 13,95%	4 Kg/ha
Poltiglia Disperss	Rame metallo 20%	2-6 Kg/ha
Polyram 70 DF	Metiram 700g	2,6 Kg/ha
Quartet	Fosfonato di sodio 36,5%	2,5 L/ha
Reboot	Zoxamide 33% + cimoxanil 33%	0,45Kg/ha
Ridomil gold MZ	Metalaxil-m 3,9g + mancozeb 64g	2,5 Kg/ha
Ridomil Gold R	Metalaxil-M 2% + ossicloruro di rame 14,19%	5 Kg/ha
Ridomil gold SL	Metalaxil-M 465g/L	0,2 L/ha
Sanvino	Folpet 500 + amisulbrom 50g	1,5 Kg/ha
Saviran Star	Benalaxil-m 3g + folpet 48g	2 Kg/ha
Thiopron	Zolfo 825g/L	2-12 L/ha
Vacciplant	Laminarina 45g/L	1,5-2 L/ha
Vitene Triplo R	Cimoxanil 2,85% + fosetil Al 30% + ossicloruro di rame 1,6%	4,5 Kg/ha
Zetaram Plus	Ossicloruro di rame 25,42%	1,6 L/ha
Zorvec Zelavin Bria	Oxathiapiprolin 10% + folpet 80%	0,2+1,25
Zorvec Zelavin Vel	Oxathiapiprolin 100g + zoxamide 240g	0,6 L/ha
Zoxium 240 SC	Zoxamide 240 g/L	0,75 L/ha

**Tabella 6 - Strategie (o tesi) adottate, posizionamento dei trattamenti e rispettiva fase fenologica (scala BBCH).**

<b>Tesi</b>	<b>Data</b>	<b>Formulati commerciali</b>	<b>Principi attivi</b>	<b>BBCH</b>
<b>1</b>	04/05	Pergado D	Mandipropamid + dithianon	15
	14/05-24/05	Ridomil Gold R + Quartet	Metalaxil-M + ossicloruro di rame + fosfonato di sodio	53-55
	03/06-15/06	Orondis Forte	Oxathiapiprolin + amisulbrom	57-63
	25/06-05/07	Ampexio	Mandipropamid + zoxamide	71-75
	15/07-22/07 29/07	Coprantol Trio	Rame tribasico	77
<b>2</b>	04/05-11/05	Polyram 70 DF	Metiram	15-53
	18/05	Vitene Triplo R	Cimoxanil + fosetil Al + ossicloruro di rame	55
	28/05	Lieto SC + Mikonos	Cimoxanil + zoxamide + fosfito K	57
	07/06-19/06	Zorvec Zelavin Vel	Oxathiapiprolin + zoxamide	61-63
	01/07	Vitene Triplo R	Cimoxanil + fosetil Al + ossicloruro di rame	71
	11/07-18/07	Zetaram Plus	Ossicloruro di rame	75-77
<b>3</b>	04/05-11/05	Coprantol Hi Bio	Ossicloruro di rame	15-53
	18/05	Pergado D	Mandiprodamid + dithianon	55
	28/05-07/06- 15/06	Ridomil Gold R	Metalaxil-M + ossicloruro di rame	57-61 63
	23/06	Ampexio	Mandipropamid + zoxamide	71
	01/07	Pergado F	Mandipropamid + folpet	73
	09/07	Pergado R	Mandipropamid + ossicloruro di rame	75
<b>4</b>	04/05-11/05	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	15-53
	18/05	Reboot + Aletil DF	Zoxamide + cimoxanil + fosetil Al	55
	28/05	Fantic F WG + Aletil DF	Benalaxil-M + folpet + fosetil Al	57
	07/06-15/06	Zoxium 240 SC + Aletil DF	Zoxamide + fosetil Al	61-63
	23/06	Fantic F WG	Benalaxil-M + folpet	71
	01/07	Electis R Flow	Zoxamide + rame tribasico	73
	09/07	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	75

<b>Tesi</b>	<b>Data</b>	<b>Formulati commerciali</b>	<b>Principi attivi</b>	<b>BBCH</b>
<b>5</b>	04/05-11/05	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	15-53
	18/05	Fantic F WG + Aletil DF	Benalaxil-M + folpet + fosetyl Al	55
	28/05	Reboot + Aletil DF	Zoxamide + cimoxanil + fosetyl Al	57
	07/06-15/06	Zoxium 240 SC + Aletil DF	Zoxamide + fosetyl Al	61-63
	23/06	Fantic F WG	Benalaxil-M + folpet	71
	01/07	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	73
	09/07	Airone extra	Cu idrossido + Cu ossicloruro	75
<b>6</b>	04/05-11/05 18/05-28/05	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	15-53 55-57
	07/06-15/06	Zoxium 240 SC + Aletil DF	Zoxamide + fosetyl Al	61-63
	23/06	Fantic F WG	Benalaxil-M + folpet	71
	01/07	Electis R Flow	Zoxamide + rame tribasico	73
	09/07	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	75
<b>7</b>	04/05-11/05 18/05-28/05	Penncozeb DG	Mancozeb	15-53 55-57
	07/06-15/06	Zoxium 240 SC + Aletil DF	Zoxamide + fosetyl Al	61-63
	23/06	Fantic F WG	Benalaxil-M + folpet	71
	01/07	Electis R Flow	Zoxamide + rame tribasico	73
	09/07	Genkotsu + Airone extra	Amisulbrom + Cu idrossido + Cu ossicloruro	75
<b>8</b>	11/05-20/05	Delan SC	Dithianon	53-55
	28/05-05/06	Saviran Star + Century SL	Benalaxil-m + folpet + fosfonato di potassio	57-61
	13/06-21/06	Delan pro	Fosfonato di potassio + dithianon	63-71
	29/06-07/07	BAS 657	Fosfonato di potassio + ametotradina	73-75
	15/07-23/07	Kauritil	Ossicloruro di rame	77



<b>Tesi</b>	<b>Data</b>	<b>Formulati commerciali</b>	<b>Principi attivi</b>	<b>BBCH</b>
<b>9</b>	11/05	Delan SC	Dithianon	53
	20/05	Delan pro	Fosfonato di potassio + dithianon	55
	28/05	Saviran Star + Century SL	Benalaxil-m + folpet + fosfonato di potassio	57
	05/06	Delan pro	Fosfonato di potassio + dithianon	61
	13/06	Saviran Star + Century SL	Benalaxil-m + folpet + fosfonato di potassio	63
	21/06	Delan pro	Fosfonato di potassio + dithianon	71
	29/06-07/07	BAS 657	Fosfonato di potassio + ametoctradina	73-75
	15/07-23/07	Kauritil	Ossicloruro di rame	77
<b>10</b>	11/05-20/05	Folpan 80 WDG	Folpet	53-55
	28/05-05/06	Pergado F	Mandipropamid + folpet	57-61
	13/06-21/06	Zorvec Zelavin Bria	Oxathiapiprolin + folpet	63-71
	29/06-07/07	Ampexio	Mandipropamid + zoxamide	73-75
	15/07-23/07	Kauritil	Ossicloruro di rame	77
<b>11</b>	04/05	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	15
	11/05	Mexiram hi Bio + Carson 45 WG	Idrossido di rame + cimoxanil	53
	18/05	Carson 45 WG + Folpan 80 WDG	Cimoxanil + folpet	55
	28/05-07/06	Folpan gold	Metalaxil-M + folpet	57-61
	17/06-27/06	Sanvino	Folpet + amisulbrom	63-73
	07/07-14/07	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	75-77
	<b>12</b>	04/05	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame
11/05		Mexiram hi Bio + Carson 45 WG	Idrossido di rame + cimoxanil	53
18/05		Carson 45 WG + Penncozeb DG	Cimoxanil + mancozeb	55
28/05-07/06		Ridomil gold MZ	Metalaxil-M + mancozeb	57-61
17/06-27/06		Penncozeb DG + Leimay	Mancozeb + amisulbrom	63-73
07/07-14/07		Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	75-77

<b>Tesi</b>	<b>Data</b>	<b>Formulati commerciali</b>	<b>Principi attivi</b>	<b>BBCH</b>
<b>13</b>	04/05	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	15
	11/05	Mexiram hi Bio + Carson 45 WG	Idrossido di rame + cimoxanil	53
	18/05	Carson 45 WG + Polyram 70 DF	Cimoxanil + metiram	55
	28/05-07/06	Polyram 70 DF + Ridomil gold SL	Metiram + metalaxil-M	57-61
	17/06-27/06	Polyram 70 DF + Leimay	Metiram + amisulbrom	63-73
	07/07-14/07	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	75-77
<b>14</b>	04/05	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	15
	11/05	Mexiram hi Bio + Carson 45 WG	Idrossido di rame + cimoxanil	53
	18/05	Carson 45 WG + Delan SC	Cimoxanil + dithianon	55
	28/05-07/06	Ridomil gold SL + Delan SC	Metalaxil-M + dithianon	57-61
	17/06-27/06	Delan SC + Leimay	Dithianon + amisulbrom	63-73
	07/07-14/07	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	75-77
<b>15</b>	04/05	Mexiram hi Bio	Idrossido di rame	15
	11/05	Carson 45 WG + Folpan 80 WDG	Cimoxanil + folpet	53
	18/05-28/05 07-06	Folpan gold	Metalaxil-m + folpet	55-57 61
	17/06	Sanvino	Folpet + amisulbrom	63
	27/06	Banjo	Fluazinam	73
	07/07-14/07	Extase R	Mandipropamid + ossicloruro di rame	75-77
<b>16</b>	04/05	PT160	Rame + alghe	15
	11/05	PT160 + Folpan	Rame + alghe + folpet	53
	18/05-28/05	LBG42FFm	Folpet + fosfito di potassio	55-57
	07/06-17/06	Folpan gold	Metalaxil-m + folpet	61-63
	27/06	Banjo	Fluazinam	73
	07/07	Extase R	Mandipropamid + ossicloruro di rame	75
	14/07	PT160	Rame + alghe	77

<b>Tesi</b>	<b>Data</b>	<b>Formulati commerciali</b>	<b>Principi attivi</b>	<b>BBCH</b>
<b>17</b>	04/05-11/05	Poltiglia Disperss + Thiopron	Rame metallo + zolfo	15-53
	18/05-25/05			55-57
	01/06-08/06			61-63
	15/06-22/06			71-73
	29/06-06/07			75
<b>18</b>	04/05-11/05	Poltiglia Disperss + Thiopron	Rame metallo + zolfo	15-53
	18/05-25/05			55
	01/06-08/06	Poltiglia Disperss + Thiopron + Vacciplant	Rame metallo + zolfo + laminarina	57-61
	15/06-22/06			63-71
	29/06-06/07	Poltiglia Disperss + Thiopron	Rame metallo + zolfo	73-75

**Tabella 7** - Scala fenologica BBCH utilizzata per identificare le fasi fenologiche della vite.

<b>Codice BBCH</b>	<b>Fase fenologica</b>
16	6° foglia sviluppata
53	Infiorescenze sviluppate
55	Ingrossamento delle infiorescenze
57	Infiorescenze completamente sviluppate
61	Inizio fioritura
63	30% cappucci fiorali caduti
71	Inizio ingrossamento acini
73	Ingrossamento acini
75	Acini al 50% della grandezza definitiva
77	Inizio chiusura grappolo

#### **4.3. VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI**

Dalla manifestazione diffusa della malattia sul testimone non trattato, l'evoluzione dell'epidemia è stata seguita costantemente e nel rilievo effettuato in data 27 giugno, sono state prese in considerazione sia le condizioni delle foglie, esaminandone 100 per singola parcella, che quelle dei grappoli, esaminandone 50 per singola parcella. In entrambi i casi, si sono determinate le percentuali riguardanti la diffusione della malattia,

come percentuale di foglie e di grappoli colpiti, e l'intensità dell'attacco, calcolata come percentuale di superficie fogliare colpita e di acini colpiti per grappolo, adottando una scala empirica suddivisa in classi (tabella 8) e ricorrendo all'applicazione dell'indice di Townsend-Heuberger, utile per la classificazione degli organi osservati in maniera opportuna e a seconda del tipo di danno, coltura e condizioni, la cui formula è:

$$\left( \frac{\sum_0^i m \cdot v}{i \cdot N} \right) \cdot 100$$

dove:

m: numero di organi osservati nella classe di riferimento

v: Valore assegnato alla classe

i: Valore massimo della classe

N: Numero totale di organi osservati

Si è, inoltre, calcolata l'efficacia delle singole strategie adottate rispetto al test non trattato, questa volta seguendo l'indice di Abbott, usato in prove con trattamenti preventivi quando non è possibile rilevare la popolazione prima del trattamento oppure quando la popolazione iniziale viene considerata omogenea e di conseguenza non viene considerata, con la seguente formula:

$$\left( \frac{C_a - T_a}{C_a} \right) \cdot 100$$

dove:

C<sub>a</sub>: Popolazione del patogeno dopo il trattamento nel testimone

T<sub>a</sub>: Popolazione del patogeno dopo il trattamento nella tesi

Tutti i dati estrapolati dal rilievo e riportati nelle tabelle e nei grafici sono stati sottoposti alla analisi della varianza (ANOVA) e le medie separate con il test di Tukey per  $P \leq 0,05$ .

**Tabella 8** - Classi empiriche adottate per classificare gli organi osservati nel rilievo.

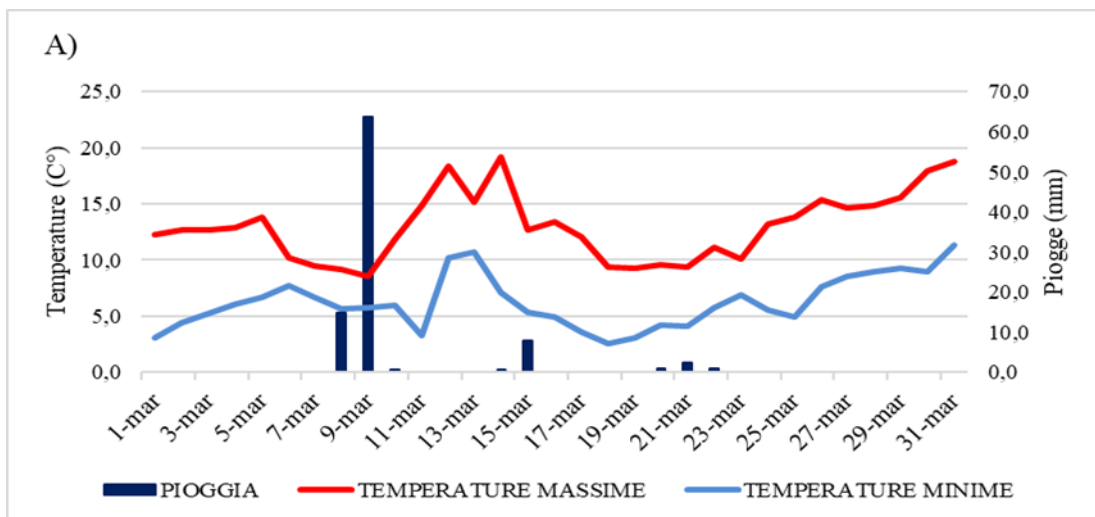
<b>Classe</b>	<b>Superficie infetta</b>
classe 0	assenza di sintomi
classe 1	0,1-2,5%
classe 2	2,6-5%
classe 3	5,1-10%
classe 4	10,1-25%
classe 5	25,1-50%
classe 6	50,1-75%
classe 7	oltre 75%

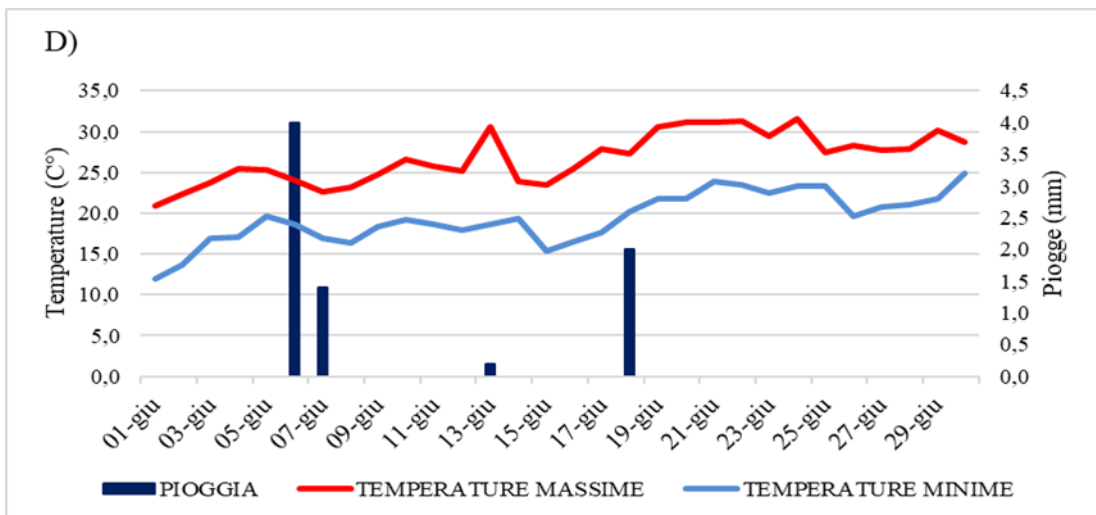
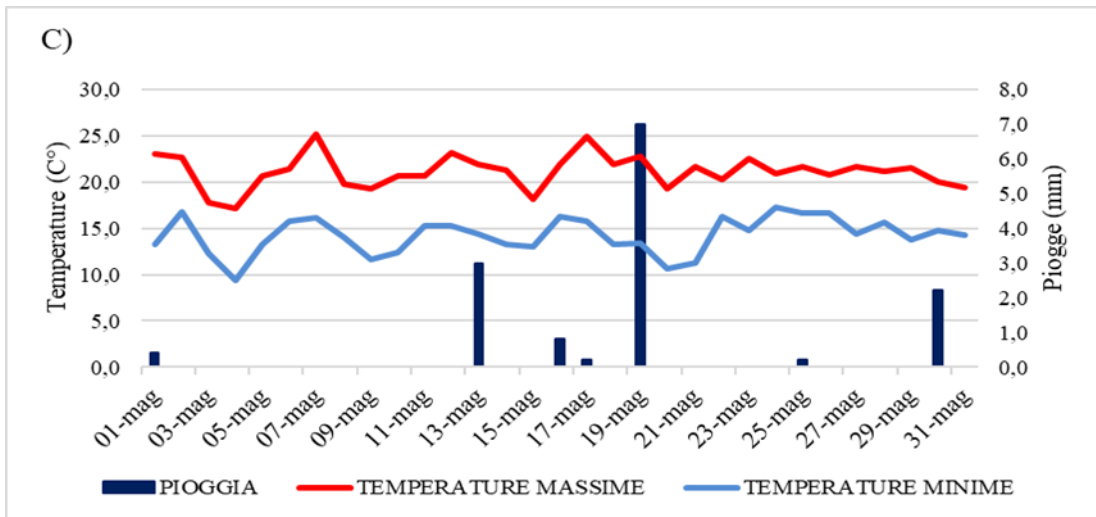
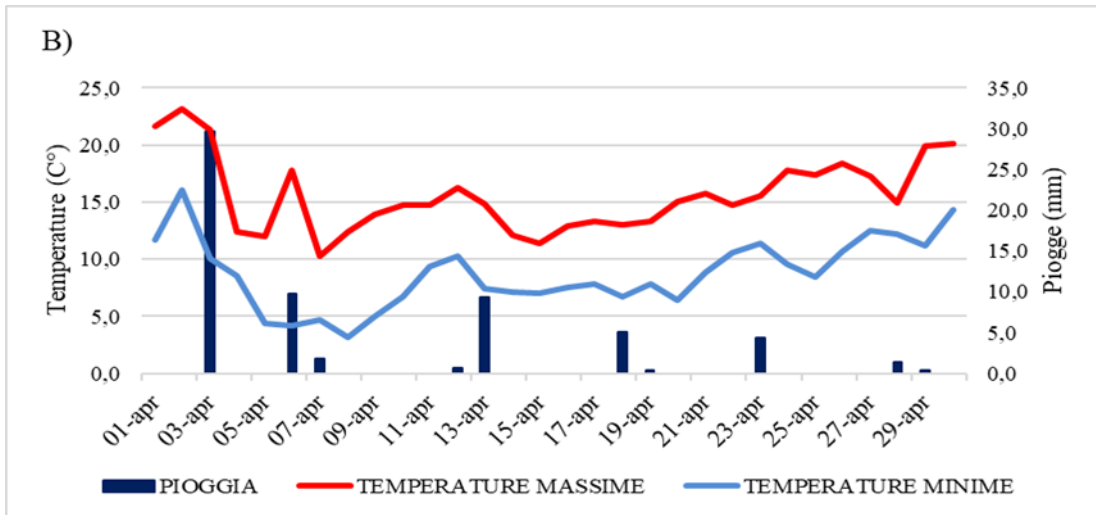
#### **4.4. ANDAMENTO METEREOLÓGICO**

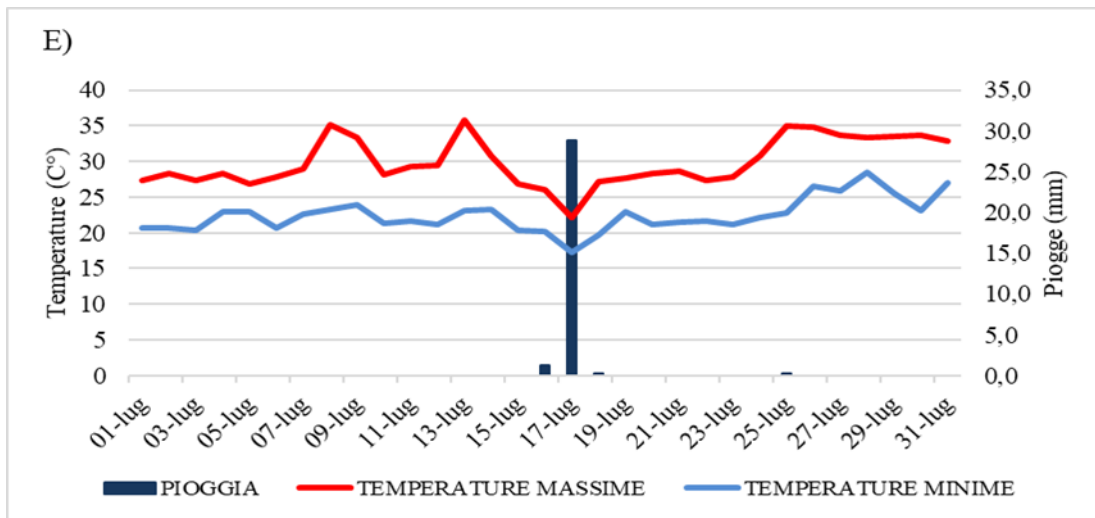
I dati relativi alle condizioni ambientali nel sito sperimentale, riguardanti precipitazioni, temperature massime e temperature minime registrati da gennaio 2021 fino al luglio dello stesso anno, sono stati forniti dalla stazione meteorologica di Colle Marino, installata a Pescara, la più vicina in linea d'aria con il campo oggetto di sperimentazione, e raccolti dall'Aeronautica Militare italiana.

## 5. RISULTATI

Durante il periodo primaverile non si sono registrati fenomeni piovosi di notevole portata, fatta eccezione per il 3 aprile in cui sono caduti circa 30mm di pioggia, unico giorno dove i millimetri di pioggia hanno superato la doppia cifra; per quanto riguarda le temperature, sono state osservate temperature nella media, con un insolito picco della temperatura sia massima che minima ad inizio mese, rispettivamente 23,2°C e 16,1°C registrati il 2 aprile. Durante il mese di maggio non si sono verificate piogge degne di nota, con un record di 7mm il 19 maggio, mentre da un punto di vista delle temperature, il mese è trascorso nella media. Infine, i mesi estivi presi in considerazione sono stati molto caldi e siccitosi, con temperature massime oltre i 30°C registrate in più di un'occasione; l'unico episodio da sottolineare riguarda il 17 luglio, giorno in cui sono caduti 28,8mm di pioggia e le temperature hanno registrato un brusco calo, scendendo ben al di sotto delle medie stagionali (Figura 13).







**Figura 13** – Dati raccolti dall’Aeronautica Militare italiana relativi alle piogge e alle temperature massime e minime nei mesi di: A) marzo, B) aprile, C) maggio, D) giugno ed E) luglio, registrati dalla stazione meteorologica prossima al vigneto sperimentale di Colle Marino, Pescara.

Le particolari condizioni climatiche verificatesi nel 2021, scarse precipitazioni ed alte temperature, hanno reso molto basso il rischio epidemico per tutto il periodo di massima sensibilità alla malattia sia per quanto riguarda le foglie che i grappoli.

Probabilmente il motivo è da ricercare soprattutto nelle scarse precipitazioni verificatesi tra la fine dell’inverno e l’inizio della primavera, in particolare nel periodo di germogliamento della vite, che non hanno consentito la maturazione delle oospore, condizione indispensabile per l’avvio dei successivi processi infettivi; infatti, in presenza di vegetazione recettiva e di adeguata temperatura, le eventuali precipitazioni favoriscono l’avvio delle infezioni primarie.

Le pur non elevate precipitazioni nei mesi di aprile e maggio sono servite per la maturazione delle oospore, tant’è che le infezioni primarie sia sui grappoli che sulle foglie si sono verificate solo a partire dalla metà di giugno, a seguito delle



precipitazioni verificatesi tra il 5 e il 7 del mese; è stato effettuato un solo rilievo il 27 giugno, i cui dati vengono riportati in Tabella 9. Successivamente, le condizioni di elevate temperature e di totale assenza di precipitazioni verificatesi dal 20 giugno alla metà di luglio, hanno completamente bloccato l'evoluzione della malattia, di fatto non rendendo necessario effettuare un secondo rilievo.

**Tabella 9** - Dati ottenuti dal rilievo del 27/06/2021, inerenti le singole ripetizioni.

TESI	REPLICA	GRAPPOLI		FOGLIE	
		Diffusione %	Intensità %	Diffusione %	Intensità %
TESI 1	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00
TESI 2	1	2,00	3,20	3,50	8,50
	2	2,50	4,00	2,00	4,00
	3	1,00	0,50	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	5,00	3,50
TESI 3	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00
TESI 4	1	6,00	3,20	5,00	5,00
	2	10,00	4,00	10,00	15,50
	3	2,00	1,50	12,00	10,00
	4	4,00	3,00	7,00	8,60
TESI 5	1	2,00	2,40	12,00	15,00
	2	0,00	0,00	15,00	20,50
	3	3,00	4,50	5,00	8,50
	4	1,00	1,50	8,00	10,00
TESI 6	1	0,00	0,00	15,00	20,50
	2	0,00	0,00	20,00	32,00
	3	0,00	0,00	10,00	15,00
	4	0,00	0,00	8,00	10,00
TESI 7	1	3,00	4,50	12,00	11,00
	2	2,00	2,00	10,00	9,80
	3	4,00	3,50	15,00	18,00
	4	1,00	1,00	18,00	25,50
TESI 8	1	5,00	5,50	0,00	0,00
	2	3,00	3,00	3,50	8,50
	3	3,50	4,50	2,50	2,00
	4	6,00	8,60	1,00	2,50

TESI	REPLICA	GRAPPOLI		FOGLIE	
		Diffusione %	Intensità %	Diffusione %	Intensità %
TESI 9	1	4,00	9,60	0,00	0,00
	2	5,00	8,20	2,50	3,50
	3	2,00	3,00	0,00	0,00
	4	7,00	9,00	1,50	2,00
TESI 10	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	1,50	3,50
	4	0,00	0,00	1,00	5,50
TESI 11	1	2,00	3,50	5,00	6,00
	2	0,00	0,00	8,00	9,50
	3	3,00	4,80	3,00	4,00
	4	4,00	5,60	2,00	2,50
TESI 12	1	6,00	5,50	2,00	5,00
	2	8,00	14,00	3,50	6,00
	3	3,00	6,00	3,00	2,50
	4	5,50	8,20	2,50	2,50
TESI 13	1	2,00	2,50	8,00	9,00
	2	4,00	3,20	12,00	15,50
	3	0,00	0,00	10,00	13,50
	4	1,00	0,50	12,50	18,00
TESI 14	1	1,00	2,00	5,00	7,00
	2	2,00	3,50	3,00	5,50
	3	0,00	0,00	11,00	10,50
	4	0,00	0,00	4,50	9,80
TESI 15	1	0,00	0,00	1,50	1,50
	2	2,00	1,50	0,00	0,00
	3	1,00	0,50	2,00	3,00
	4	0,00	0,00	2,00	2,00
TESI 16	1	2,00	3,20	0,00	0,00
	2	3,00	4,00	0,00	0,00
	3	2,50	3,50	2,50	3,00
	4	4,00	6,00	1,50	1,50
TESI 17	1	14,00	10,80	15,50	12,50
	2	8,00	6,00	18,00	15,00
	3	12,00	9,50	20,00	20,00
	4	9,00	8,50	23,00	36,00
TESI 18	1	10,00	12,50	10,00	3,50
	2	6,00	6,50	8,00	2,50
	3	4,00	4,80	7,00	4,00
	4	3,00	3,50	11,00	9,50
TESI 19 (TESTIMONE)	1	20,00	15,00	66,00	38,00
	2	38,00	29,50	58,00	35,00
	3	25,00	18,00	42,00	36,00
	4	16,00	10,80	60,00	42,50

## 5.1. VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI SU FOGLIE

Riguardo alle infezioni fogliari, sul testimone non trattato la percentuale di diffusione è risultata essere del 56,5% che, pur non essendo elevata, ha consentito di rendere, dal punto di vista statistico, la prova significativa rispetto alle tesi trattate. In generale, tutte le tesi hanno consentito di ridurre significativamente le infezioni, sebbene tra esse si siano verificate differenze statistiche significative.

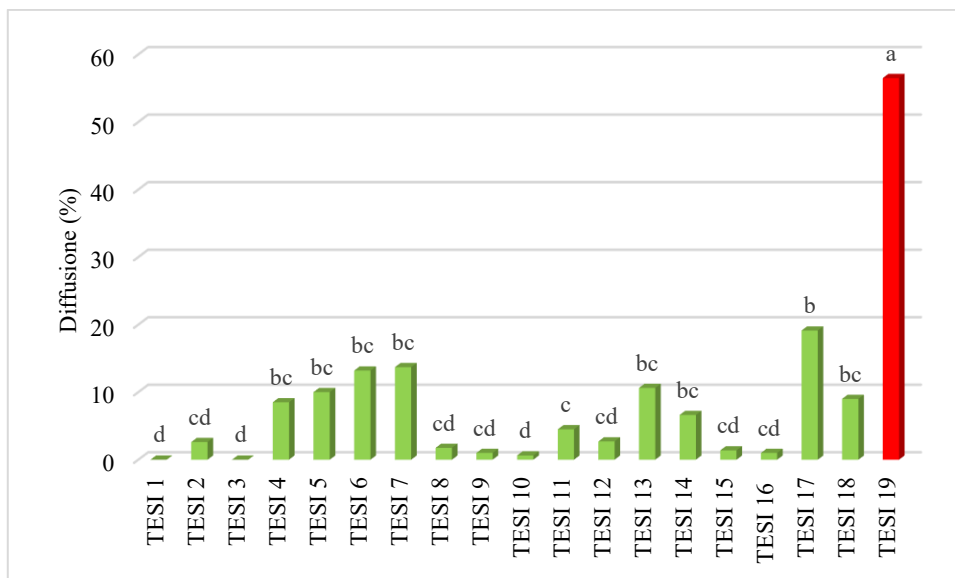
In particolare, ottimi risultati, con una protezione pari al 100%, si sono ottenuti nelle tesi nelle quali si sono succeduti interventi con mandipropamid in associazione al di-thianon e interventi a cavallo della fioritura con fenilammidi e oxathiapiprolin; buoni risultati sono stati registrati anche nelle tesi con utilizzo ripetuto di folpet, le cui caratteristiche antiperonosporiche di tipo preventivo sono note. Inoltre, si sottolinea una sostanziale differenza nelle infezioni registrate nella tesi numero 17, nella quale si sono effettuati interventi ripetuti solo con sali di rame (diffusione pari al 19,12%), a confronto con la tesi numero 18, nella quale ai sali di rame si è associata la laminarina (diffusione pari al 9%) (Tabella 10; Figura 14). Si evidenzia come l'utilizzo di questa sostanza, caratterizzata da un elevato livello di ecocompatibilità, consenta di migliorare in maniera determinante l'efficacia dei sali di rame, consentendo peraltro a quest'ultimo di rimanere, in termini di sostanza attiva distribuita, entro i limiti consentiti dalla normativa fitosanitaria, fissata a 4kg in media per ettaro e per anno.

Complessivamente, i dati ottenuti dalla sperimentazione evidenziano una buona attività nei riguardi della diffusione su foglie, con un grado di azione riguardante variabile tra il 100% e il 66% nella tesi in cui si è utilizzato il solo rame (Figura 15). Risultati analoghi sono stati evidenziati nell'intensità di attacco, che ha riportato il 38,7% sulle

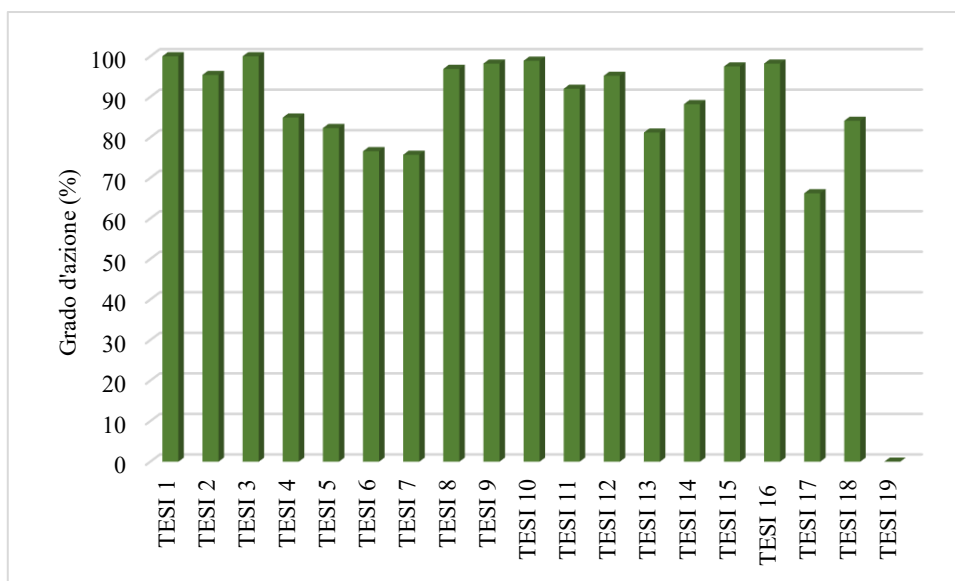
foglie e valori compresi tra lo 0 e il 20,87% registrato sempre nella tesi con soli prodotti rameici (Figure 16 e 17).

**Tabella 10** – Risultati ottenuti dall’analisi dei dati del rilievo del 27 giugno su foglie, sia per la diffusione che per l’intensità e relativo grado d’azione delle strategie saggiate. I dati sono riportati come valore medio per ogni tesi e sono stati sottoposti ad analisi statistica: valori seguiti dalla stessa lettera non differiscono significativamente tra di loro secondo il test di Tukey con  $P \leq 0,05$ .

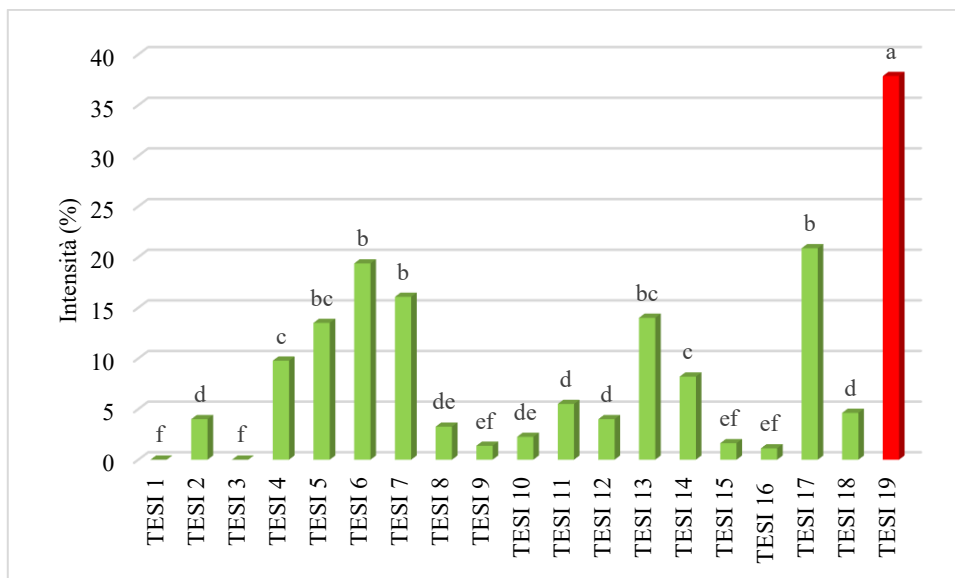
TESI	FOGLIE			
	Diffusione (%)	Grado di azione (%)	Intensità (%)	Grado di azione (%)
TESI 1	0,00 d	100,00	0,00 f	100,00
TESI 2	2,62 cd	95,40	4,00 d	89,40
TESI 3	0,00 d	100,00	0,00 f	100,00
TESI 4	8,50 bc	84,90	9,77 c	74,20
TESI 5	10,00 bc	82,30	13,50 bc	64,30
TESI 6	13,20 bc	76,60	19,37 b	37,30
TESI 7	13,70 bc	75,70	16,07 b	57,60
TESI 8	1,75 cd	96,90	3,25 de	91,40
TESI 9	1,00 cd	98,20	1,37 ef	96,30
TESI 10	0,62 d	98,90	2,25 de	94,00
TESI 11	4,50 c	92,00	5,50 d	85,40
TESI 12	2,70 cd	95,20	4,00 d	89,40
TESI 13	10,62 bc	81,20	14,00 bc	63,00
TESI 14	6,62 bc	88,20	8,20 c	78,30
TESI 15	1,37 cd	97,50	1,62 ef	95,70
TESI 16	1,00 cd	98,20	1,12 ef	97,40
TESI 17	19,12 b	66,20	20,87 b	44,90
TESI 18	9,00 bc	84,10	4,62 d	87,80
TESI 19	56,50 a	----	37,87 a	---



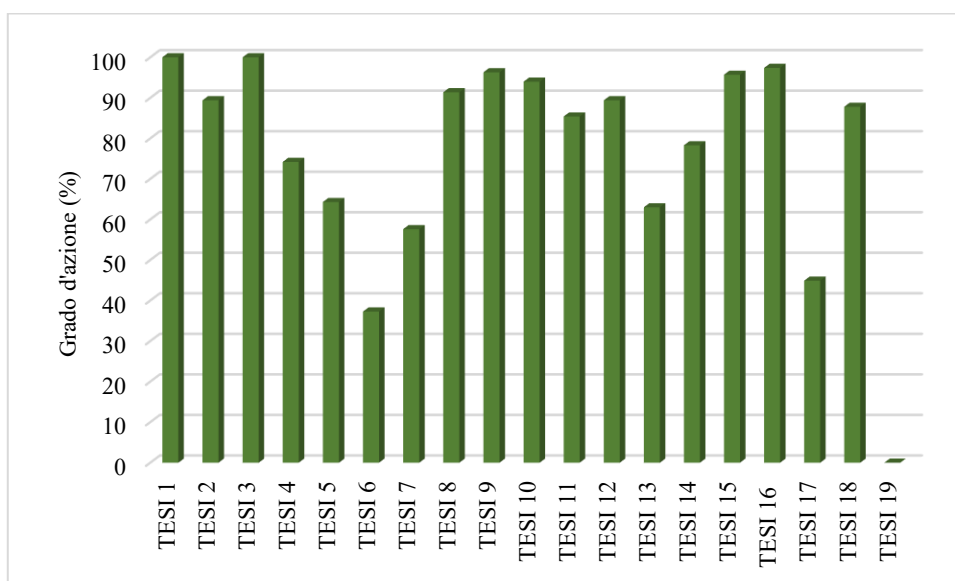
**Figura 14** – Diffusione (%) della peronospora su foglie di Montepulciano d’Abruzzo per ogni strategia saggiata; rilievo condotto presso il vigneto sito in Pianella (PE) il giorno 27 giugno 2021. Gli istogrammi seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente diversi secondo il test di Tukey  $P \leq 0,05$ .



**Figura 15** - Grafico raffigurante il grado di azione in percentuale delle strategie saggiate per quanto riguarda la diffusione della malattia.



**Figura 16** - Intensità (%) della peronospora su foglie di Montepulciano d'Abruzzo per ogni strategia saggata; rilievo condotto presso il vigneto sito in Pianella (PE) il giorno 27 giugno 2021. Gli istogrammi seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente diversi secondo il test di Tukey  $P \leq 0,05$ .



**Figura 17** - Grafico raffigurante il grado di azione in percentuale delle strategie saggate per quanto riguarda l'intensità della malattia.

## **5.2. VALUTAZIONE DELLE INFEZIONI SUI GRAPPOLI**

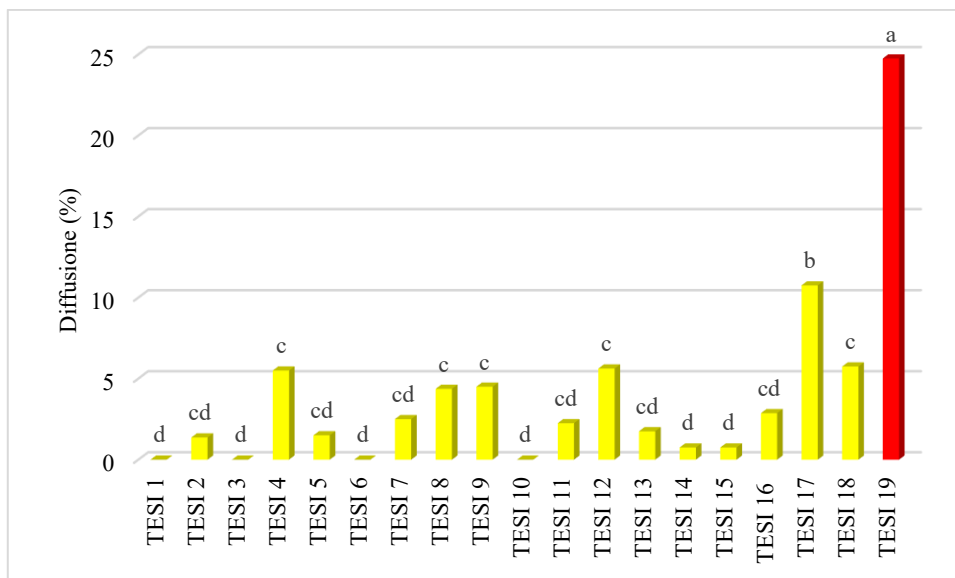
Per quanto riguarda i grappoli, il rilievo del 27 giugno ha evidenziato una percentuale di grappoli attaccati pari al 27,74% sul testimone non trattato, non particolarmente elevata ma tale da evidenziare significatività statistica (Figura 18); è stato confermato come l'utilizzo di principi attivi quali amisulbrom, zoxamide e mandipropamid consentano a partire dalla fase fenologica di fine fioritura e allegagione di garantire un elevato livello di controllo, grazie alle loro capacità di fissarsi sulle cere epicuticolari (Tabella 11).

Il grado di azione relativo alla diffusione in tutte le tesi è stato molto elevato, tanto che tutte le strategie saggiate hanno ridotto in maniera statisticamente significativa la malattia rispetto al non trattato, con valori di riduzione compresi tra il 100% e il 56,6% (Figura 19). Quest'ultimo dato si riferisce come sempre alla tesi trattata con soli sali di rame, che notoriamente non garantiscono da soli un soddisfacente livello di controllo nei confronti degli acini; in tal senso, si sottolinea come l'aggiunta della lamina-rina consenta di incrementare significativamente il controllo dei grappoli, passando dal 56,6% al 76,7% per quanto riguarda il grado d'azione (Figure 20 e 21).

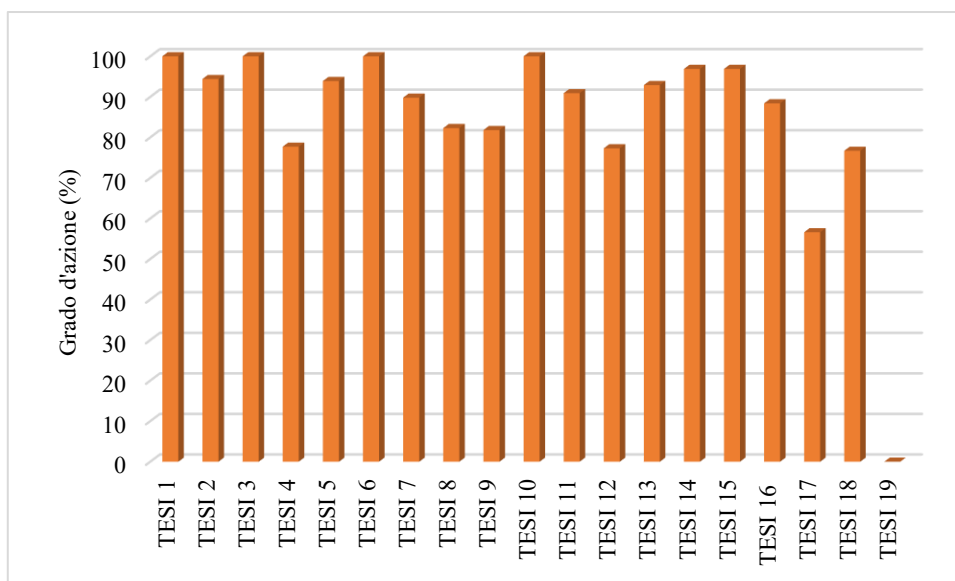
**Tabella 11** - Risultati ottenuti dall'analisi dei dati del rilievo del 27 giugno su grappoli sia per la diffusione che per l'intensità e relativo grado d'azione delle strategie saggiate. I dati sono riportati come valore medio per ogni tesi e sono stati sottoposti ad analisi statistica: valori seguiti dalla stessa lettera non differiscono significativamente tra di loro secondo il test di Tukey con  $P \leq 0,05$ .

TESI	GRAPPOLI			
	Diffusione (%)	Grado di azione (%)	Intensità (%)	Grado di azione (%)
<b>TESI 1</b>	0,00 d	100,00	0,00 d	100,00
<b>TESI 2</b>	1,37 cd	94,40	1,92 cd	89,50
<b>TESI 3</b>	0,00 d	100,00	0,00 d	100,00
<b>TESI 4</b>	5,50 c	77,70	2,92 cd	84,00
<b>TESI 5</b>	1,50 cd	93,90	2,10 cd	88,50
<b>TESI 6</b>	0,00 d	100,00	0,00 d	100,00
<b>TESI 7</b>	2,50 cd	89,80	2,75 cd	84,90
<b>TESI 8</b>	4,37 c	82,30	5,40 b	70,50
<b>TESI 9</b>	4,50 c	81,80	7,45 b	59,30
<b>TESI 10</b>	0,00 d	100,00	0,00 d	100,00
<b>TESI 11</b>	2,25 cd	90,90	3,47 cd	81,00
<b>TESI 12</b>	5,62 c	77,30	8,42 b	54,00
<b>TESI 13</b>	1,75 cd	92,90	1,55 cd	91,50
<b>TESI 14</b>	0,75 d	96,90	1,37 cd	92,50
<b>TESI 15</b>	0,75 d	96,90	0,50 d	97,20
<b>TESI 16</b>	2,87 cd	88,40	4,17 cd	77,20
<b>TESI 17</b>	10,75 b	56,60	8,70 b	52,50
<b>TESI 18</b>	5,75 c	76,70	6,82 b	62,70
<b>TESI 19</b>	24,75 a	----	18,32 a	----

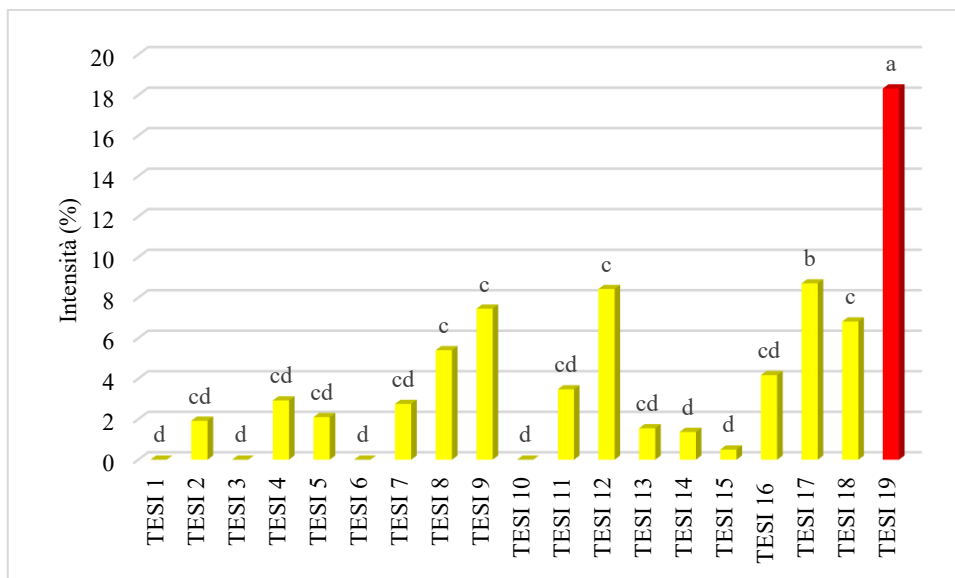




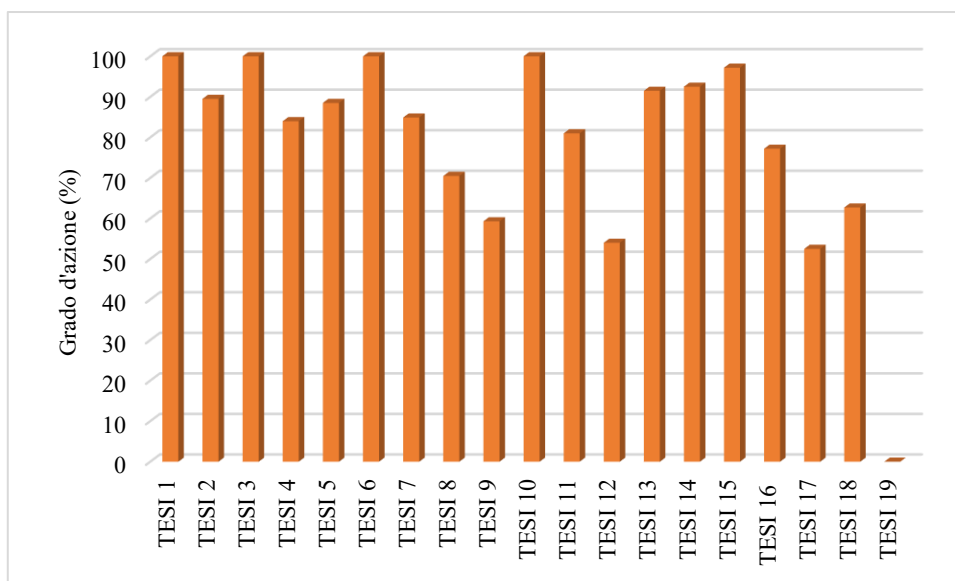
**Figura 18** - Diffusione (%) della peronospora su grappoli di Montepulciano d'Abruzzo per ogni strategia saggata; rilievo condotto presso il vigneto sito in Pianella (PE) il giorno 27 giugno 2021. Gli istogrammi seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente diversi secondo il test di Tukey  $P \leq 0,05$ .



**Figura 19** - Grafico raffigurante il grado di azione in percentuale delle strategie saggate per quanto riguarda la diffusione della malattia.



**Figura 20** – Intensità (%) della peronospora su grappoli di Montepulciano d’Abruzzo per ogni strategia saggata; rilievo condotto presso il vigneto sito in Pianella (PE) il giorno 27 giugno 2021. Gli istogrammi seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente diversi secondo il test di Tukey  $P \leq 0,05$ .



**Figura 21** - Grafico raffigurante il grado di azione in percentuale delle strategie saggate per quanto riguarda la diffusione della malattia.

## 6. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'Abruzzo, per ettoltri prodotti, è la quinta regione vinicola italiana con una produzione di oltre 3 milioni di ettoltri, di cui un terzo è rappresentato da vini a denominazione di origine, grazie alla grande vocazionalità del territorio, ai numerosi vitigni autoctoni ma anche all'esperienza e al grado di specializzazione raggiunto dai viticoltori in tutte le fasi del complesso ciclo produttivo. In questo contesto, la difesa fitosanitaria assume un ruolo determinante poiché numerose malattie possono causare gravi danni alle produzioni; tra queste, la peronospora della vite, causata dall'oomicete *P. viticola*, rappresenta una fra le più pericolose, sia pure con differenze di dannosità rilevanti fra le diverse aree viticole regionali, in relazione alle specificità pedoclimatiche nonché all'andamento meteorologico stagionale (Zanzotto *et al.*, 2012). Le infezioni sono favorite dalla disponibilità di acqua e da elevati livelli di umidità e di norma il maggiore rischio infettivo interessa le regioni settentrionali, in quanto generalmente più piovose. Nell'ultimo decennio anche nell'Italia centrale, in particolare in Abruzzo, la malattia ha mostrato significativi livelli di danno, determinando la necessità dell'adozione di puntuali e complesse strategie di protezione da parte dei viticoltori nel rispetto dei regolamenti vigenti sia in agricoltura integrata che biologica.

L'Unione Europea, nell'ambito del *Green Deal*, ha approntato due nuove strategie che coinvolgono direttamente il settore agricolo: la strategia "*Farm to Fork*" e la strategia sulla biodiversità, con obiettivi ambiziosi da conseguire entro il 2030, tra cui almeno il 25% dell'intera superficie agricola dell'UE coltivata biologicamente e la riduzione dell'uso dei pesticidi pericolosi del 50%.

Il mondo dell'agricoltura italiana ancor prima dell'applicazione del Piano di Azione Nazionale (PAN) sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, era impegnato, grazie alla ricerca e all'innovazione tecnologica, a trovare soluzioni che potessero conciliare attività e sostenibilità, soprattutto sulla spinta del processo europeo di revisione dell'assetto tossicologico delle sostanze attive e di riclassificazione dei prodotti fitosanitari, iniziato con la Direttiva 91/414/CEE e proseguito con il Regolamento CE 1107/2009, che hanno portato e, continuano a portare, alla revoca di numerose sostanze attive a causa del profilo tossicologico ed eco-tossicologico sfavorevole. Molte di esse hanno costituito per decenni i pilastri della difesa fitosanitaria nei vigneti, grazie al largo spettro d'azione ed alla modalità d'azione multisito nei confronti dei parassiti bersaglio, di facile autogestione e anche dal costo contenuto. Certamente la revoca di molecole storiche come il mancozeb o la limitazione dei prodotti cuprici (ad oggi alla base della protezione antiperonosporica) in generale, richiedono soluzioni alternative meno impattanti ma ugualmente efficaci, dal momento che, nel caso di malattie persistenti lungo tutto il ciclo vegetativo, come appunto la peronospora, si rendono necessari approcci di tipo cautelativo, che comportano l'esecuzione di una serie di trattamenti preventivi, con il rischio tuttavia di favorire l'insorgenza di popolazioni patogene resistenti nel caso di impiego esclusivo di fungicidi curativi (Toffolatti *et al.*, 2007, 2018; Aoki *et al.*, 2013).

L'immissione sul mercato e il lavoro di ricerca e sperimentazione di nuove sostanze attive, caratterizzate da meccanismi d'azione più selettivi e dal minor impatto tossicologico ed eco-tossicologico, rappresentano un primo tentativo di fornire valide alternative a quei principi attivi revocati o soggetti a restrizioni, che hanno obbligato gli agricoltori a rivedere le loro consolidate strategie di difesa e protezione, portandoli

all'utilizzo di sostanze fitosanitari eco-compatibili. Infatti, non è una novità la ricerca, soprattutto nell'ambito dell'agricoltura biologica, di molecole ad attività antiperonosporica alternative al rame, come a titolo esemplificativo i fosfiti e fosfonati, il bicarbonato di sodio e di potassio ed il chitosano (Romanazzi *et al.*, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021; Gutierrez-Gamboa *et al.*, 2019). Alcune sperimentazioni inerenti il chitosano hanno già fornito risultati promettenti tanto che è in corso una validazione, su scala commerciale, di strategie di protezione basate sull'utilizzo di tale biopolimero; aspetto molto importante visto che il metallo pesante, nonostante le comprovate basse possibilità da parte dei patogeni di sviluppare popolazioni resistenti, potrebbe presto scomparire dal mercato, pur rappresentando a tutt'oggi pressoché l'unica arma efficace ed ammessa in biologico.

É possibile affermare che l'ampia possibilità di scelta, ulteriormente accresciuta dalle molteplici combinazioni possibili fra i vari prodotti, abbia innalzato il livello di protezione ottenibile, facilitando anche la gestione dell'insorgenza di resistenze attraverso l'alternanza dei diversi meccanismi d'azione. I numerosi antiperonosporici arrivati in Italia alla fine del secolo scorso hanno modificato in maniera sostanziale il quadro tecnico della difesa, introducendo diffusamente la nuova tipologia comportamentale dei diversi principi attivi legati alla lipofilia (D'Ascenzo *et al.*, 2016) e alla capacità di penetrare nei tessuti vegetali; tale peculiarità ha consentito l'affermazione di scelte operative che consentono di impiegare principi attivi più idonei per la protezione dei grappoli o per la protezione dei tessuti vegetali in accrescimento nelle diverse fasi fenologiche della coltura.

L'elevata suscettibilità di *V. vinifera* alla malattia e la richiamata aggressività di *P. viticola*, verificata anche nella regione Abruzzo presumibilmente in relazione ai

cambiamenti climatici, all'innalzamento delle temperature medie e all'andamento del regime pluviometrico, comporta un approccio di tipo cautelativo della gestione delle infezioni primarie imperniato sull'uso mirato di trattamenti preventivi che tengano opportunamente conto delle necessarie riflessioni circa il possibile rischio infettivo (prevenzione ragionata) (D'Ascenzo e Brunelli, 2016); in questo contesto, l'adozione di modelli previsionali è sicuramente utile e vantaggiosa.

Nel 2021, nella regione Abruzzo è stata effettuata una sperimentazione di diverse strategie di difesa volte a contenere le infezioni di peronospora; pur non in presenza di un'annata particolarmente favorevole allo sviluppo della malattia, tra le diverse strategie adottate si sono verificate differenze statisticamente significative. In particolare, ottimi risultati, con una protezione sulle foglie pari al 100%, si sono ottenuti nelle tesi nelle quali si sono succeduti interventi con mandipropamid in associazione al dithianon, miscela che si conferma ottima sia per la protezione delle foglie in fase di germogliamento che dei grappoli in fase di allegagione (Borsa *et al.*, 2016) grazie anche alla persistenza del dithianon (Stocco *et al.*, 2014), e interventi a cavallo della fioritura con fenilammidi e oxathiapiprolin, molecola che interferisce nel metabolismo e nel trasporto dei lipidi nelle cellule degli oomiceti, portandole ad una morte precoce (Troisi *et al.*, 2018).

Buoni risultati sono stati registrati anche nelle tesi con utilizzo ripetuto di folpet, le cui caratteristiche antiperonosporiche di tipo preventivo sono note (Fagioli *et al.*, 2020). Inoltre, si evidenzia come l'utilizzo della laminarina, caratterizzata da un elevato livello di ecocompatibilità, aggiunta ai sali di rame, consenta di migliorare in maniera determinante l'efficacia di questi ultimi (Garde Cerdà *et al.*, 2017; Cavazza *et al.*, 2018; D'Arcangelo *et al.*, 2018), consentendo peraltro, in termini di sostanza

attiva distribuita, di rimanere entro i limiti stabiliti dalla normativa fitosanitaria, fissati in 4kg per ettaro e per anno (Sancassani *et al.*, 2006).

Per quanto concerne i rilievi su grappoli, è stato confermato come l'utilizzo di principi attivi quali amisulbrom, zoxamide, in particolare in combinazione con cimoxanil (Ponti *et al.*, 2016), e mandipropamid garantiscano, a partire dalla fase fenologica di fine fioritura e allegagione, un elevato livello di controllo grazie alle loro capacità di fissarsi sulle cere epicutcolari (D'Ascenzo *et al.*, 2012).

Alla luce dei riscontri ottenuti, appare evidente che, ai fini del contenimento della diffusione della peronospora della vite, la via da percorrere sia quella della prevenzione della stessa attraverso trattamenti mirati, come già evidenziato in precedenti analoghe sperimentazioni portate a termine con risultati comprovati. Inoltre, sperimentazioni come quella oggetto della presente tesi, validate su più annate con diversi livelli di diffusione ed intensità della malattia, potranno costituire ulteriori elementi utili per perfezionare e migliorare le strategie di prevenzione e contrasto del patogeno.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Abbott W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18, 265-267.
- Agrios G. N., 2004. Plant Pathology, 5th Edition. Elsevier Academic Press.
- Aoki Y., Hada Y., Suzuki S., 2013. Development of a multiplex allele-specific primer PCR assay for simultaneous detection of Qol and CAA fungicide resistance alleles in *Plasmopara viticola* population. *Pest Management Science* 69, 268-273.
- Aristofe O., Radoccia R., 2014. Territorio vino agricoltura in Abruzzo. ALTRALINEA edizioni, Firenze.
- Autori Vari, 2009. Peronospora della vite. Editore Vit.En., Calosso (AT).
- Banu N.A., Singh B., Copeland L., 2004. Influence of copper on soil microbial biomass and biodiversity in some NSW soils. *Australian Journal of Soil* 42, 1-6.
- Battilani P., 2016. Difesa sostenibile delle colture. Edizioni Edagricole, Milano.
- Belli G., 2007. Elementi di patologia vegetale. Piccin editore, Padova.
- Borsa P., Galeazzi M., Fagioli L., Crivelli L, Ronco D., 2016. Valutazione dell'efficacia di due nuovi formulati a base di mandipropamid (Ampexio® e Pergado®) per il controllo di *Plasmopara viticola*. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 205-212.
- Butturini A., Galassi T., 2014. Difesa fitosanitaria in produzione integrata. Edizioni Edagricole, Milano.
- Cavazza F., Preti M., Franceschelli F., Landi M., Montanari M., Antoniaci L., Bugiani R., 2018. Valutazione dell'attività antiperonosporica di diversi prodotti a



- basso impatto ambientale per il contenimento di *Plasmopara viticola* su vite in Emilia- Romagna. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 493-502.
- Cercone F., 2008. Storia della vite e del vino in Abruzzo. Casa Editrice Carabba, Lanciano (CH).
- Coelho F.C., Squitti R., Ventriglia M., Cerchiaro G., Daher J.P., Rocha J.G., Rongioletti M. Moonen A.C., 2020. Agricultural use of copper and its link to Alzheimer's disease. *Biomolecules* 10(6), 897.
- D'Arcangelo M.E.M., Valentini P., Puccioni S., 2018. Valutazione dell'efficacia di nuovi formulati nella difesa della vite contro la peronospora. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 503-511.
- D'Ascenzo D., Posenato G., Crivelli L., 2012. Inserimento di zoxamide in strategie antiperonosporiche. *L'Informatore Agrario* 12, 59-63.
- D'Ascenzo D., Brunelli A., 2016. Le regole per una corretta difesa contro la peronospora della vite. *L'Informatore Agrario* 44, 59-62.
- D'Ascenzo D., Crivelli L., Pandolfi A., Cotromino A., Alessandri S., 2016. Valutazione dell'attività di differenti miscele a base di zoxamide nel controllo della peronospora e dell'Alternaria della patata. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 273-280.
- EFSA Journal 2020, volume 18, issue 12, e05755.
- Fagioli L., Allegri A., Manucci F., Nardini E., Tamburini E., Casagrandi M., 2020. Valutazione dell'efficacia della miscela folpet + fosfonato di potassio nei confronti della peronospora della vite. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 143-148.

- Ferreira J., Du Toit M., Du Toit W.J., 2006. The effects of copper and high sugar concentrations on growth, fermentation efficiency and volatile acidity production of different commercial wine yeast strains. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 12, 50-56.
- Garde Cerdà T., Mancini V., Carrasco-Quiroz M., Servili A., Gutierrez-Gamboa G., Foglia R., Pérez-Àlvarez E.P., Romanazzi G., 2017. Chitosan and laminarin as alternatives to copper for *Plasmopara viticola* control: effects on grape amino acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 75, 7379-7386.
- Gutierrez-Gamboa G., Romanazzi G., Garde Cerdà T., Pérez-Àlvarez E.P., 2019. A review on the use of biostimulants in the vineyard for improved grape and wine quality: effects on prevention of grapevine diseases. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99, 1001-1009.
- Kamrin M. A., Pesticide Profiles Toxicity, Environmental Impact, and Fate. CRC Press.
- Lamberti F., Quacquarelli A., 1965. Osservazioni intorno all'influenza esercitata da alcuni anticrittogamici usati in viticoltura sull'andamento della fermentazione dei mosti. *Phytopatologia Mediterranea* 4, 77-84.
- Locci R., 1969. Direct observation by scanning electron microscopy of the invasion of grapevine leaf tissues by *Plasmopara viticola*. *Rivista di Patologia Vegetale* 5, 199-212.
- Maddalena G., Russo G., Toffolatti S.L., 2021. The study of germination dynamics of *Plasmopara viticola* oospores highlights the presence of phenotypic synchrony with the host. *Frontiers in Microbiology* 12, article 698586.

- Marenghi M., 2001. La vite e il rame. *VigneVini* 5, 29.
- Morrone M., Zanzotto A., Caffi T., Trevisiol F., 2012. Gestione dei trattamenti antiperonosporici mediante l'ausilio di un modello previsionale sulle infezioni primarie: due annate di sperimentazione nel trevigiano. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 393-399.
- Odoardi M., Pietrangeli F., 2017. L'Abruzzo della vite e del vino. Edizioni Menabò, Ortona (CH).
- Pertot I., Gobbin D., Dagostin S., Ferrari A., Gessler C., 2005. La peronospora della vite. *Centro SafeCrop, San Michele all'Adige (TN)*.
- Ponti D., Cristiani C., Lavezzaro S., Morando A., Posenato G., Crivelli L., Bigot G., D'Ascenzo D., Capella A., 2016. Esperienze con una formulazione di cimoxanil e zoxamide (lieto SC) per la difesa antiperonosporica della vite. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 231-240.
- Romanazzi G., Mancini V., Feliziani E., Bastianelli M., Servili A., Nardi S., Flamini L., 2014. Efficacia dei prodotti alternativi nella difesa antiperonosporica della vite. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 247-254.
- Romanazzi G., Mancini V., Feliziani E., Servili A., Endeshaw S., Neri D., 2016. Impact of alternative fungicides on grape downy mildew control and vine growth and development. *Plant Disease* 100, 1-10.
- Romanazzi G., Feliziani E., Sivakumar D., 2018. Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: eliciting, antimicrobial and film forming properties. *Frontiers in Microbiology*, 9:2745.

- Romanazzi G., Piancatelli S., Mancini V., Coppa D., 2020. Miscibilità di formulati a base di chitosano con agrofarmaci utilizzati in viticoltura biologica. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 167-172.
- Romanazzi G., Mancini V., Foglia R., Marcolini D., Kavari M., Piancatelli S. (2021). Use of chitosan and other natural compounds alone or in different strategies with copper hydroxide for control of grapevine downy mildew. *Plant Disease* 105, 3261-3268.
- Rossi V., Caffi T., Giosuè S., Bugiani R., 2008. A mechanist model simulating primary infections of downy mildew in grapevine. *Ecological Modelling* 212, 480-491.
- Sancassani G.P., Buccini M., Fremiot P., Rho G., Toffolatti S.L., Vercesi A., 2006; prove di efficacia antiperonosporica di prodotti a basso dosaggio di rame su vite. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 167-172.
- Sancassani G.P., 2017. Il ruolo del rame nella difesa fitosanitaria delle colture agrarie. *Vita in campagna* 4, 31-33.
- Stocco M., Malossini G., Benvenuto L., Masotti M., 2014. Valutazione dell'efficacia di fungicidi di copertura e di alcune linee di difesa della peronospora della vite in Friuli-Venezia-Giulia. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 223-230.
- Toffolatti S.L., Campia P., Bianco P.A., Borsa P., Coatti M., Torriani S.F.F., Sierotzki H., 2018. Analisi temporale della resistenza all'ammide dell'acido carbossilico (CAA) mandiprodamid in popolazioni di *Plasmopara viticola*. *Atti Giornate Fitopatologiche 2*, 485-492.

- Toffolatti S.L., Serrati L., Sierotzki H., Gisi U., Vercesi A., 2007. Assessment of Qol resistance in *Plasmopara viticola* oospores. *Pest Management Science* 63, 194-201.
- Troisi M., Bonacini F., Dottorini P., Lodi G., Vergara L., 2018. Oxathiapiprolin: nuovo fungicida contro la peronospora della vite, *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 3-10.
- Vincent O., Reis S., Jaworska G., Straebler B., 2016. EU biological assessment dossier southern zone - grapes DuPont-40772 SEU.
- Yin, L., Zhang, Y., Hao, Y., & Lu, J. (2014). Genetic diversity and population structure of *Plasmopara viticola* in China. *European Journal of Plant Pathology* 140(2), 365-376.
- Zanzotto A., Morroni M., Trevisiol F., 2012. Epidemia di *Plasmopara viticola* a confronto in ambiente di collina e pianura. *Atti Giornate Fitopatologiche* 2, 613-618.

## **8. RINGRAZIAMENTI**

Mi è doveroso dedicare, in chiusura del mio elaborato, i più sentiti ringraziamenti alle persone che hanno contribuito con il loro instancabile supporto alla realizzazione dello stesso.

Dapprima un ringraziamento speciale al mio relatore, Prof. Gianfranco Romanazzi, per avermi concesso l'opportunità di portare a termine il mio percorso di studi consentendomi la trattazione di questo lavoro sperimentale e per la grande disponibilità e professionalità dimostratami.

Ringrazio il mio correlatore, Dott. Domenico D'Ascenzo, che in questi mesi di lavoro, ha saputo guidarmi con suggerimenti pratici nelle sperimentazioni, ricerche e stesura della parte sperimentale.

Inoltre, ringrazio il Dott. Simone Piancatelli per la pazienza e la disponibilità dimostrata con consigli precisi e puntuali.

Infine, ultimo ma non meno importante un ringraziamento speciale alla mia famiglia, in particolare a mia madre e mio padre: è grazie al loro sostegno e al loro incoraggiamento se oggi sono riuscito a raggiungere questo traguardo.