



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimentari
Risorse Naturali e Ambiente

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Viticole ed
Enologiche

**Metodi di difesa alternativi della vite da *Plasmopara viticola* e
Uncinula necator con utilizzo di ozono**

RELATORE:

Prof. Luigi Sartori

CORRELATORI:

Dott. Alessandro Zanchin

Dott. Marco Sozzi

LAUREANDO:

Giovanni Favaro

Matricola n. 119189

Riassunto

Nei prossimi anni il settore agricolo è chiamato a soddisfare una crescente domanda di cibo riducendo, contemporaneamente, la propria impronta ambientale. La riduzione dell'impatto dei prodotti fitosanitari sulla salute umana, l'ambiente e la biodiversità è molto importante per raggiungere questo obiettivo. L'uso di tecniche innovative di difesa integrata e metodi di difesa alternativi rappresentano strade percorribili. Innanzitutto è importante che l'utilizzatore conosca le malattie e i danni provocate dai patogeni, inoltre è necessario che sia formato professionalmente sui prodotti fitosanitari e sulle sostanze attive in essi contenute in modo da conoscere le funzionalità e i rischi. Dal 2009 l'uso dei prodotti fitosanitari è stato normato diminuendo il loro uso e favorendo un utilizzo sostenibile di questi prodotti applicando metodi alternativi come la difesa biologica, agronomica e fisica.

L'obiettivo di questa tesi è quello di verificare l'applicabilità dell'ozono per la difesa delle vite dalle principali avversità fungine quali peronospora e oidio paragonandola ad una difesa convenzionale. Questa molecola biocida, ottenuta grazie ad un macchinario che è in grado di ozonizzare l'acqua, è in grado di distruggere i microrganismi nocivi con cui viene a contatto in poco tempo senza rilasciare residui sulle colture. La sperimentazione è stata condotta nella stagione 2021 presso l'azienda "Cescon Giuseppe e Antonella Società Semplice Agricola" di Chiarano, Treviso; all'interno del progetto "Ozono Ecofarm Caffini". L'area di studio consisteva in un vigneto di un ettaro su cui sono state sperimentate le tesi, le viti sono state campionate durante tutta la stagione produttiva, in modo da monitorare il danno causato dai patogeni.

I risultati ottenuti rivelano come il metodo convenzionale rappresenta la miglior lotta ai patogeni a differenza dell'ozono che ha fatto insorgere dubbi e fattori da monitorare per migliorare l'uso di questa soluzione in vigneto. Per quanto riguarda la tecnica, il prototipo di irroratrice utilizzata necessita di migliorie in merito all'elevato volume di acqua da ozonizzare e alla capacità di produrre una miscela antiparassitaria con un elevato potenziale redox in modo da ridurre efficientemente le fitopatie.

Abstract

In the next few years, the agricultural sector will increase the goods production to satisfy the demand for food while simultaneously reducing its environmental footprint. The reduction of the impact caused by the plant protectant products on the human health, the environment and the biodiversity are very important to achieve the abovementioned goal. It must be done through the use of innovative and integrated control techniques and alternative methods. First of all, farmers must know the biology cycle and the damages caused by pathogen. Moreover, farmer must professionally be trained on plant protection products and the active substances contained in them, in order to know their functionality and risks. Since 2009, the use of plant protection products has been regulated by decreasing their use and promoting a sustainable use of these products by applying alternative methods through biological, agronomic, physical pest management. The main objective of this study is to verify the applicability of ozone in a control strategy to protect the vineyards from the main fungal diseases, which downy mildew (*Plasmopara viticola*) and powdery mildew (*Uncinula necator*). The Ozone integrated treatments strategy have been compared with a conventional strategy. Ozone is a well know molecule with a strong biocide power against most of animal and plant's pathogens. Ozone is harmful towards microorganisms with which it comes into contact in a short time without releasing residues either on the crops nor in the environment.

In this trial Ozone was produced by a generator mounted on a commercial sprayer, which sprays the mixture of water and ozone as a treatment on vineyards. The experimentation was conducted in the 2021 season in a vineyard owned by "Cescon Giuseppe and Antonella Società Semplice Agricola" a farm in Chiarano, Treviso; within the "Ozono Ecofarm Caffini" project. Leaves and the grapes were sampled during summer in order to estimates the damage caused by the pathogens.

The results obtained reveal the conventional method as the best pest management strategy against pathogens. Ozone focused reports and factors to improve the use of this technology in the vineyard. As far as the technique is concerned, the prototype of the sprayer used it needs improvements in terms of its ability to produce a pesticide mixture with a high redox potential in order to efficiently reduce plant diseases and source a high volume of water to be ozonated.

Sommario

| | |
|--|----|
| Riassunto | 1 |
| Abstract | 2 |
| Capitolo 1 | 4 |
| Introduzione..... | 4 |
| 1.1 Le malattie della vite | 4 |
| 1.2 Trattamenti fitosanitari | 8 |
| 1.3 Mezzi di lotta alternativi e sostenibilità..... | 12 |
| 1.4 Utilizzo di ozono come mezzo di lotta alternativa | 14 |
| 1.5 <i>Plasmopara viticola</i> e <i>Uncinula necator</i> | 17 |
| 1.6 Obiettivi..... | 22 |
| Capitolo 2 | 23 |
| Materiali e metodi..... | 23 |
| 2.1 Inquadramento aziendale e climatico | 23 |
| 2.2 Descrizione Irroratrice e kit per ozono di Storti | 25 |
| 2.3 Disegno Sperimentale..... | 29 |
| 2.4 Calendario dei trattamenti | 30 |
| 2.5 Processo decisionale per l'applicazione dell'ozono | 33 |
| 2.6 Campionamento..... | 34 |
| Capitolo 3 | 39 |
| Risultati | 39 |
| 3.1 Analisi del cantiere di lavoro..... | 39 |
| 3.2 Regolazione dell'irroratrice..... | 44 |
| 3.3 Analisi del protocollo di difesa..... | 45 |
| 3.4 Produzione e qualità delle uve..... | 65 |
| Capitolo 4 | 68 |
| Conclusioni..... | 68 |
| Bibliografia..... | 71 |
| Sitografia..... | 72 |

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Le malattie della vite

La vite come tutte le colture di interesse agrario, è una pianta soggetta a varie malattie cagionate da patogeni come funghi, batteri e virus. La diffusione di queste malattie in vigneto può compromettere sia la qualità che la quantità dell'uva prodotta. L'impatto nel bilancio economico dell'azienda non è assolutamente da sottovalutare dal punto di vista sia di perdita di produzione sia del costo dei prodotti di difesa utilizzati. Infatti in media il costo dei prodotti fitosanitari sommati ai trattamenti conta il 20% dei costi totali ad ettaro per la produzione di uva. Dai dati raccolti da *Eurostat* in Italia nel 2019 sono stati utilizzati 24.285.678 kg di fungicidi e 8.524.260 kg di erbicidi, registrando dal 2011 una diminuzione del 40%, segno di un'ottima ricerca sull'utilizzo di soluzioni alternative ai prodotti fitosanitari.

Per molto tempo il controllo delle avversità delle colture avveniva convenzionalmente cioè trattando a calendario in presenza di malattia. Dal 2000 si è sviluppato il concetto di rischio di malattia in cui la coltura veniva trattata con prodotti fitosanitari, quali fungicidi e insetticidi, se il rischio era alto, fino al 2009, anno in cui l'uso dei prodotti fitosanitari è stato normato. La viticoltura biologica si differenzia da quella convenzionale in buona parte proprio sulla gestione della difesa fitosanitaria. Nell'agricoltura biologica è possibile utilizzare solo prodotti fitosanitari ammessi dalla legislazione italiana come rame e zolfo con eventuali restrizioni imposte dall'ente certificatore. I trattamenti convenzionali con prodotti fitosanitari e quelli biologici possono avere ricadute sull'ambiente e accumularsi nel terreno, inoltre possono creare fitotossicità alla pianta. L'uso di questi prodotti deve avvenire adottando sempre scrupolosamente tutte le indicazioni che si possono leggere sulle etichette delle ditte produttrici in modo da non creare danni a livello ambientale e sociale. L'approccio generalizzato di una coltivazione ecosostenibile verte sulla prevenzione, con l'obiettivo di contenere fin dal principio le proliferazioni di agenti patogeni, riducendo così l'uso dei prodotti fitosanitari.

Adottare specifiche misure agronomiche importanti per il contenimento delle patologie dovrebbe essere la base di partenza alla prevenzione delle fitopatie. Una soluzione è quella di adottare dei sesti d'impianto ampi per permettere l'aerazione della parte vegetale del vigneto, molto spesso ristagni di umidità possono favorire lo sviluppo di malattie fungine. È importante scegliere il portainnesto e varietà adatte al tipo di impianto utilizzando delle barbatelle sane, certificate e, se possibile, delle varietà tolleranti alle comuni avversità. Il sistema di allevamento e le potature invernali hanno un

importante effetto sulla diffusione delle fitopatie. La scelta di questi due fattori dovrebbe avere l'obiettivo di controllare il vigore delle viti bilanciando il numero di gemme ad ettaro con la produzione desiderata e tenendo conto della fertilità stimata per quell'annata. Per quanto riguarda le operazioni colturali è buona pratica eseguire cimature regolari e sfogliature in modo da arieggiare ed illuminare anche le porzioni più interne della chioma, nonché i grappoli. Una nota importante è non eccedere con le concimazioni e con le irrigazioni in quanto possono aumentare il vigore della pianta inteso come numero di tralci, numero di foglie e area di ogni singola foglia ed essere causa di una maggiore suscettibilità alle malattie. Inoltre è necessario eliminare tempestivamente piante colpite da malattie del legno in modo da ridurre i siti di svernamento dei patogeni che fungeranno da fonti di inoculo l'annata successiva. La pulizia e disinfezione degli utensili è una buona norma per evitare il contagio di vigneti indenni da malattie, molto importante nel caso di contoterzisti che visitano più vigneti ed aziende in un breve arco di tempo.

Una corretta gestione del regime idrico, ha un'azione fondamentale nella prevenzione di numerose malattie fungine e risulta ancor più necessaria in un'epoca di cambiamento climatico. L'eccessiva irrigazione determina un innalzamento dell'umidità che favorisce lo sviluppo di malattie radicali e della parte aerea delle piante. Inoltre, il terreno asfittico con molta acqua e poca aria impedisce il corretto assorbimento degli elementi nutritivi da parte delle piante.

Le più temute malattie della vite sono peronospora, botrite, oidio e mal dell'esca, mentre la flavescenza d'orata è causata da fitoplasmii. Qui di seguito vengono riassunte le malattie più diffuse nella vite ed il loro agente eziologico.

Plasmopara viticola, peronospora della vite è la più importante malattia della vite negli ambienti umidi e a clima continentale temperato, inizia a manifestarsi in primavera con l'aggressione di tutti i tessuti verdi più giovani ancora in accrescimento. Sulle foglie l'infezione si manifesta con macchie di forma tondeggianti, chiamate tipicamente "macchie d'olio" di colore giallastro, sulla pagina inferiore della foglia è possibile notare della peluria biancastra dovuta dall'emissione dai tessuti verdi degli organi riproduttivi del fungo. Le macchie d'olio dissecano portando anche alla morte della foglia e alla loro caduta precoce. I tralci giovani presentano imbrunimenti e allessature dei tessuti, anche i grappoli sono colpiti in quanto dissecano irrimediabilmente. Il danno diretto è verificato dal calo di produzione proporzionale al numero di grappoli colpiti, mentre il danno sulle foglie causa un peggioramento della qualità delle uve. Il danno non interessa solo la produzione dell'anno in corso ma incide anche in quella dell'anno successivo in quanto il fungo riduce le riserve nutritive delle piante e le indebolisce, comportando riduzioni produttive future. Ad oggi si è sempre fatto un grande

affidamento sul rame, ammesso in agricoltura biologica professionale, mentre la ricerca di prodotti fitosanitari più efficaci e persistenti ha prodotto diversi fitofarmaci di sintesi.

Uncinula necator, oidio della vite, è un'altra malattia tra le più distruttive della vite, si tratta di un fungo che sverna sulla pianta, sulle gemme ancora chiuse o tra le screpolature della corteccia. Elevata umidità e una bagnatura prolungata sono le condizioni climatiche che favoriscono l'infezione primaria e secondaria a stagione avanzata. I sintomi sono decolorazioni fogliari, muffe dense di colore bianco grigiastro, necrosi delle nervature nella pagina inferiore delle foglie. L'oidio attacca tutte le parti verdi della pianta compresi i grappoli, su questi ultimi l'oidio causa screpolature della buccia esponendo gli acini all'ulteriore infezione da parte di Botrite. Contro l'oidio si utilizza principalmente prodotti fitosanitari a base di zolfo.

Botrytis cinerea, botrite o muffa grigia è un'altra malattia importante nella vite, botrite causata da un fungo polifago che sverna nei residui infetti caduti a terra e nelle screpolature della corteccia. Può infettare molto velocemente tutti gli organi della vite, i tralci verdi mostrano imbrunimenti, i fiori disseccano, ma il danno più comune è riscontrato nei grappoli in via di maturazione, dove gli acini vengono avvolti dalla muffa e marciscono causando il deprezzamento del mosto ottenuto da queste uve. Il controllo di botrite avviene in gran parte assicurando l'aerazione dei grappoli soprattutto durante le fasi di maturazione ed utilizzando all'occorrenza prodotti specifici.

Il marciume nero dell'uva è una malattia fungina che comporta danni soprattutto agli acini con ammaccature che li fanno avvizzire e infine diventare come mummificati.

Il mal dell'esca è una sindrome complessa provocata da più specie di patogeni fungini, in forma acuta può portare la pianta alla morte in breve tempo, la forma cronica causa un indebolimento lento della pianta che muore nell'arco di qualche anno. A seconda dei patogeni coinvolti, il mal dell'esca può presentarsi sotto diverse forme e colpisce le foglie che formano aree necrotiche internodali bordate di giallo, i frutti disseccano ed il legno presenta necrosi sovrapposte con annerimenti puntiformi per infezioni vascolari. Ad oggi la prevenzione è l'unico modo per combattere questa malattia in quanto non esistono cure. Inizialmente è necessario utilizzare piante certificate di qualità, varietà non suscettibili, un impianto ben drenato e senza ristagni d'acqua. Le piante che presentano sintomi devono essere capitozzate e distrutte in quanto possono essere fonte di nuove infezioni.

Phomopsis viticola, escoriosi è una malattia che colpisce la vite soprattutto nelle zone a clima fresco e umido, è visibile anche in inverno su tralci di un anno che manifestano aree brunastre disposte in senso longitudinale da contorno a macchie più chiare. La malattia indebolisce i tralci colpiti e può causare la morte delle gemme, aborti fiorali e in seguito la caduta delle foglie.

Un'altra famiglia di patologie del vigneto sono le malattie di origine batterica, le più comuni sono il marciume acido e la rogna della vite.

Agrobacterium vitii è l'agente responsabile della rogna della vite, che è favorita da ferite presenti sulla pianta, per esempio per grandine, raccolta e potatura. I sintomi principali sono masse tumorali a livello del colletto, sul fusto e sui tralci, perché il patogeno sale dal colletto trasportato dai vasi interni. Questi tumori compromettono la funzionalità dei tessuti coinvolti e portano la pianta in sofferenza e ad un calo produttivo. I trattamenti rameici che si praticano per bloccare la peronospora o altre malattie fungine sono utili anche al controllo di questo morbo, dove la pressione del patogeno è importante, è possibile proteggere la pianta dopo la potatura con prodotti disinfettanti. Le foglie infette cadute a terra e i residui di potatura devono essere asportati dal vigneto perché fungono da siti di svernamento del patogeno.

Il marciume acido del grappolo è causato da vari lieviti e batteri e può essere visibile all'invasatura degli acini, essi assumono un colore tendente al marrone emanando un odore di aceto causato dalla fermentazione degli zuccheri da parte dei microorganismi. La proliferazione di insetti carpofagi ed un microclima umido all'interno della chioma sono le cause principali che accentuano questa fisiopatia.

La vite è soggetta anche ad alcune malattie causate da virus e da fitoplasmii. La lotta contro queste classi di fitopatie avviene esclusivamente con la prevenzione in vivaio, rimuovendo le piante sintomatiche in vigneto e controllando gli organismi vettori di questi patogeni.

L'arricciamento della vite è una malattia virale che mostra internodi più corti, crescita zigzagante dei germogli, le foglie sono a "ventaglio" e presenta aborti fiorali e una riduzione dei grappoli che può arrivare al 50%.

La flavescenza dorata è una malattia causata da un fitoplasma, i sintomi si manifestano l'anno successivo dell'avvenuta infezione, la gravità dipende a seconda della sensibilità o meno del vitigno: Pinot grigio, Trebbiano, Sangiovese e Chardonnay sono i più sensibili. La malattia si manifesta dapprima con un ritardo della ripresa vegetativa in primavera, i tralci infetti non lignificano e si coprono di pustole nere, le foglie si accartocciano, ingialliscono o arrossiscono e i grappoli possono disseccare già in fioritura. L'asportazione e la bruciatura di tutti i resti di potatura eliminano molte uova svernanti della cicalina, si può combattere anche con trattamenti a base di piretro naturale. L'agente eziologico è veicolato da una cicalina, lo *Scaphoideus titanus* che punge i tessuti verdi dai quali estrae la linfa, spostandosi da piante infette a piante non infette trasmette il patogeno a quest'ultime.

- Petrucci S.. 2020. *Malattie della vite, difesa biologica del vigneto. Orto da coltivare*
- Istituto Agrario di San Michele d'Adige. 2007. *Manuale di difesa fitosanitaria della vite*
- Poretto R. e Serra S.. 2013. *La difesa del vigneto dalle malattie crittogamiche. Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Sardegna*

1.2 Trattamenti fitosanitari

Eseguire un trattamento fitosanitario significa irrorare una miscela di prodotti chimici antiparassitari e acqua ad una coltura utilizzando un'irroratrice portata o trainata da un trattore. I prodotti chimici che formano la miscela sono composti da una sostanza attiva che esercita un'azione biocida contro un agente patogeno e assieme ai coadiuvanti permettono di esplicare al meglio l'azione di controllo. Le sostanze attive possono essere di origine naturale, come il rame, oppure di sintesi derivate solitamente da matrici organiche, mentre generalmente i coadiuvanti sono dei composti di sintesi. Per effetto del processo di revisione realizzato dall'Unione Europea, negli ultimi anni il panorama dei prodotti fitosanitari presenti sul mercato ha subito un profondo cambiamento, in seguito al quale, il numero delle molecole disponibili in commercio si è drasticamente ridotto, con la scomparsa definitiva delle sostanze più pericolose.

In questo scenario complesso è stato ritenuto necessario fare qualche chiarezza e valutare il contributo di alcune molecole considerate *low impact*. Una migliore strategia è ipotizzabile integrando agli interventi chimici metodi di difesa biologici prestando attenzione al loro posizionamento in funzione delle variabili ambientali e della suscettibilità della pianta ad ogni stadio fenologico.

I prodotti fitosanitari possono essere classificati in vari modi: in base al gruppo chimico, in base al meccanismo d'azione e in base alla loro capacità di muoversi nei tessuti della pianta. Rame e zolfo appartengono ai fungicidi di copertura tradizionali, che esercitano la loro azione fungicida contro i patogeni presenti sulla superficie dei tessuti vegetali, hanno azione esclusivamente preventiva. Essi stabiliscono solo un rapporto di deposito sulla pianta. Quindi, l'incapacità di ridistribuirsi per via interna o esterna nei tessuti dell'ospite comporta l'assoluta necessità di eseguire trattamenti molto accurati in termini di distribuzione del prodotto, in quanto tutte le superfici non raggiunte dal trattamento rimangono prive di protezione. Questo limite risulta, a maggior ragione, valido per la vegetazione che si forma dopo il trattamento e che pertanto non risulta protetta. Un altro problema che si pone per i prodotti di copertura riguarda il dilavamento e la degradazione operata dagli agenti meteorici, che determina una riduzione della dose sui tessuti trattati. Per garantire la protezione della vegetazione, l'intervallo tra i trattamenti deve tener conto dell'accrescimento giornaliero delle viti e delle condizioni ambientali dopo l'ultimo trattamento.

Quando un fitofarmaco ha la capacità di penetrare entro i tessuti vegetali e diffondere all'interno di tutta la pianta viene chiamato endoterapico. Ciò ne conferisce la possibilità di agire anche su infezioni in corso di patogeni endofiti con possibili effetti curativi nelle prime fasi del ciclo d'infezione, variabile da patogeno a patogeno. La capacità di penetrazione consente di resistere alla degradazione ed al dilavamento dovuti agli agenti atmosferici. I fungicidi ed insetticidi appartenenti a questa categoria sono dotati di diversa capacità di movimento all'interno della pianta e si dividono in prodotti citotropici e sistemici. I primi sono dotati per lo più di movimento translaminare, cioè si muovono da una cellula ad un'altra della foglia ma rimangono localizzati intorno ai punti in cui si sono depositati, di conseguenza la vegetazione non raggiunta dal trattamento e le nuove foglie non risultano protette. I prodotti sistemici sono in grado di essere assorbiti e traslocati nei sistemi conduttori della pianta, di solito verso gli apicci dallo xilema. Questa capacità determina l'estendersi della protezione conseguente al trattamento anche alla vegetazione formata successivamente, consentendo di estendere la cadenza dei trattamenti.

Un aspetto critico riguardo ai prodotti fitosanitari è legato all'insorgenza di forme di resistenza o tolleranza ad essi da parte dei patogeni. Ciò comporta una minore sensibilità da parte del patogeno al principio attivo.

Per esempio nell'ambito dei fungicidi è importante che essi abbiano meccanismi d'azione multisito, cioè attaccano il patogeno in siti diversi. Tale proprietà riduce la probabilità di selezionare meccanismi di resistenza ai fungicidi nei patogeni. Al contrario, tutti gli altri prodotti monosito mostrano un'elevata probabilità di selezionare ceppi resistenti. Per limitare tale probabilità, i prodotti più a rischio di resistenza devono essere utilizzati in miscela e/o in alternanza ad altri fungicidi con diverso meccanismo d'azione. Infatti sarebbe rischioso alternare o miscelare esclusivamente sostanze attive monosito. Di solito le miscele sono già commercializzate come tali, mentre l'alternanza deve essere stabilita dall'agricoltore o dal tecnico. Per questo è importante conoscere i meccanismi d'azione dei vari fitofarmaci.

Di fondamentale importanza risulta poi il tipo di distribuzione, che deve ridurre al minimo la dispersione del prodotto fuori dal bersaglio. La modalità di distribuzione dei prodotti fitosanitari sulla vegetazione costituisce un elemento cruciale per l'efficacia del trattamento tanto da essere una ragione di successo o insuccesso di un trattamento antiparassitario. Distribuire correttamente un prodotto significa assicurare la protezione dai parassiti senza sprechi ed inquinamento dell'ambiente. È fondamentale che la sostanza attiva arrivi a coprire tutta la vegetazione alla dose efficace stabilita in etichetta. Per realizzare questo obiettivo è necessaria una buona gestione agronomica della chioma e l'efficienza delle macchine irroratrici.

La gestione della chioma deve essere indirizzata a ridurre il rigoglio vegetativo in modo da esporre al trattamento anche le foglie più interne e soprattutto i grappoli. L'irroratrice per la distribuzione della miscela antiparassitaria deve essere adeguata e perfettamente efficiente. È indispensabile eseguire periodicamente la pulizia e la taratura degli organi irroranti e revisionare regolarmente le macchine. La Direttiva 2009/128/CE prevede l'obbligo di revisione dell'attrezzatura irrorante ogni tre anni. Per migliorare il rendimento nell'uso dell'acqua e per ottenere una maggiore uniformità di copertura è necessario ridurre la dimensione delle gocce in modo da diminuire l'entità delle perdite. Infatti riducendo il diametro delle gocce aumenta la superficie coperta di un determinato volume d'acqua e di conseguenza più piccola è la goccia, minore sarà il volume necessario a coprire una data superficie aumentando l'efficacia del trattamento. Le gocce grosse ($> 500 \mu\text{m}$), a causa della maggiore massa e della tensione superficiale che le mantiene sferiche, hanno una minore adesione e provocano perdite notevoli per eccessivo accumulo e gocciolamento a terra. Durante il ruscellamento trascinano via tutto quello che incontrano con un effetto valanga asportando il deposito. Inoltre a causa delle loro dimensioni, sono meno veicolabili all'interno della vegetazione dalle correnti d'aria prodotte dalla macchina. Al contrario, le gocce piccole ($< 100 \mu\text{m}$) subiscono un minor gocciolamento e possono penetrare agevolmente all'interno della vegetazione se veicolate da un adeguato getto d'aria. Da un punto di vista negativo, le gocce piccole sono molto leggere per cui debolissime correnti d'aria le possono trascinare fuori dal bersaglio (deriva). In definitiva, la dimensione delle gocce dovrebbe essere abbastanza grande da limitare il fenomeno della deriva e permettere alla goccia di arrivare al bersaglio prima di evaporare completamente e, allo stesso tempo, abbastanza piccola da realizzare la massima copertura superficiale possibile. La dimensione ideale si aggira tra i 200 e 100 μm di diametro.

I prodotti possono essere velenosi se immessi nell'ambiente, oltre ad avere un effetto tossico voluto verso i microorganismi nocivi, hanno anche un impatto dannoso verso l'uomo e l'ecosistema. Le ricerche svolte dall'"Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale" sul rapporto dei pesticidi nelle acque del 2020 sostiene che in Italia sono stati trovati 299 residui tossici provenienti da fitofarmaci nelle acque, il 77,3% nelle acque superficiali e il 32,2% nelle acque di profondità. Questo studio afferma che dal 2009 al 2018 la percentuale di punti in cui è stata rilevata la presenza di pesticidi nelle acque è aumentata del 25% nelle acque superficiali e del 15% nelle acque sotterranee.

Dal 2009 l'uso dei prodotti fitosanitari in Europa è stato normato dalla Direttiva 128/2009/CE emanata dal Parlamento Europeo che "istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi", introducendo diverse novità per gli agricoltori e tra queste

l'obbligo di adottare la difesa integrata. È la prima norma europea che riguarda i prodotti fitosanitari che va oltre ai criteri autorizzativi e agli aspetti legati alla residualità negli alimenti. Con lotta integrata si intende la riduzione dell'uso di fitofarmaci e l'adozione di mezzi di controllo alternativi ai prodotti fitosanitari caratterizzati dal minimo impatto non solo sugli operatori agricoli che maneggiano queste sostanze, ma su tutte le persone che possono venirne accidentalmente a contatto per qualsiasi motivo, ponendo particolare attenzione alla tutela dei soggetti più vulnerabili. In Italia il Decreto Legislativo n.150/2012 attuando la direttiva europea n.128/2009 e successivamente il "Piano di Azione Nazionale" PAN per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari entrato in vigore il 1° Gennaio 2014, individuano un livello obbligatorio e un livello volontario per la difesa integrata.

La difesa integrata obbligatoria prevede che l'uso dei mezzi chimici deve essere sempre giustificato. È previsto che l'ente pubblico regionale metta a disposizione servizi di monitoraggio, dati meteorologici, dati fenologici del territorio di interesse e informazioni sull'applicazione della difesa integrata agli utilizzatori professionali. I servizi tecnici, o consulenti, devono fornire tutte le informazioni necessarie per facilitare l'utilizzatore ad adottare la decisione corretta, il che significa una maggiore professionalità dell'utilizzatore, che d'altra parte, è colui che conosce al meglio le sue coltivazioni e le relative problematiche.

Nel caso della difesa integrata volontaria le aziende si impegnano ad applicare i disciplinari di produzione integrata approvati ufficialmente dalle Regioni i quali riportano, per ciascuna coltura, il tipo di avversità, le indicazioni sui monitoraggi aziendali e/o territoriali e le soglie di intervento, i prodotti fitosanitari ritenuti efficaci e le limitazioni al loro impiego. Le limitazioni all'impiego dei prodotti fitosanitari stabiliti nei disciplinari tengono conto dell'efficacia verso l'avversità minimizzando i rischi per la salute dell'uomo (tossicità acuta e cronica), per l'ambiente (persistenza, mobilità nel suolo, ecotossicologia), per gli organismi utili alla coltura e nella prevenzione dei fenomeni di resistenza. I disciplinari sono adottati dalle aziende che vogliono qualificare le loro produzioni, nell'ambito del marchio di qualità oppure di sistemi di certificazione privata.

Con mezzi alternativi di difesa integrata si intende l'utilizzo di mezzi biologici, agronomici e fisici eliminando l'uso di prodotti fitosanitari. Quando il danno potenziale provocato alle colture è superiore al costo che si deve sostenere per eseguire il trattamento, è conveniente effettuare un intervento fitosanitario, questo valore economico è chiamato soglia di intervento. Nel caso in cui i mezzi alternativi non sono in grado di garantire un adeguato controllo degli organismi nocivi, si potrà ricorrere all'utilizzo dei mezzi chimici. In questo caso la scelta nella sostanza attiva da utilizzare dovrà essere indirizzata verso un prodotto dotato di un'adeguata efficacia nel contenimento dell'avversità, deve avere una bassa tossicità verso gli organismi utili, sulla salute umana e al

complesso micro/macro fauna del terreno. A differenza della difesa biologica, la difesa integrata prevede anche l'uso del mezzo chimico di sintesi per mantenere le popolazioni degli agenti di danno al di sotto delle soglie di intervento.

- Tommasini M. G., Cavazza F., Preti M., Franceschelli F., Landi M., Montanari M. e Bugiani R.. 2018. *Gestione fitosanitaria sostenibile nella viticoltura. Ecoscienza n.5*
- Cereda M.. 2020. *Pesticidi: rischi e conseguenze. Orto da coltivare*
- Dondo d.. 2020. *ISPRA, rapporto 2020 sui pesticidi nelle acque. Great Italian Food Trade 24-12*

1.3 Mezzi di lotta alternativi e sostenibilità

Come precedentemente citato, la difesa integrata con metodi di controllo alternativi prevede l'uso di mezzi genetici, biologici, agronomici, fisici e chimici, limitando al massimo l'uso di quelli chimici. I principi generali su cui si basa la lotta integrata con metodi alternativi sono:

- tecniche colturali adeguate attraverso la rotazione delle colture, l'uso di *cultivar* resistenti/tolleranti e materiali certificati, e con pratiche equilibrate di lavorazione, fertilizzazione, irrigazione e drenaggio del terreno;
- protezione e accrescimento di popolazioni di organismi utili "antagonisti", ovvero predatori naturali degli agenti causali delle malattie della vite, attraverso l'uso di adeguate misure fitosanitarie selettive nei confronti dei patogeni o l'utilizzo di infrastrutture ecologiche sia interne che esterne al sito di produzione;
- dare la preferenza a metodi biologici sostenibili non chimici, se questi non risolvessero il problema, scegliere prodotti fitosanitari selettivi rispetto agli organismi da combattere con effetti minimi sulla salute umana, gli organismi non bersaglio e l'ambiente ponendo in atto strategie anti-resistenza.

Per applicare correttamente la difesa integrata devono essere prese in considerazione tutte le informazioni sulla coltura da proteggere, sui suoi agenti patogeni, sulla storia delle malattie negli anni precedenti, sulle condizioni pedo-climatiche prevalenti, sulla località, sulla disponibilità e sui costi di materiali e manodopera. Di seguito verranno esposte le caratteristiche generali dei mezzi genetici, biologici, agronomici, fisici e chimici, comprese le problematiche legate al loro uso.

Con mezzi genetici si intende l'utilizzo di *cultivar* resistenti alle malattie. Il lavoro di miglioramento genetico viene indirizzato prevalentemente verso le colture erbacee per le quali esistono, al momento, numerose varietà resistenti a diversi patogeni, per le colture arboree la situazione cambia e il numero di *cultivar* resistenti è più limitato in quanto tempi per la selezione molto più lunghi nonché alla

probabilità che durante la lunga vita di un albero si selezionino varianti del patogeno in grado di superare quella resistenza. Per quanto riguarda la vite l'ottenimento di varietà resistenti ai parassiti è un obiettivo perseguito dalla metà dell'800 a causa della fillossera. La base genetica della resistenza ai parassiti è presente in numerose specie selvatiche del genere *Vitis* (*V. rupestris*, *V. riparia*, *V. berlandieri*, *V. amuriensis*) e in specie di generi afni (per esempio *Muscadina*), ma non in *V. vinifera*. Da allora, la ricerca per la costituzione di varietà di vite europea resistenti alle malattie dell'apparato aereo è risultata in qualche modo rallentata dalle esigenze della produzione vinicola. Esempi di varietà resistenti prodotte dai "Vivai Cooperativi Rauscedo" sono il *Cabernet Volos* generato dall'incrocio tra Cabernet Sauvignon e 20-3, il *Merlot Khorus* prodotto da incrocio tra Merlot e 20-3 e il *Pinot Kors* sviluppato dall'incrocio tra Pinot Nero e 99-1-48.

L'utilizzo di microrganismi antagonisti è parte dei mezzi biologici. Questo metodo sfrutta i meccanismi di contenimento naturali delle popolazioni microbiche ad opera di altri microrganismi grazie alla competitività esistente in natura tra organismi diversi che condividono la stessa nicchia ecologica. Si definisce antagonista qualsiasi organismo in grado di ostacolare la moltiplicazione di un patogeno. Negli ultimi anni l'uso degli antagonisti ha fatto enormi progressi anche grazie al crescente numero di biofabbriche che li producono e li commercializzano. I più importanti mezzi biologici sono gli insetti predatori e i parassiti di insetti fitofagi, ad esempio le coccinelle, i sirfidi e le crisope. Gli altri tipi di mezzi biologici sono i funghi antagonisti di alcuni insetti e funghi patogeni. I principali limiti della lotta biologica nel campo della patologia vegetale è la difficile attuazione in quanto le prestazioni degli agenti di controllo biologico sono soggette a variabili ambientali come il clima nonché alle pratiche agricole adottate. Attuare un efficace controllo biologico necessita di conoscenze epidemiologiche e biologiche molto approfondite. Inoltre non è in grado di contenere tutti gli organismi dannosi, molte colture possono essere affette da patogeni per i quali non si conoscono antagonisti naturali o non è possibile allevarli. Dal punto di vista economico la lotta biologica produce i suoi frutti nel lungo periodo, inoltre consente una riduzione dei costi ambientali e sociali.

Tra i diversi mezzi che possiamo utilizzare nella difesa integrata, quelli agronomici mirano all'equilibrio del vigneto e riguardano la gestione del terreno, del filare e gli interventi sulla pianta. Con gestione del vigneto si intende l'insieme delle pratiche colturali da eseguire quali potatura, lavorazioni e irrigazione in modo da ottenere rese ottimali nel rapporto quantità/qualità e aumentare la difesa del vigneto dai patogeni. Una corretta potatura svolge un'azione di contrasto nei confronti dei parassiti delle piante, nelle chiome adeguatamente "arieggiate", si crea un microclima sfavorevole allo sviluppo di agenti patogeni, in particolare di muffe. Inoltre l'azione del sole e degli eventi

meteorologici (pioggia, vento, freddo) hanno un'azione di contenimento su alcuni organismi dannosi, insetti, funghi, batteri. In assenza di problematiche fitosanitarie i residui di potatura possono essere distrutti ed interrati con beneficio per la fertilità del suolo.

Le lavorazioni si praticano nel periodo primaverile, estivo ed autunnale per controllare le erbe infestanti, per interrare i concimi e, dove necessario, per preparare il terreno all'irrigazione. Una pratica verificata negli ultimi anni in vigneto è l'utilizzo di *cover crop* usate per la gestione dell'interfila, il terreno tra i filari è inerbito con sovesci per alimentare il suolo di sostanza organica.

Il calore è un metodo di difesa emblematico tra i mezzi di tipo fisico. Il risanamento dei terreni da attacchi di microrganismi è infatti realizzato con la tecnica della solarizzazione che si realizza coprendo il terreno con film plastici che al sole determinano un forte innalzamento della temperatura nei primi strati superficiali del terreno inattivando una notevole percentuale di semi di piante infestanti, stadi di insetti in quiescenza, nematodi e spore di funghi fitopatogeni.

I mezzi biotecnici si basano su sistemi di difesa e sostanze attive già presenti in natura e sintetizzate da organismi biologici, pertanto sono solitamente dotate di elevata specificità di azione e basso impatto ambientale. La lotta attraverso i feromoni sessuali viene largamente impiegata nel metodo della confusione sessuale. Tra i mezzi chimici biotecnici, vengono spesso considerati anche insetticidi e fungicidi derivati da tossine estratte direttamente da organismi viventi.

- *Ministero delle politiche agricole, animali e forestali. 2015 Manuale di difesa integrata*
- *Azienda regionale per lo sviluppo dell'Agricoltura Calabrese. 2020. Guida ai principi di difesa integrata in agricoltura*
- *Vivai cooperativi Rauscedo. 2018. <http://vivairauscedo.com>*

1.4 Utilizzo di ozono come mezzo di lotta alternativa

L'ozono è una molecola biocida afferente ai mezzi di controllo chimico, ma a differenza dei più comuni prodotti fitosanitari non rilascia residui sulle colture né sull'ambiente. L'uso di acqua ozonizzata ha come obiettivo la sostituzione dei prodotti chimici per garantire la sostenibilità ambientale.

L'ozono è un gas composto da tre molecole di ossigeno legate tra di loro, (formula O₃) si forma in natura durante i temporali, quando i fulmini forniscono l'energia necessaria alla creazione della molecola. A causa della sua struttura chimica, l'ozono è un gas molto reattivo e possiede un elevato potere ossidante. Tale reattività gli conferisce proprietà biocide nei confronti della maggior parte dei microorganismi presenti in natura, batteri, funghi o virus, con cui viene a contatto senza rilasciare residui nell'ambiente, in quanto, una volta irrorato si degrada molto velocemente.

L'ozono in natura si presenta in forma gassosa, per cui è indispensabile disciogliere questo gas in acqua per poter disinfettare colture, ambienti e superfici. Il potere biocida dell'ozono è visto con molto interesse da chi ricerca un'alternativa ai prodotti convenzionali per la difesa della vite e non solo. Negli ultimi anni il suo uso si è spinto anche in campo attraverso studi e progetti di atomizzatori in grado di irrorare le colture con una miscela di acqua e ozono. Infatti in agricoltura questo metodo è utilizzato in serra in cui l'acqua ozonizzata viene utilizzata per trattare, irrigare le colture in modo da eliminare batteri e microrganismi nocivi. Inoltre l'ozono è usato per produrre anche aria ozonizzata per la sanificazione degli allevamenti, delle cantine e all'interno delle serre.

Un altro campo in cui l'ozono potrebbe essere utilizzato è quello della sanificazione del terreno da nematodi e funghi. Alcuni studi hanno riportato risultati incoraggianti, un aspetto negativo è che dopo il trattamento è necessario distribuire sul terreno microrganismi utili che colonizzino il suolo in modo da evitare che nuovi patogeni si installino e prendano il sopravvento.

Alcuni studi sull'utilizzo dell'ozono sono stati condotti dall'azienda Ecofarm Storti Srl che durante la manifestazione Macfrut 2021, (Rimini, Italia) ha presentato un generatore di ozono con funzione di sterilizzare l'acqua di irrigazione, per eseguire trattamenti senza nessun coadiuvante chimico per colture orticole (a foglia, solanacee e cucurbitacee) e frutticole (mela, uva, ciliegia, olivo). Questa tecnologia permette di produrre l'ozono in loco per la difesa delle colture da funghi e batteri sia in serra che in pieno campo. Per disinfettare l'acqua di irrigazione da eventuali contaminanti biologici, l'ozono viene iniettato in linea nell'impianto. Questo generatore di ozono può essere applicato alle macchine irroratrici e controllato attraverso un tablet permette di gestire al meglio il trattamento fogliare sia in pieno campo che in serra. "Storti" sostiene che grazie a questo sistema è possibile diminuire l'uso di prodotti fitosanitari del 40-50%.

Oltre ad Ecofarm di Storti si sono interfacciate altre aziende che costruiscono macchine per la produzione di ozono come Gamberini.

Anche il "Consorzio di Tutela del Conegliano Valdobbiadene Prosecco Superiore" ha avviato degli studi in tema di sostenibilità ambientale. Il progetto "Residuo 0" finanziato nell'ambito del "Programma di Sviluppo Rurale della Regione Veneto 2007-2013" propone l'utilizzo dell'acqua ozonizzata in viticoltura come tecnica alternativa e di supporto all'utilizzo delle sostanze chimiche tradizionali nella difesa dai patogeni e nella sanificazione delle cantine. L'obiettivo del progetto "Residuo 0" è quello di diminuire sensibilmente l'impiego di sostanze chimiche tradizionalmente utilizzate in viticoltura ed in enologia nella difesa dai patogeni. I trattamenti ecocompatibili sono stati sperimentati grazie alla creazione di un macchinario agricolo abbinato ad uno strumento, di ridotte dimensioni per essere trasportato nei vigneti. Questa tecnologia è in grado di produrre acqua

ozonizzata, utile per un lavaggio dalle uve con la rimozione dell'inquinante chimico. Il lavoro è frutto di alcuni anni di indagine sull'influenza dell'impiego di questa tecnologia per la difesa della vite, una ricerca in cui il "Consorzio di Tutela del Conegliano Valdobbiadene Prosecco Superiore" ha voluto investire in continuità e impegnandosi a garantire una viticoltura sempre più sostenibile. Il progetto ha coinvolto differenti tipologie di aziende con lo scopo di attuare la sperimentazione in diverse condizioni produttive, tecniche e ambientali per testare l'applicabilità e la diffusione di questa innovazione nel panorama agricolo regionale e nazionale. I risultati sono soddisfacenti ed emerge come l'applicazione di uno schema di lotta integrato che includa l'uso di acqua ozonizzata determinerebbe una riduzione delle popolazioni fungine e batteriche comparabile a quella determinata dall'uso dei soli trattamenti chimici.

L'ozono è ampiamente utilizzato nelle industrie agroalimentari e di trasformazione alimentare principalmente come agente sanificante. Uno studio realizzato da Margherita Modesti M. et al., 2021, sostiene come l'ozono può essere considerato un elicitore abiotico in quanto l'esposizione di tessuti viventi allo stress ossidativo indotto dall'ozono innesca la risposta antiossidante migliorando la produzione di metaboliti secondari antiossidanti. L'obiettivo di questa rassegna era quello di conoscere le proprietà salutistiche e i miglioramenti dei composti bioattivi nell'uva e nel vino utilizzando l'ozono. La proprietà di accumulo di metaboliti secondari in seguito al trattamento con ozono dipende da molti fattori come la cultivar, la dose, la forma e il metodo di applicazione dell'ozono. I risultati registrano un aumento dei composti antiossidanti come i polifenoli e sostanze volatili legate allo stress creato dall'ozono.

È importante studiare la risposta metabolica della vite allo stress causato dall'ozono e quindi non eccedere con la dose di ozono in quanto può compromettere la qualità dell'uva e del vino. Nello studio condotto da Campayo A. et al., 2019, si è voluto valutare l'effetto dell'irrorazione della vite con acqua ozonizzata sulle qualità enologiche, fenoliche e aromatiche dei vini Bobal durante due stagioni di crescita consecutive. Nella prima stagione è stata applicata acqua ozonizzata una volta durante il periodo di maturazione su viti allevate con sistema Guyot, nella seconda stagione sono state eseguite tre applicazioni tra l'allegagione e la vendemmia su viti allevate a Sylvoz. Il trattamento nella prima stagione ha portato ad un vino con un grado alcolico e un contenuto fenolico superiore rispetto alla seconda annata in cui sono però aumentati gli stilbeni e i flavonoli e ha anche ridotto gli antociani influenzando negativamente il colore del vino. Per quanto riguarda l'aroma, entrambi i trattamenti hanno ridotto il contenuto di precursori glicosilati e hanno avuto effetti diversi sui fenoli volatili liberi, sia varietali che fermentativi. In conclusione questo studio può affermare che la risposta metabolica

della vite allo stress idrico ozonizzato, e quindi la qualità del vino, dipende dalla dose di ozono ricevuta dalla pianta.

L'ozono è stato recentemente riconosciuto con un efficace agente igienizzante e ossidante anche nell'industria del vino. Un altro studio realizzato da Wüst M. et al., 2018, sostiene come i trattamenti post-vendemmia dell'uva con ozono possono stimolare risposte di difesa sintetizzando metaboliti secondari quali composti organici volatili liberi e glicosilati contro lo stress ossidativo. Sono state studiate due diverse concentrazioni di ozono, in diversi tempi di esposizione subito dopo il trattamento (uva fresca) e dopo una parziale disidratazione fino al 20% di perdita di peso (uva appassita). Lo studio è stato condotto su uve di varietà Moscato bianco. I risultati ottenuti hanno mostrato che il trattamento a breve termine con ozono ha causato una significativa diminuzione del contenuto totale di composti volatili organici liberi nell'uva fresca come linalolo, geraniolo e nerolo. Il trattamento con ozono più forte e più lungo ha indotto la sintesi del linalolo in risposta a un maggiore stress abiotico. Non sono stati osservati cambiamenti significativi nel contenuto di geraniolo e nerolo nell'uva fresca. I risultati evidenziano che l'ozono può essere utilizzato come agente sanificante nei vitigni aromatici prima della vinificazione senza alterare drasticamente il profilo aromatico delle uve fresche e persino migliorandolo nelle uve appassite.

- *Multioxygen s.p.s. 2018. Ozone technology. <http://www.multioxygen.com>*
- *Riciputi C.. 2021. Acqua sterilizzata all'ozono per irrigare e per trattamenti ortofrutticoli. Fresh Plaza 14-10*
- *Redazione. 2015. Il Conegliano Valdobbiadene sperimenta l'ozono in vigneto. Vigne, vini e qualità – Edagricole 15-7*
- *Margherita Modesti M., Macaluso M., Taglieri I, Bellincontro e Sanmartin C.. 2021. Ozone and Bioactive Compounds in Grapes and Wine. Foods*
- *Campayo A., Serrano de la Hoz K., Mercedes García-Martínez M., Rosario Salinas M. e L. Alonso G.. 2019. Spraying Ozonated water on Bobal grapevines: effect on wine quality. Biomolecules 01-02*
- *Wüst M., Colelli G. e Navrot N.. 2018. Grape response to postharvest short – term ozone treatments. Frontiers in Plant Science 11-12*

1.5 *Plasmopara viticola* e *Uncinula necator*

Plasmopara viticola è un microrganismo appartenente al dominio degli Eucarioti, divisione *Straminopiles*, classe *Oomycetes*, ordine *Peronosporales*, famiglia *Peronosporaceae*, genere *Plasmopara* ed infine specie *Plasmopara viticola*. È un patogeno policiclico e parassita obbligato, agente eziologico della peronospora della vite, una delle malattie più diffuse e distruttive che affligge la vite specie *Vitis vinifera*. Questo patogeno originario del nord America fu identificato sia su vite

selvatica che su vite coltivata nel 1878 in Francia nell'area del Bordeaux per poi diffondersi in gran parte d'Europa, Africa e Asia.

La malattia ha origine dalle oospore che si formano durante il periodo vegetativo in seguito alla fecondazione di un oogonio (organo femminile) da parte di un anteridio (organo maschile). Le oospore raggiungono la maturità in autunno e rimangono dormienti fino alla primavera successiva quando germinano se si verificano determinati fattori di temperatura e piovosità. Le oospore emettono lo sporangio piriforme contenente le zoospore responsabili delle infezioni primarie, queste sono provviste di una coppia di flagelli per muoversi nel velo d'acqua creato in seguito alle precipitazioni e arrivano nelle aperture stomatiche dove si incistano e perdono i flagelli. Questa fase è molto delicata ed il successo delle zoospore dipende dalle condizioni ambientali, prima fra tutte la disponibilità di acqua libera sulla superficie fogliare. Una volta penetrati i tessuti verdi della vite le zoospore emettono il tubetto germinativo che penetra all'interno degli stomi e produce l'austorio. Avvenuto tutto ciò si può confermare che l'infezione è avvenuta e inizia la formazione del micelio quindi lo sviluppo del patogeno all'interno dei tessuti della pianta. Il periodo di incubazione che è l'intervallo tra la penetrazione e la sporulazione è influenzato da temperatura e dall'umidità relativa e varia dai 4 a 23 giorni, durante questo periodo il patogeno si sviluppa all'interno del mesofillo fogliare negli spazi intercellulari emettendo gli austori a forma di bottone che penetrano all'interno delle cellule per estrarre il nutrimento. Durante il ciclo vitale del patogeno si differenzia la riproduzione agamica perpetuata da zoospore durante la stagione vegetativa, mentre a fine stagione avviene la fecondazione gamica che produrrà oospore resistenti durante il periodo di quiescenza invernale. Questo causa il disfacimento del tessuto fogliare che si manifesta sulla pagina superiore delle foglie con le tipiche macchie circolari gialle dette comunemente "a macchia d'olio".

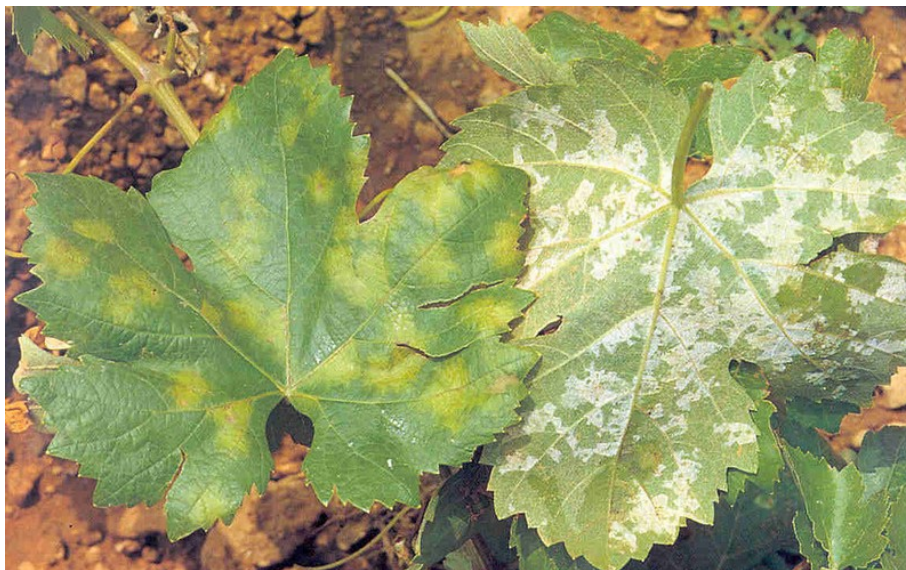


Figura 1.1 Le "macchie d'olio" sulle foglie causate da peronospora

Sulle foglie più vecchie, a stagione inoltrata, i sintomi mostrano piccole macchie poligonali lungo le nervature principali chiamata “peronospora a mosaico”.

Il patogeno emette i rami sporangiofori dalla pagina inferiore della foglia, visibili dalle macchie bianche, in cui si differenziano gli sporangi i quali, a loro volta, rilasciano nell’ambiente altre zoospore responsabili delle infezioni secondarie. La sporulazione degli sporangi avviene solo a determinate condizioni: durante la notte devono verificarsi almeno quattro ore di umidità relativa superiore al 92% e la temperatura deve essere superiore a 13°C. Con l’aiuto del vento e della pioggia le zoospore contagiano altri tessuti sani dando inizio ad altri cicli di infezione. Con l’aumentare delle temperature, in estate il tempo di incubazione e la durata di un ciclo di infezione diminuiscono.

I sintomi sulle foglie possono aggravarsi con il disseccamento delle aree colpite dal patogeno, fino alla cascola precoce. Anche grappoli formati e fiori sono sensibili al patogeno. Durante la fase di fioritura i grappolini colpiti si ingialliscono e assumono una forma a “S” fino al completo o parziale disseccamento. Nel grappolo tra la fase dell’allegagione e di chiusura grappolo in condizioni di bassa umidità relativa, si ha la manifestazione della forma larvata, ovvero senza la fuoriuscita dei rami conidiofori, si manifesta solo come imbrunimento e disseccamento parziale o totale degli acini, in questo caso i grappoli assumono una forma ad uncino. A fine stagione questo patogeno colpisce anche le femminelle che in presenza di condizioni favorevoli al parassita possono in qualche misura rallentare o compromettere la maturazione dei grappoli e la qualità delle uve.



Figura 1.2 Esempio di disseccamento del grappolo causato da peronospora

Il principio attivo tradizionale per la lotta alla peronospora della vite è il rame, i fungicidi rameici utilizzabili anche in agricoltura biologica, sono usati nel contenimento di questo patogeno anche se sono semplici prodotti di copertura per la prevenzione dell'infezione, quindi è necessario effettuare trattamenti ravvicinati per garantire la copertura della vegetazione. Dal dopoguerra ad oggi sono stati introdotti un gran numero di principi attivi per la lotta alla peronospora anche con prodotti citotropici e sistemici che hanno una maggiore resistenza al dilavamento. Per contro, l'uso senza criterio di questi prodotti può far sorgere nel patogeno dei fenomeni di resistenza e adattamento, cosa che non si verifica con i prodotti rameici e multisito. Tra le pratiche agronomiche troviamo quelle atte a ridurre o ad eliminare l'inoculo presente tramite l'asportazione di tralci e foglie infette, interrimento delle foglie cadute ed estirpazione dei vigneti abbandonati. La lavorazione del suolo e la forma di allevamento adatta sono buone pratiche per evitare situazioni favorevoli all'instaurarsi del patogeno.

Uncinula necator (sinonimo *Erysiphe necator*, forma conidica *Oidium Tuckeri*) è un fungo fitopatogeno della famiglia *Erysiphaceae* agente eziologico dell'oidio della vite. È un parassita obbligato e distrugge la parte aerea della pianta. Introdotto da un altro continente e segnalato per la prima volta nel 1847 a Parigi, l'oidio si diffuse rapidamente in tutta l'Europa giungendo in Italia nel 1851. La vite europea *Vitis vinifera* è uno degli ospiti preferiti di questo patogeno ed è uno dei funghi che compromette maggiormente la potenzialità produttiva della vite.

L'oidio si manifesta con macchie pulverulente grigio-biancastre che ricoprono gli organi verdi della pianta con una graduale decolorazione della pagina superiore della foglia, che prima ingiallisce e successivamente si necrotizza. Questo determina una crescita anomala della foglia che si arriccia e si contorce dal momento che l'epidermide durante la crescita non si distende in modo normale.



Figura 1.3 Effetti dell'oidio sulle foglie

Il danno maggiore si verifica negli acini che si deformano e si spaccano sotto la pressione interna della polpa che aumenta di volume, in questo modo il parassita si diffonde rapidamente e inoltre si può verificare la possibilità di insediamento di altri patogeni come *Botrytis cinerea* agente causale della muffa grigia. Se l'attacco è precoce può portare all'inibizione della crescita dei grappolini che abortiscono e muoiono, mentre se gli acini sono già formati ma ancora piccoli ne blocca lo sviluppo.



Figura 1.4 Esempio di deformazione degli acini colpiti da oidio

L'umidità sommata al caldo, alla luce diffusa e alla scarsa aereazione sono fattori che contribuiscono all'insorgere dell'oidio che si manifesta in una fascia che va dai 6°C fino a 32°C con un ottimo tra 20°C e 28°C, questo favorisce la crescita del fungo soprattutto in autunno e in primavera. Anche il vento può concorrere allo sviluppo di questo fungo in quanto trasporta i conidi, cioè le spore, nelle altre piante sane.

L'infezione oidica ha effetti sulla quantità e qualità dell'uva, infatti esiste una correlazione positiva tra grado di infezione da oidio e concentrazione nelle uve e nel vino di acidità titolabile, polifenoli totali, acidi idrossicinnamici e flavonoli. Riguardo alla quantità si nota che nell'uva infetta da oidio è presente una riduzione del peso degli acini e nel numero medio di acini per grappolo. In merito alla qualità del vino, i vini con infezione da oidio risultano più viscosi e oleosi al palato con note di "fungo", "terra" e "pomodoro cotto".

La lotta all'oidio risulta spesso difficile dal momento che il patogeno ha un intervallo di sopravvivenza molto ampio. Il diradamento dei germogli e la sfogliatura per consentire l'arieggiamento sono delle pratiche agronomiche efficaci per prevenire lo sviluppo di questo fungo in quanto si eliminano i ristagni di umidità e con meno vegetazione si ha una migliore penetrazione dei trattamenti. Per quanto riguarda la lotta chimica è importante eseguire trattamenti preventivi con

zolfo e poi dalla fase di prefioritura con Quinoxifen e Spiroxamina fino alla chiusura del grappolo. Contro l'oidio è possibile avvalersi anche della lotta biologica con *Ampelomyces quisqualis*, un fungo anamorfo iperparassita dell'oidio che riduce la crescita ed eventualmente uccidere il patogeno.

- Cavenago B., 2021. *Plasmopara viticola: l'agente eziologico della peronospora della vite. Microbiologia Italia 12-01*

1.6 Obiettivi

In un settore come quello agricolo in cui le colture sono costantemente minacciate da malattie e da perturbazioni atmosferiche che possono provocare danni ingenti alle colture, è importante ridurre al minimo i danni causati da questi due fattori in quanto pesano anche nel bilancio economico dell'azienda. Solo le malattie si possono contenere. Come già detto, la difesa non può avvenire utilizzando solo mezzi chimici che hanno un costo ed un impatto ambientale più alto rispetto agli altri mezzi di lotta alternativi sopra descritti.

Questo studio vuole approfondire l'efficacia dell'ozono come mezzo alternativo per la difesa dalle malattie peronospora e oidio. Questa prova è stata contestualizzata all'interno di un vigneto a conduzione convenzionale per replicare le condizioni operative integrando l'ozono ad una difesa convenzionale ed integrata con prodotti fitosanitari.

In secondo luogo in questo esperimento si è voluto scoprire se esistono dei margini di miglioramento del metodo di applicazione e delle performance dell'irroratrice utilizzata per l'ozonizzazione.

Capitolo 2

Materiali e metodi

2.1 Inquadramento aziendale e climatico

La sperimentazione è stata condotta a partire da Maggio 2021 fino a Settembre 2021 presso l'azienda "Cescon Giuseppe e Antonella Società Semplice Agricola" di Chiarano, Treviso. L'azienda lavora un totale di 50 ettari di vigneto non irriguo con varietà di Glera, Pinot Grigio, Pinot Bianco, Chardonnay, Merlot e Raboso. La forma di allevamento prevalente è quella a Sylvoz utilizzata per gli impianti recenti, mentre per i vecchi impianti è a Guyot. La lotta integrata è la pratica di difesa utilizzata

L'andamento climatico a livello aziendale rilevato dalla centralina metereologica situata in prossimità del sito sperimentale ha registrato un andamento simile a quello rilasciato dal consorzio fitosanitario Treviso-Vicenza-Belluno.

Tra Aprile e Maggio è stato registrato un ritardo nella fenologia della vite, a causa delle temperature inferiori alle medie del periodo storico. Gli innalzamenti termici di metà Maggio hanno dato impulso allo sviluppo vegetativo il quale risulta comunque in ritardo. In particolare, il mese di Maggio è stato particolarmente piovoso con la presenza di numerose piogge infettanti

Tabella 2.1 Dati metereologici del mese di Maggio 2021

| Dati metereologici Maggio 2021 | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Temperatura media | 15°C (-2,41°C sulla media) |
| Umidità relativa media dell'aria | 77% |
| Piuvosità | 201 mm (+100 mm sulla media) |
| Giorni piovosi | 25 |

Ad inizio Giugno sono stati confermati circa 15 giorni di ritardo fenologico. I valori termici sopra la media e le piogge limitate di metà Giugno hanno mantenuto contenuti i riscontri di peronospora a livello consortile.

Tabella 2.2 Dati metereologici del mese di Giugno 2021

| Dati metereologici Giugno 2021 | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Temperatura media | 23,4°C (+2,46°C sulla media) |
| Umidità relativa media dell'aria | 65% |
| Piuvosità | 42 mm (-57 mm sulla media) |
| Giorni piovosi | 8 |

Come per Giugno, durante il mese di Luglio la pressione dei patogeni fungini è calata a causa dell'incremento delle temperature e delle piogge limitate.

Tabella 2.3 Dati metereologici del mese di Luglio 2021

| Dati metereologici Luglio 2021 | |
|---------------------------------------|---------|
| Temperatura media | 23,83°C |
| Umidità relativa media dell'aria | 67% |
| Piuvosità | 66 mm |
| Giorni piovosi | 9 |

Il mese di Agosto non registra condizioni climatiche differenti ma simili a quelle di Luglio. Il grafico riportato di seguito descrive l'andamento climatico durante il periodo di sperimentazione.

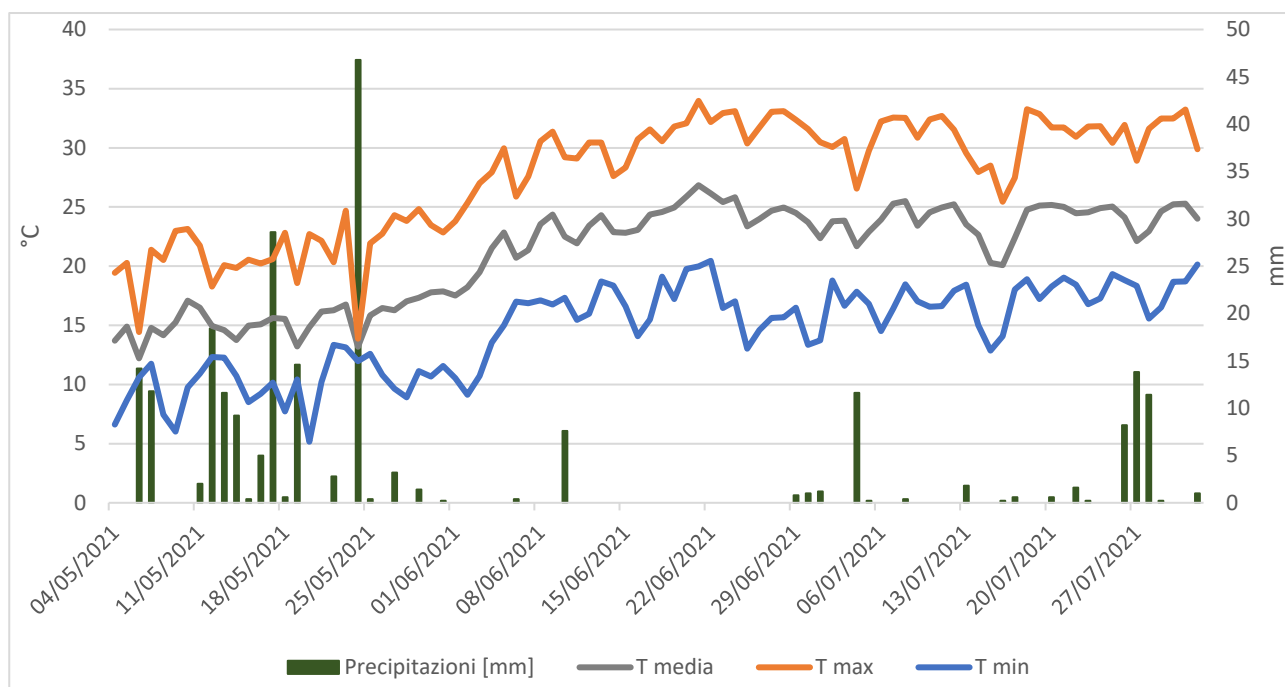


Figura 2.1 Andamento climatico rilevato dalla centralina meteo aziendale durante il periodo di studio

2.2 Descrizione Irroratrice e kit per ozono di Storti

In questo esperimento sono state utilizzate due macchine irroratrici: un atomizzatore portato Europiave Elk 88 abbinato al generatore di ozono Airone G2000 Ecofarm-Storti e un'irroratrice a tunnel Bertoni Green Tech TRS.

L'atomizzatore portato Europiave Elk 88 viene agganciato all'attacco a tre punti posteriore del trattore e il suo funzionamento avviene tramite un giunto cardanico. Gli atomizzatori Europiave sono costruiti secondo criteri di massima funzionalità e maneggevolezza, la cisterna è costruita in vetroresina rinforzata con segna livello esterno, il telaio è in ferro zincato a caldo per una maggiore resistenza. Il sistema di irrorazione è costituito da una pompa che mette in pressione l'acqua all'interno della cisterna e, passando prima in un filtro, la invia a 12 ugelli posti in serie a forma di cerchio e collegati attraverso un tubo. Per i fini della prova sono stati utilizzati ugelli in ceramica TeeJet gialli che erogano 0,8 l/minuto e polverizzano in gocce la miscela antiparassitaria che viene trasportata sulla coltura da trattare tramite un flusso d'aria generato da una ventola. L'aria mossa dal generatore agita il fogliame della coltura da trattare migliorando la copertura e la penetrazione. Per il controllo della pressione si utilizza un manometro. Il flusso nebulizzato è raddrizzato dalle pale della ventola ruotabili in modo da ottenere una distribuzione uniforme del prodotto senza dispersioni. Il modello in questione presenta un serbatoio con capacità di 400 l, la pompa ha una portata di 3264 l/h con 4 membrane e riesce a creare una pressione di 10 atm.

A questo atomizzatore è collegato il generatore di ozono Airone G2000 Ecofarm realizzato dall'azienda costruttrice di macchine agricole Storti. Si tratta di un sistema professionale ad ozono per il trattamento dell'acqua nel serbatoio dell'atomizzatore, mediante gorgogliamento. È possibile controllare il livello di ozono, con un misuratore redox e un tablet situato in cabina di guida. Include anche un gestore di allarmi e manutenzione, registrazione dei dati e visualizzazione di grafici nel display e la lettura di ampere. Questo generatore è costituito da un dielettrico al borosilicato raffreddato ad aria, un concentratore di ossigeno di allumina attivata, un filtro particelle-carbone attivo, particolato e un essiccatore a membrana.

Per attuare il processo di produzione dell'acqua ozonizzata è necessario che il generatore sia collegato ad una bombola di ossigeno. La trasformazione dell'ossigeno in ozono avviene attraverso scariche elettriche, il gas viene poi miscelato con l'acqua che viene irrorata sulle colture. Inizialmente il volume di irrorazione utilizzato è stato di 350 l/h, poi è aumentato a 720 l/h in funzione dell'aumento di vegetazione. La velocità di avanzamento del trattore era di 4,2 Km/h, la pressione 10 atm, il potenziale elettrico in uscita dagli ugelli era di 660 mV mentre all'interno della cisterna era di 800/900 mV e la pompa girava con un numero di giri di 450 rpm. La distribuzione avveniva proporzionalmente al regime del motore. L'impianto di ozonizzazione funziona a 12V come i più comuni impianti elettrici di trattori e macchine agricole, assorbe in media circa 18W. Il tempo per ozonizzare 350 l di acqua di pozzo con miscelatore attivo varia da 7 a 16 minuti, in funzione della pulizia, della temperatura, del pH dell'acqua e della pulizia del serbatoio. Il generatore di ozono può funzionare anche mentre il trattore si dirige verso il vigneto e può restare attivo durante il trattamento per mantenere al massimo il potenziale redox di 900mV, valore massimo raggiungibile in questo tipo di generatore. È opportuno inoltre risciacquare tutto l'impianto di erogazione (tubazioni ed ugelli) irrorando a vuoto al fine di pulire le tubazioni, infatti eventuali depositi di ossido o materiale biologico potrebbero alterare il potenziale redox dell'acqua e quindi l'efficacia del trattamento. Di seguito in tabella 2.4 sono elencate le caratteristiche tecniche specifiche per questo generatore di ozono.

Tabella 2.4 Caratteristiche del generatore di ozono

| Caratteristiche generatore di ozono Airone G2000 | |
|---|----------------------|
| Produzione Ozono massima | 20 gr/h |
| Concentrazione Ozono ottimale | 70 gr/m ³ |
| Portata Ozono uscita ottimale | 5 lpm |
| Alimentazione elettrica | 12 V |
| Consumo | 250 W |
| Peso | 35 Kg |
| Dimensioni A x B x C mm | 800 x 420 x 250 |



Figura 2.2 Irroratrice Europiave con generatore di ozono Ecofarm



Figura 2.3 Irroratrice Europiave – Ecofarm in campo

L'irroratrice a tunnel Bertoni Green Tech TRS utilizzata per eseguire i trattamenti chimici è un'irroratrice costituita da pannelli per il recupero del prodotto. Questi mettono in circolazione il prodotto fitosanitario che attraversa il filare movimentando le foglie e, aspirato dai ventilatori, viene rimesso in circolo. Questo sistema crea un vantaggio sia per l'ambiente in quanto elimina la deriva, sia per l'utilizzatore che risparmia economicamente sulla quantità di prodotti fitosanitari utilizzati. Questo modello presenta un serbatoio in vetroresina con trattamento interno isoftalicodi con capacità di 10000 l, la pompa ha una portata di 120 l/minuto con 4 membrane in viton erogando una pressione di 50 atm. È stata scelta questo tipo di irroratrice in modo da minimizzare la contaminazione tra trattamenti.



Figura 2.4 Irroratrice a tunnel a recupero Bertoni usata per la difesa chimica

2.3 Disegno Sperimentale

La superficie vitata totale coinvolta nella sperimentazione è stata di 2850 m² facenti parte di un vigneto di 1 ettaro di Pinot Grigio. Il vigneto sperimentale è situato nel comune di Chiarano (TV), su terreno pianeggiante e suolo franco-argilloso. Le viti di verità Pinot Grigio hanno un'età media di dodici anni, sono allevate a Guyot doppio e presentano un sesto di impianto di 2,2 m per 0,8 m.

L'area di studio è stata divisa in due blocchi sperimentali composti ognuno da otto filari. Ogni blocco consisteva nella ripetizione su due filari di ognuna delle tre tesi oggetto di sperimentazione di seguito descritte.

Chimico: trattamenti fitosanitari eseguiti con irroratrice a recupero Bertoni Green Tech TRS Small. Il Sign. Cescon ha scelto i principi attivi e l'epoca di irrorazione in funzione dello stadio fenologico e del rischio di infezione identificato tramite modelli previsionali, previsioni metereologiche e variabili microclimatiche rilevate dalla centralina aziendale.

Ozono: l'irrorazione con ozono è stata utilizzata con presenza di basso rischio di infezione intervenendo con una difesa chimica con alto rischio di infezione. L'irrorazione dell'acqua ozonizzata è avvenuta tramite irroratrice assiale Europiave munita di sistema di ozonizzazione Ecofarm, entrambi opportunamente revisionati e calibrati prima della sperimentazione.

Chimico=OZ: terza tesi di verifica dell'efficacia dell'ozono dove si è utilizzato il protocollo di difesa convenzionale della tesi ozono, ma senza eseguire i trattamenti con acqua ozonizzata. Questa tesi è stata quindi controllata con l'utilizzo di difesa chimica solo in presenza di un elevato rischio di

infezione. Due filari trattati con metodo convenzionale separavano le tesi ozono dalle altre per evitare la contaminazione di acqua ozonizzata nelle tesi solo chimico.

È stata realizzata anche una tesi di Controllo che consisteva in un gruppo di sei piante in cui non sono stati eseguiti trattamenti antifungini per tutta la stagione produttiva, tesi non considerata ai fini dell'analisi statistica della prova ma solo per la verifica della presenza di peronospora ed oidio in vigneto e le date delle prime infezioni.

Una difesa di tipo chimico con macchina a recupero analoga a quella corrispondente alla tesi chimico gestiva i filari contigui alle tesi sperimentati, la deriva verso le tesi è pertanto ridotta al minimo.

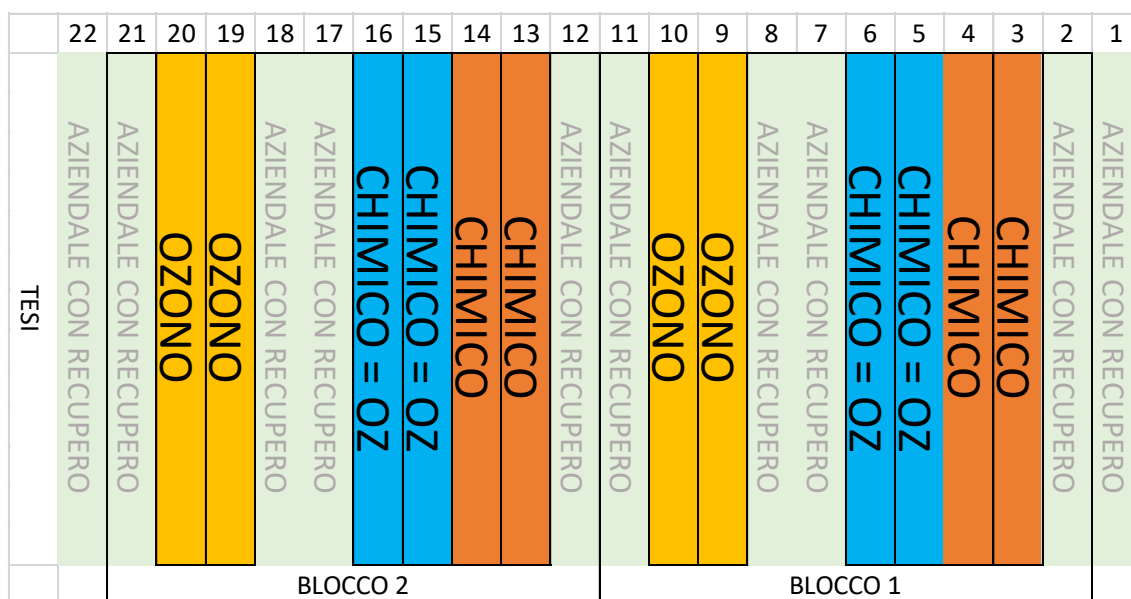


Figura 2.5 Riassunto dello schema sperimentale

2.4 Calendario dei trattamenti

Tra Aprile e Maggio registrando un ritardo nella fenologia della vite a causa delle basse temperature, è stato consigliato di intervenire con prodotti antiperonosporici e antioidici come Airone e Folpet. A metà Maggio con l'impulso dello sviluppo vegetativo sono state segnalate le prime macchie peronosporiche primarie giustificate delle precipitazioni frequenti. Di conseguenza si è continuato a mantenere una protezione contro peronospora e oidio con prodotti di copertura e/o citotropici come Dimetomorf, Poliram, Fosfiti e zolfo.

Ad inizio Giugno per la difesa antiperonosporica sono stati consigliati prodotti citotropici/translaminari come Mancozeb, Orondis visto l'elevato rischio di infezione e la presenza di fiori in tutte le varietà. Sono stati segnalati però i primi sintomi di oidio su grappolo.

Nel mese di Luglio sintomi di peronospora sono apparsi su tralci di recente sviluppo, specialmente in assenza di potatura verde, viene utilizzato Mildigut. La presenza di peronospora larvata è segnalata come marginale. Si è consigliato di intervenire in presenza di focolai di oidio con zolfo.

Nel mese di Agosto si è iniziato ad utilizzare prodotti rameici classici anche a protezione delle ultime foglie. Intorno a Ferragosto sono stati consigliati gli ultimi interventi rameici e a base di zolfo rispettivamente contro peronospora ed oidio in modo tale da rispettare i tempi di carenza in vista della vendemmia. La tabella 2.5 elenca le date dei trattamenti chimici e con ozono ed i prodotti fitosanitari utilizzati. Il volume di irrorazione varia in relazione alla quantità di vegetazione del vigneto.

Tabella 2.5 Protocollo di difesa

| Giorno | Prodotto | l/ha chimico | O₃ | l/ha ozono |
|---------------|---|---------------------|----------------------|-------------------|
| 10 Maggio | Airone + Folpet | 50 | x | 350 |
| 14 Maggio | | | x | 350 |
| 17 Maggio | Dimetomorf + Poliram + Fosfiti + Zolfo | 60 | | |
| 22 Maggio | Dimetomorf + Poliram + Fosfiti + Zolfo | 60 | | |
| 29 Maggio | Poliram + Zolfo + Zorvec | 70 | | |
| 4 Giugno | Mancozeb + Orondis + Zolfo + Dimetomorf | 150 | | |
| 10 Giugno | Mancozeb + Orondis + Zolfo + Dimetomorf | 150 | | |
| 15 Giugno | Poliram + Orondis + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 24 Giugno | Folpet + Zolfo + Fosfito | 200 | x | 720 |
| 2 Luglio | Mildigut + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 12 Luglio | Mildigut + Zolfo | 200 | | |
| 18 Luglio | Ridomil + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 31 Luglio | Folpet + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 2 Agosto | | | x | |
| 9 Agosto | | | x | |
| 16 Agosto | | | x | |
| 23 Agosto | | | x | |

2.5 Processo decisionale per l'applicazione dell'ozono

Quando il rischio di infezione da peronospora ed oidio non fosse ritenuto così grave da compromettere la produzione finale era sufficiente il trattamento a base di ozono sostituendo completamente il trattamento chimico con acqua ozonizzata. In presenza di condizioni ambientali favorevoli alle infezioni di peronospora e ad una fase fenologica suscettibile della vite si è passati ad una difesa di tipo chimico.

Conoscendo il ciclo biologico dei patogeni e limitati dalla breve durata dell'effetto dell'ozono dopo l'irrorazione, la strategia di difesa con ozono concentrava i trattamenti nelle fasi in cui le zoospore di peronospora fossero più esposte ai trattamenti. A tal proposito si è voluto irrorare l'ozono appena dopo il probabile rilascio di zoospore provocato da una precipitazione o da umidità dell'aria elevata. Quindi i trattamenti con ozono avvenivano successivamente ad una precipitazione, appena fosse possibile rientrare in campo, o a seguito di nottate nelle quali si registrava una bagnatura fogliare prolungata. Tutte le irrorazioni sono avvenute alla sera o, preferibilmente al mattino, le temperature più basse e l'umidità del mattino prolungavano la persistenza dell'ozono sulla vegetazione. Dalla letteratura esaminata è emerso che, in trattamenti a base di acqua ozonizzata, è necessario irrorare la vegetazione superando il limite di gocciolamento. Questo assicura che ogni punto della vegetazione venga raggiunto dal trattamento e da un livello di ozono tale da garantire l'effetto biocida contro i patogeni. Una volta ricavato il volume di irrorazione ideale dal servizio gratuito web di Dosaviña (Universitat Politècnica de Catalunya), pari a 374 l/ha, l'irroratrice è stata regolata per irrorare il doppio del volume ideale circa 720 l/ha. Sono stati eseguiti due interventi ad inizio ciclo vegetativo, per poi riprendere dall'allegagione fino a fine Agosto, poco prima della raccolta, valutando le fasi di rischio soprattutto per oidio e botrite oltre che per verificare un possibile effetto positivo sulla qualità delle uve trattate con ozono durante la maturazione. Grazie alla capannina meteo aziendale collegata alla piattaforma *Agricolus* adiacente al vigneto di studio è stato possibile avere una stima reale dei modelli previsionali di peronospora e oidio. Inoltre il sistema di supporto delle decisioni di questa piattaforma ha potuto individuare le diverse fasi di rischio delle malattie.

– Dosaviña. 2018. <https://dosavina.upc.edu/>



Figura 2.6 Capannina metereologica aziendale

2.6 Campionamento

Per valutare la presenza di peronospora ed oidio in funzione della loro severità su foglie e grappoli in ciascuna tesi sono stati ricavati due transetti composti da otto viti contigue campionando sei viti tra queste otto. I danni da peronospora ed oidio presenti sono stati valutati campionando tutte le foglie e tutti i grappoli del tralcio verticale posizionato tra la terza e la quinta gemma. In totale sono stati considerati otto transetti per blocco, nonché quattro transetti per tesi, 24 viti e tralci per tesi, in tutto 144 viti.

In tabella 2.6 sono riportate le date di ogni rilievo. La valutazione dei danni da peronospora ed oidio è avvenuta basandosi su una scala di danno da 0 a 7, come raffigurato in figura 2.8 e 2.9.



Figura 2.7 Punti di campionamento selezionati

Tabella 2.6 Date di ciascun rilievo

| Data rilievo | Codice | Stadio fenologico | N° Foglie | N° Grappoli |
|---------------------|---------------|---|------------------|--------------------|
| 01 Giugno | 57 | Infiorescenze pienamente visibili | 7.3 | 1.68 |
| 18 Giugno | 73 | Acini delle dimensioni di un granello di pepe | 18.2 | 1.71 |
| 06 Luglio | 77 | Chiusura grappolo | 22.46 | 1.75 |
| 20 Luglio | 81 | Inizio invaiatura | 24.31 | 1.74 |
| 02 Settembre | 90 | Vendemmia | na | na |

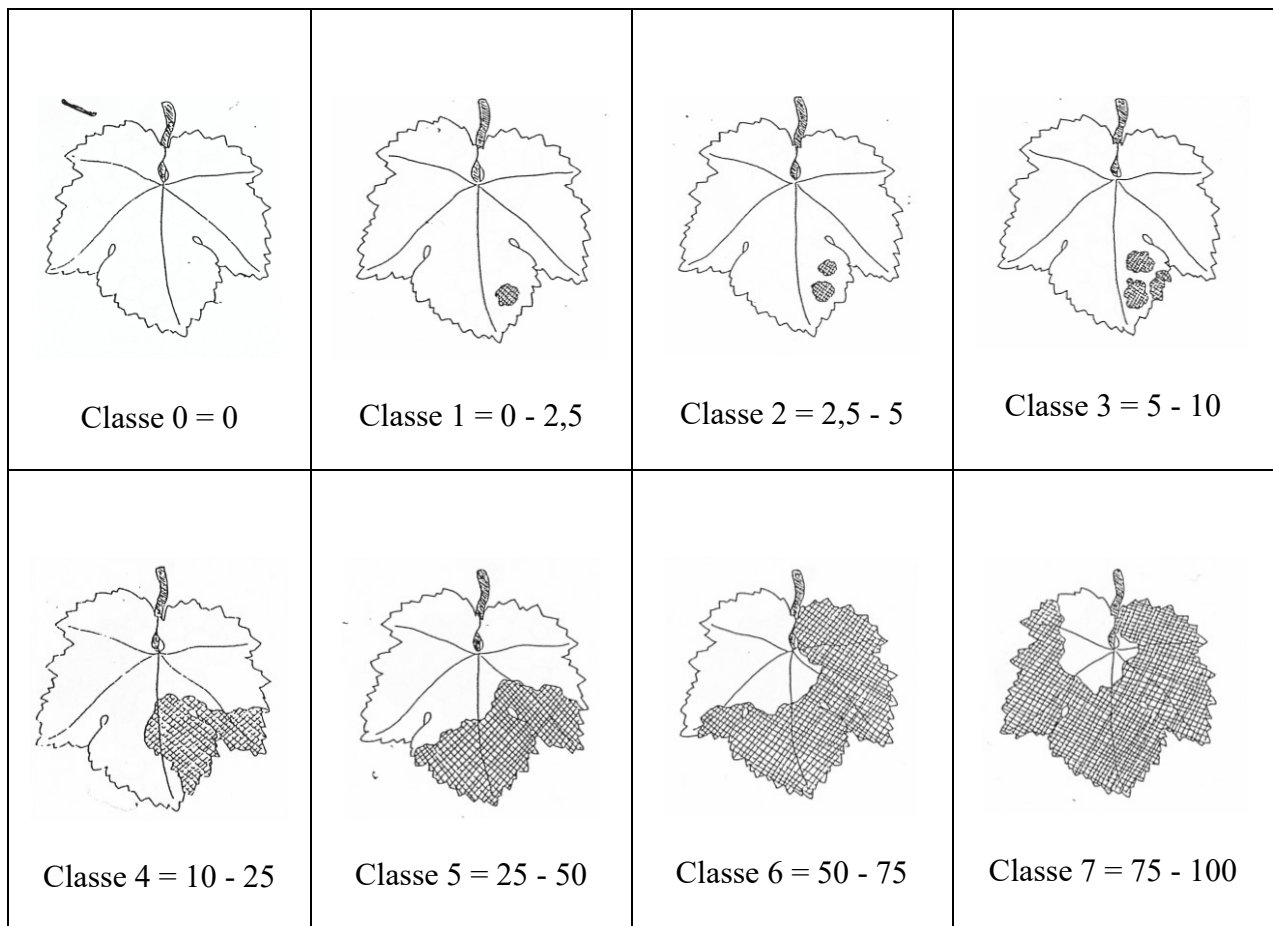


Figura 2.8 Standard di riferimento per la quantificazione di peronospora su foglia

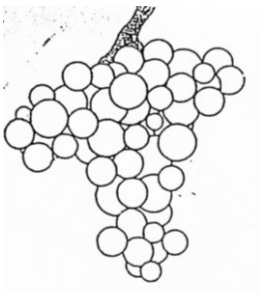
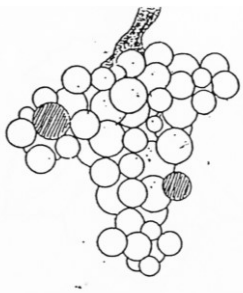
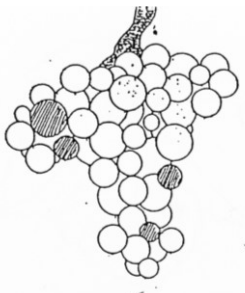
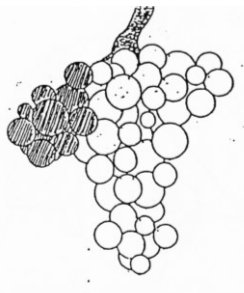
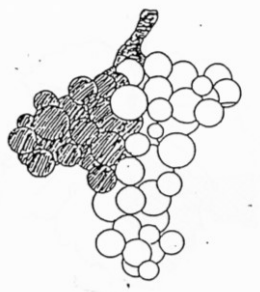

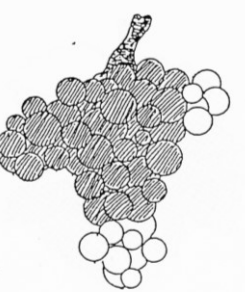
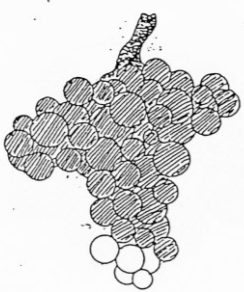
| | | | |
|--|--|---|---|
|  <p>0 = sano</p> |  <p>1 = con 1 – 2 acini colpiti</p> |  <p>2 = con più acini colpiti o 1 – 2 isolati</p> |  <p>3 = un'ala o altra parte consistente colpita</p> |
|  <p>4 = colpito fino ad un quarto del grappolo</p> |  <p>5 = colpito fino a metà</p> |  <p>6 = colpito fino a tre quarti</p> |  <p>7 = colpito quasi totalmente</p> |

Figura 2.9 Standard di riferimento per quantificazione peronospora su grappolo

I dati sono stati analizzati per organo colpito tramite analisi della varianza multivariata per tutte le variabili e a due vie (tesi e blocco) in ogni singola data. L'analisi statistica utilizzata è ANOVA multifattoriale scorporando l'effetto "Blocco", eseguita tra i rilievi e per ciascuna data. I risultati sono riassunti in grafici box plot nel capitolo 3 in cui le lettere diverse sopra ogni grafico indicano se vi siano differenze tra le tesi. Il test "Turkey" ha permesso l'identificazione delle differenti tesi.

Ad ogni rilievo sono state monitorate tutte le foglie e tutti i grappoli del tralcio campionato senza considerare le porzioni di organo disseccate per cause abiotiche prive di sintomatologia riconducibile al patogeno monitorato. Ad ogni foglia e grappolo è stato attribuito un punteggio convertito in un indice di McKinney.

Per la stima del danno veniva utilizzato l'indice di McKinney I il quale permette di linearizzare stime effettuate visivamente. La formula è:

$$I = \frac{\Sigma(i * f)}{n}$$

In cui:

- i : intensità, severità del danno;
- f : frequenza, n° di individui o organi per ogni classe di intensità;
- n : numero totale di individui o organi.

Tabella 2.6 Classi di danno usate per la stima del danno

| Classi | | McKinney $i \times f$ |
|--------|--------|-----------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0-2.5 | 1.25 |
| 2 | 2.5-5 | 3.75 |
| 3 | 5-10 | 7.5 |
| 4 | 10-25 | 17.5 |
| 5 | 25-50 | 37.5 |
| 6 | 50-75 | 62.5 |
| 7 | 75-100 | 87.5 |

Capitolo 3

Risultati

3.1 Analisi del cantiere di lavoro

L'analisi del cantiere di lavoro consiste nello scomporre il lavoro oggetto di studio in operazioni elementari alle quali corrisponderanno determinati tempi elementari di esecuzione. I tempi di lavoro si dividono in “tempo effettivo di lavoro utile” denominato TE e “tempi accessori di lavoro” chiamati TA. Questi ultimi sono suddivisi in:

- TAV tempo accessorio per svolte e manovre sul campo;
- TAS tempo accessorio per rifornimento di materiali necessari al funzionamento della macchina;
- TAC tempo accessorio per la regolazione della macchina durante il lavoro.

Grazie alla somma del tempo effettivo di lavoro utile TE e di tutti tempi accessori TA, è possibile ottenere il valore del “tempo operativo” TO. Mettendo poi in rapporto TE con TO e moltiplicando cento si consegue il dato percentuale di “coefficiente operativo della macchina” Ro (%).

In questo studio nel calcolo dei tempi non sono stati considerati i tempi di trasferimento della macchina in campo e i tempi di regolazione della macchina durante il lavoro TAC. È stato cronometrato, in entrambe le irroratrici, il tempo impiegato dal trattore con irroratrice a trattare un filare TE, operazione ripetuta in più filari in modo da ricavare una media del tempo speso per trattare un filare. Questo processo è stato utilizzato anche per calcolare il tempo di svolta a fine campo TAV, cioè il tempo che il trattore con irroratrice impiegava a spostarsi da un filare ad un altro. Questo valore dipende dall'ingombro del trattore e della macchina irroratrice. Prima di procedere con l'irrorazione, era necessario ricaricare entrambe le irroratrici con la miscela antiparassitaria impiegando un tempo TAS. Per l'irroratrice Europiave con generatore di ozono Ecofarm-Storti il tempo TAS è costituito dal tempo di caricamento dell'acqua nel serbatoio e dal tempo di ozonizzazione che variava a seconda della temperatura e delle caratteristiche chimiche dell'acqua.

Sapendo che il volume di irrorazione utilizzato per l'irroratrice Europiave-Ecofarm era di 350l/ha, per i primi due trattamenti è stato eseguito solo un caricamento ad ettaro con conseguente preparazione dell'ozono. Per gli altri trattamenti eseguiti con un volume di irrorazione di 720 l/ha vengono applicati due caricamenti e due preparazioni di ozono ad ettaro. La velocità di avanzamento del trattore era di 4,2 Km/h, la lunghezza dell'appezzamento era di 104,16 m e l'interfila 2,2 m. Il

tempo medio impiegato per irrorare un filare è di 1,26 minuti, il tempo medio per eseguire le svolte è di 0,19 minuti. Nella tabella 1 di seguito riportata sono espressi i valori dei tempi.

Tabella 3.7 Dati dei tempi di lavoro e del rendimento operativo calcolati per l'irroratrice Europiave-Ecofarm

| Tempi | 350 l/ha | 720 l/ha |
|---|-----------------|-----------------|
| TE, tempo di irrorazione ad ettaro (h/ha) | 1,255 | 1,255 |
| TAV, tempo di svolta a fine campo ad ettaro (h/ha) | 0,233 | 0,233 |
| Tempo di caricamento irroratrice H ₂ O (h) | 0,107 | 0,214 |
| Tempo di ozonizzazione (h) | 0,256 | 0,512 |
| TAS = Tempo di caricamento H ₂ O + Tempo di ozonizzazione (h/ha) | 0,363 | 0,726 |
| TO, tempo operativo totale (h/ha) | 1,851 | 2,214 |
| Rendimento operativo (%) | 67% | 56% |

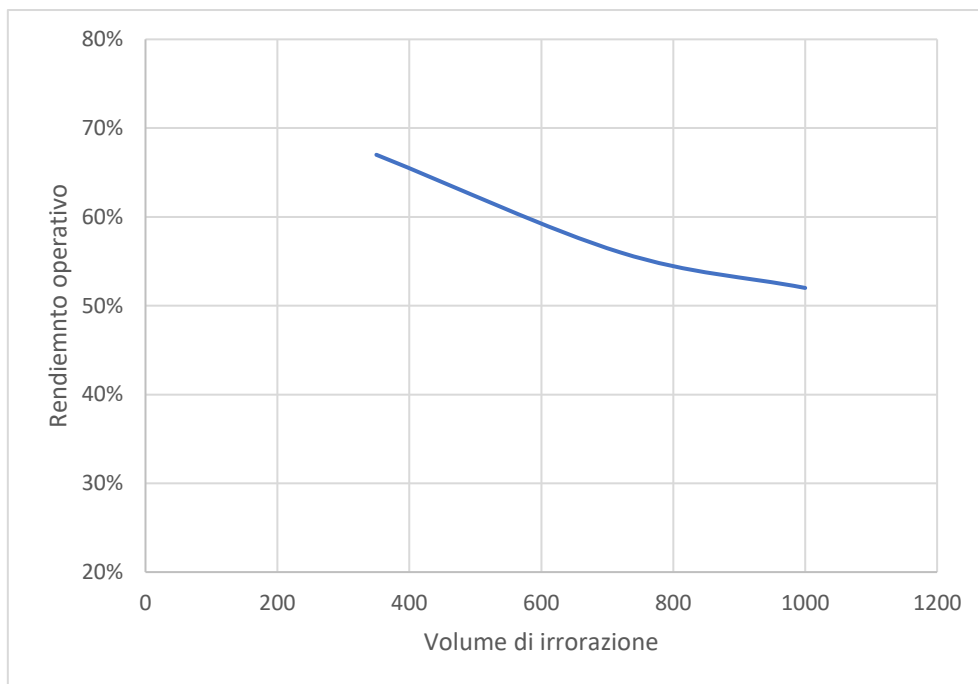


Figura 3.1 Grafico a linee della variazione del rendimento operativo a seconda del volume di irrorazione utilizzato per l'irroratrice Europiave–Ecofarm

Riguardo alla tesi Chimico è stata utilizzata l'irroratrice Bertoni TRS Small, i volumi di irrorazione variavano scelti in funzione della quantità di vegetazione delle viti. In questa prova la velocità di avanzamento è stata di circa 4,2 Km/h e la larghezza di lavoro della macchina era di 4,4 m in quanto riusciva ad irrorare contemporaneamente due filari. Il tempo di caricamento varia a seconda della quantità del volume di irrorazione. Nella tabella 3.2 sono descritti i tempi di lavoro di questa irroratrice in relazione ai volumi di irrorazione.

Tabella 3.8 Dati dei tempi di lavoro e del rendimento operativo calcolati per l'irroratrice Bertoni

| Tempi | 50 l/ha | 60 l/ha | 70 l/ha | 150 l/ha | 200 l/ha |
|--|---------|---------|---------|----------|----------|
| TE, tempo di irrorazione ad ettaro (h/ha) | 0,412 | 0,412 | 0,412 | 0,412 | 0,412 |
| TAV, tempo di svolta a fine campo ad ettaro (h/ha) | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,145 | 0,145 |
| TAS, tempo di caricamento ad ettaro (h/ha) | 0,015 | 0,018 | 0,021 | 0,045 | 0,061 |
| TO, tempo operativo totale (h/ha) | 0,572 | 0,575 | 0,578 | 0,602 | 0,618 |
| Rendimento operativo (%) | 72% | 71% | 70% | 68% | 66% |

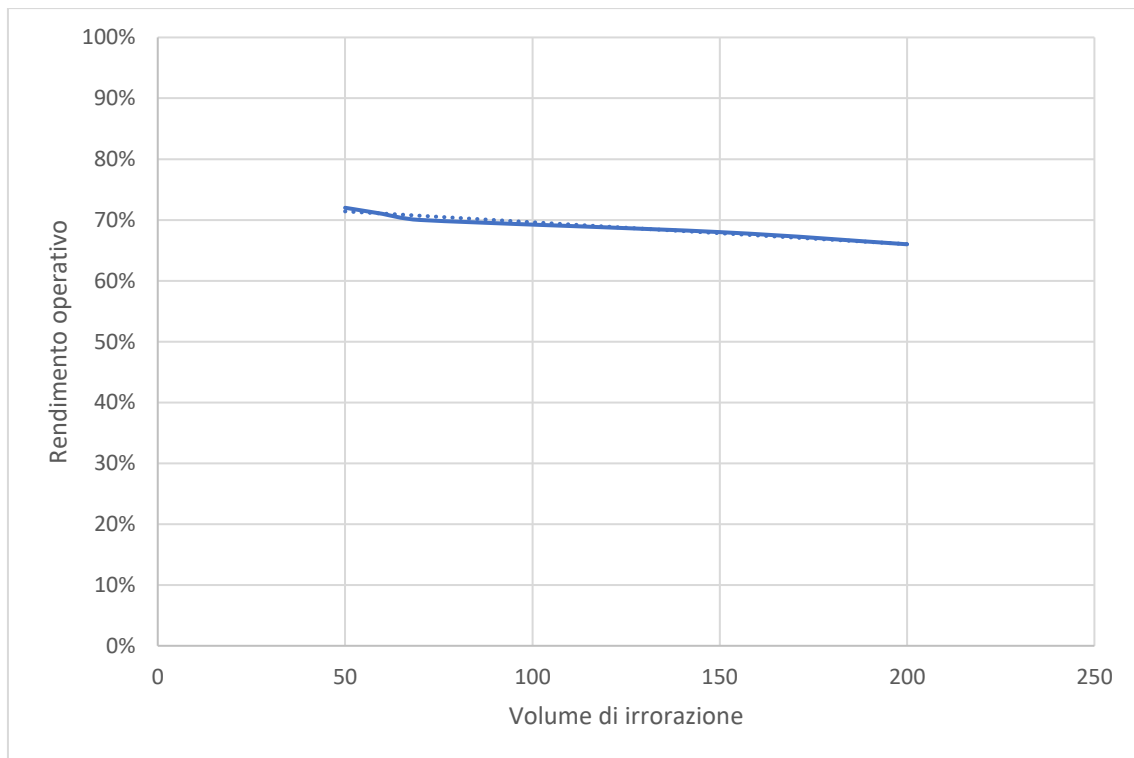


Figura 3.2 Grafico a linee della variazione del rendimento operativo a seconda del volume di irrorazione per l'irroratrice Bertoni

Oltre ai tempi di lavoro, all'interno dell'analisi del cantiere è da calcolare anche la capacità di lavoro espressa come quantità di lavoro svolto nell'unità di tempo (ha/h) che determina la potenzialità di una macchina in base alle sue caratteristiche tecnologiche, costruttive e dalle modalità d'impiego. In questo studio sono stati calcolati gli ettari effettivi di lavoro all'ora (ha/h), valore ricavato dal rapporto di 1 h e il tempo operativo TO. Nelle tabelle riportate di seguito sono espressi Gli ettari effettivi per ciascun volume d'irrorazione di entrambe le irroratrici.

Tabella 3.3 Ettari effettivi di lavoro calcolati per l'irroratrice Europiave – Ecofarm

| Tempi | 350 l/ha | 720 l/ha |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Ettari effettivi di lavoro (ha/h) | 0,540 | 0,451 |

Tabella 3.4 Ettari effettivi di lavoro calcolati per l'irroratrice Bertoni

| Tempi | 50 l/ha | 60 l/ha | 70 l/ha | 150 l/ha | 200 l/ha |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Ettari effettivi di lavoro (ha/h) | 1,748 | 1,739 | 1,730 | 1,661 | 1,512 |

Per ricavare la capacità di lavoro è necessario eseguire la media del valore degli ettari effettivi di lavoro misurati. Per l'irroratrice Europiave con generatore Ecofarm la capacità di lavoro è di 0,495 ha/h, mentre per l'irroratrice Bertoni la capacità di lavoro è di 1,678 ha/h.

Confrontando i tempi di lavoro e la capacità di lavoro di entrambe le irroratrici, è possibile notare come l'efficienza dell'irroratrice Bertoni è nettamente superiore quella dell'irroratrice Europiave – Ecofarm in termini di tempo di lavoro per trattare la stessa quantità di vigneto. Nonostante l'irroratrice a recupero Bertoni risulti essere più ingombrante, il tempo di svolta a fine campo è relativamente basso rispetto all'irroratrice ad ozono, anche se il peso maggiore può creare il fenomeno del compattamento del terreno. Per quanto riguarda il rendimento operativo, dai grafici si può notare come nell'irroratrice Europiave – Ecofarm il rendimento operativo cala all'aumentare del volume di irrorazione, mentre per l'irroratrice Bertoni il rendimento non subisce variazioni a seconda del volume d'irrorazione. Riguardo alla capacità di lavoro, è possibile analizzare come l'irroratrice Bertoni può trattare quasi due ettari (quasi 20000 m²) di vigneto in un'ora, quando l'irroratrice Europiave – Ecofarm nella stessa unità di tempo riesce a trattare la metà di un ettaro (5000 m²).

3.2 Regolazione dell'irroratrice

La calibrazione dell'irroratrice è un'operazione molto importante da eseguire in quanto è determinante nella buona riuscita del trattamento. Per garantire l'efficacia del trattamento è necessario polverizzare il liquido in modo da avere gocce abbastanza fini (100 µm) da permettere una buona distribuzione sulla superficie della vegetazione e abbastanza grandi (200 µm) da limitare i fenomeni di deriva. Per la difesa convenzionale le quantità di principio attivo e di acqua devono essere adeguate alla superficie fogliare da coprire.

Il sistema di regolazione della portata comprende i componenti necessari per il dosaggio della miscela sulla superficie da trattare e costituiscono un fattore fondamentale per un dosaggio e una distribuzione corretti. Il volume d'irrorazione è ottenuto mediante la formula:

$$q = \frac{Q * v * L}{600}$$

In cui:

- q : volume di irrorazione (dm³/ha);
- Q : volume di irrorazione (dm³/ha);
- v : velocità di avanzamento (Km/h);
- L : larghezza di lavoro (m).

Un metodo di stima del volume di irrorazione avviene con l'uso del metodo *T-R-V (Tree Row Volume)* che si determina in base alle condizioni specifiche della coltura.

$$TRV = \frac{T * C * 10.000}{R}$$

In cui:

- T : altezza impianto (m);
- C : spessore della chioma (m);
- R : interfila (m).

La velocità di avanzamento è un fattore cruciale per l'efficacia del trattamento, se la velocità è eccessiva la penetrazione è insufficiente. La velocità di avanzamento teorica si può calcolare con la seguente formula:

$$V = \frac{Q * f}{1000 * l * h}$$

In cui:

- Q : portata del ventilatore (m^3/h);
- f : fattore di densità fogliare (fogliame scarso: 3,0 – 3,5; fogliame abbondante: 2,5 – 3,0);
- l : larghezza di lavoro (m);
- h : altezza della coltura (m).

Dalla formula precedente, per l'irroratrice aeroassistita si ricava il volume dell'aria Q in uscita dal ventilatore:

$$Q = \frac{1000 * v * l * h}{f}$$

In questo studio sono state utilizzate le formule precedenti descritte per la regolazione delle irroratrici in funzione della quantità di vegetazione.

Nel caso dell'irroratrice Europeave-Ecofarm il volume ottimale, calcolato dal TRV, è stato raddoppiato su consiglio dei tecnici Ecofarm, al fine di garantire la massima efficacia dell'ozono.

- *Baldoin C. 2012. Scelta, manutenzione ed uso in campo. Edagricole*

3.3 Analisi del protocollo di difesa

Il tipo di analisi statistica utilizzata in questa prova è ANOVA fattoriale tra i trattamenti confrontando le misure dell'indice di McKinney in ogni data di rilevamento. Questo metodo statistico è utilizzato per valutare l'effetto di determinati fattori, variabili indipendenti di tipo continuo o categoriale e variabili dipendenti di tipo continuo. Di seguito sono riportati i grafici che mostrano la media di foglie e grappoli contati di tutte le piante campionate per replica, gli indici di infezione dell'evoluzione di peronospora su foglie e grappoli, e l'evoluzione di oidio su grappoli rilevati durante i quattro rilievi.

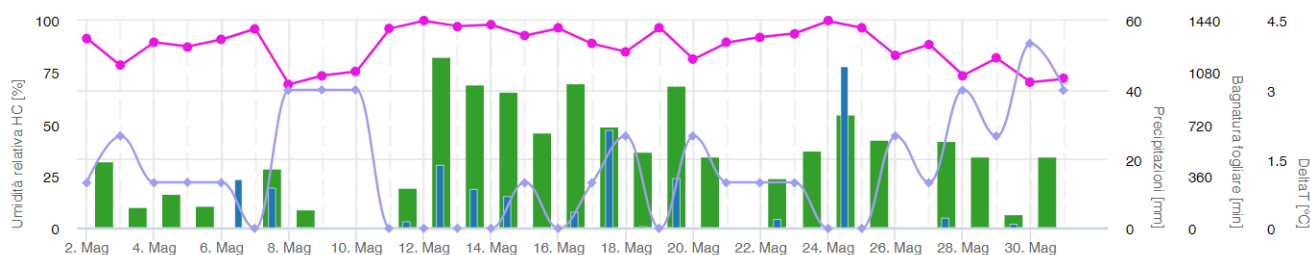
Primo rilievo 01/06/2021

Dai grafici del primo rilievo eseguito il giorno 01/06/2021 il numero medio di foglie e grappoli di tutte le piante per replica non registrano alcuna differenza significativa. Il numero di foglie colpite da peronospora è maggiore nelle tesi Ozono e Chimico=Ozono registrando una media simile alla tesi di Controllo, la tesi Chimica non rileva sintomi. Per quanto riguarda il numero di grappoli colpiti da peronospora dal grafico si può notare che la tesi Chimico=Ozono è quella più colpita, la tesi Ozono registra una media simile a quella della tesi di Controllo, mentre la tesi Chimico è asintomatica.

Tabella 3.5 Protocollo di difesa integrata del mese di Maggio 2021

| Giorno | Prodotto | l/ha chimico | O ₃ | l/ha ozono |
|-----------|--|--------------|----------------|------------|
| 10 Maggio | Airone + Folpet | 50 | x | 350 |
| 14 Maggio | | | x | 350 |
| 17 Maggio | Dimetomorf + Poliram + Fosfiti + Zolfo | 60 | | |
| 22 Maggio | Dimetomorf + Poliram + Fosfiti + Zolfo | 60 | | |
| 29 Maggio | Poliram + Zolfo + Zorvec | 70 | | |

Pioggia: 171,2 mm



● Umidità relativa HC [°C] ● Precipitazione [mm] ● Bagnatura fogliare [mm] ● Delta T [°C]

Figura 3.3 Andamento climatico rilevato dalla centralina meteo aziendale nel mese di Maggio 2021

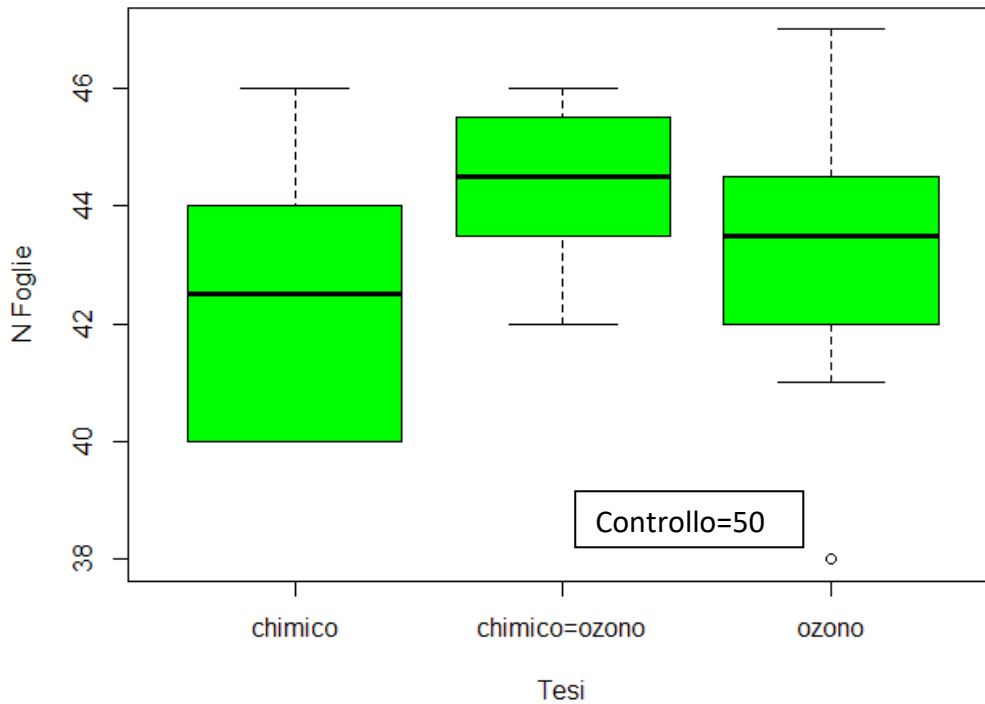


Figura 3.4 Grafico della media del numero di foglie campionate per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel primo rilievo

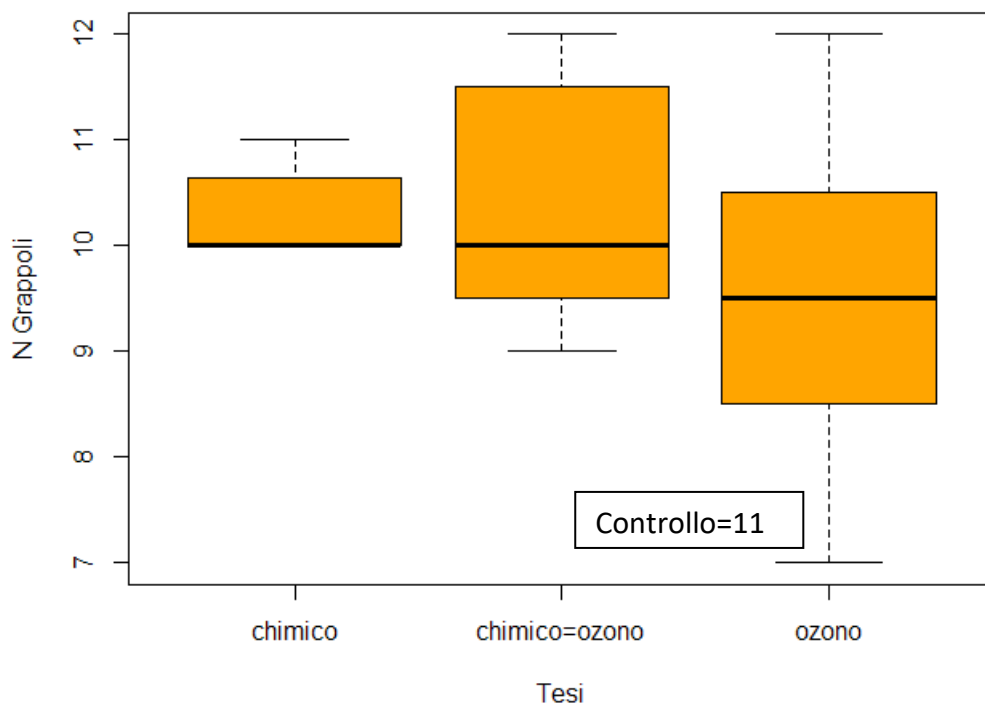


Figura 3.5 Grafico della media del numero di grappoli campionati per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel primo rilievo

Tabella 3.6 Indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel primo rilievo

| Foglie | | Chimico | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|-----------|----------|---------|---------------|-------|-----------|
| 01 Giugno | Media | 0,000 | 0,074 | 0,086 | 0,075 |
| 01 Giugno | Dev.Std. | 0,000 | 0,070 | 0,065 | |

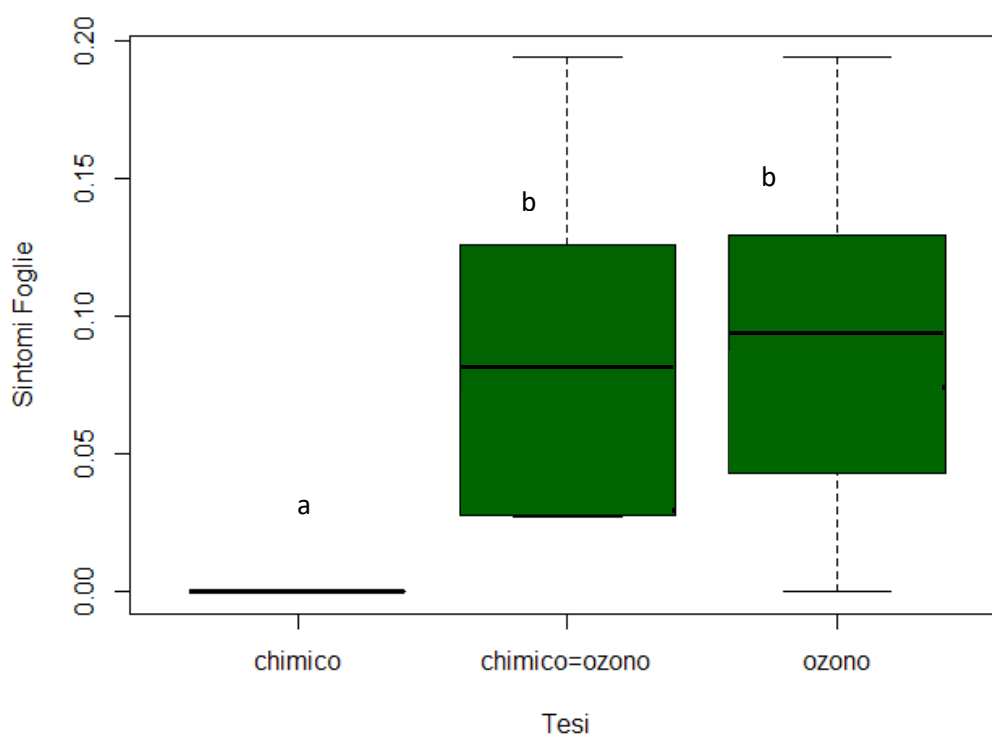


Figura 3.6 Grafico dell'indice McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel primo rilievo

Tabella 3.7 Indice di McKinney di peronospora su grappoli delle tre tesi nel primo rilievo

| Grappolo peronospora | | Chimico | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|----------------------|----------|---------|---------------|-------|-----------|
| 01 Giugno | Media | 0,000 | 1,071 | 0,821 | 0,750 |
| 01 Giugno | Dev.Std. | 0 | 0,80292 | 1,613 | |

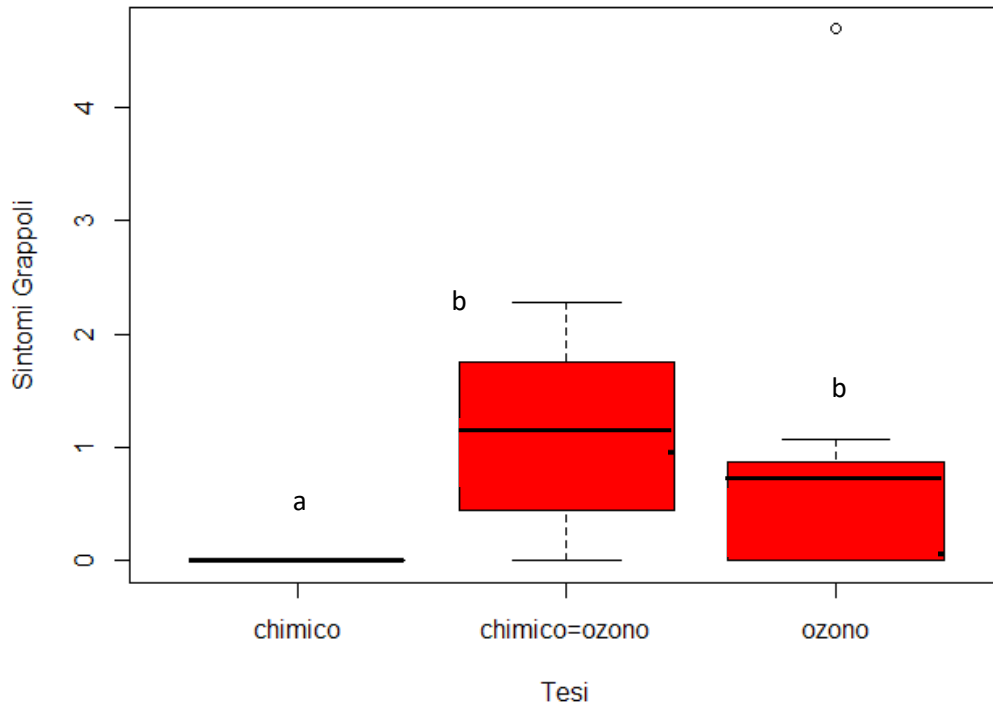


Figura 3.7 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su grappolo delle tre tesi nel primo rilievo



Figura 3.8 Esempio di vite campionata nel primo rilievo

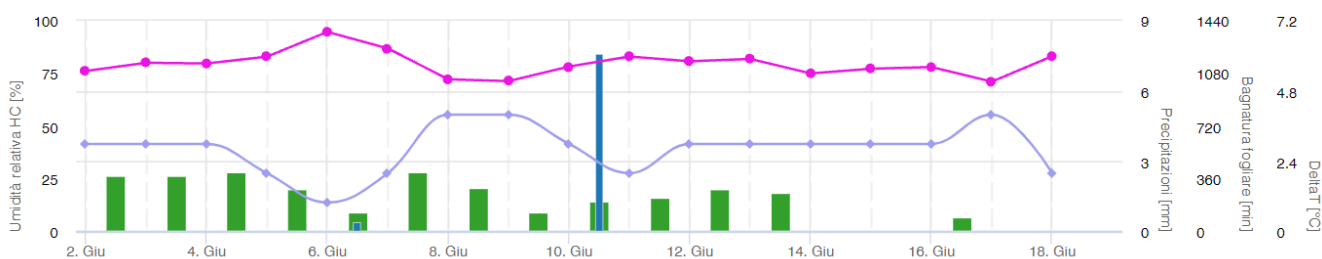
Secondo rilievo 18/06/2021

Mettendo in relazione il dato quantitativo del numero medio di foglie e grappoli per pianta del primo rilievo e del secondo rilievo eseguito il giorno 18/06/2021 si può notare come la vegetazione sia raddoppiata. Il numero di foglie ed il numero di grappoli delle tre tesi non registrano differenze. La tesi Chimico segna una comparsa di sintomi di peronospora su foglie irrilevante, la tesi Ozono è quella più colpita ed è seguita dalla tesi Chimico=Ozono; questi dati possono essere giustificati dalle numerose precipitazioni. I grappoli colpiti da peronospora sono maggiori nella tesi Chimico=Ozono ed è segnato un dato minore nella tesi Ozono, la tesi Chimico non registra sintomi. Sono stati segnalati i primi sintomi irrilevanti di oidio su grappolo.

Tabella 3.8 Protocollo di difesa integrata del mese di Giugno 2021

| Giorno | Prodotto | l/ha chimico | O ₃ | l/ha ozono |
|-----------|---|--------------|----------------|------------|
| 4 Giugno | Mancozeb + Orondis + Zolfo + Dimetomorf | 150 | | |
| 10 Giugno | Mancozeb + Orondis + Zolfo + Dimetomorf | 150 | | |
| 15 Giugno | Poliram + Orondis + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 24 Giugno | Folpet + Zolfo + Fosfito | 200 | x | 720 |

Pioggia: 8 mm



● Umidità relativa HC [°C] ● Precipitazione [mm] ● Bagnatura fogliare [mm] ● Delta T [°C]

Figura 3.9 Andamento climatico rilevato dalla centralina meteo aziendale nel mese di Giugno 2021

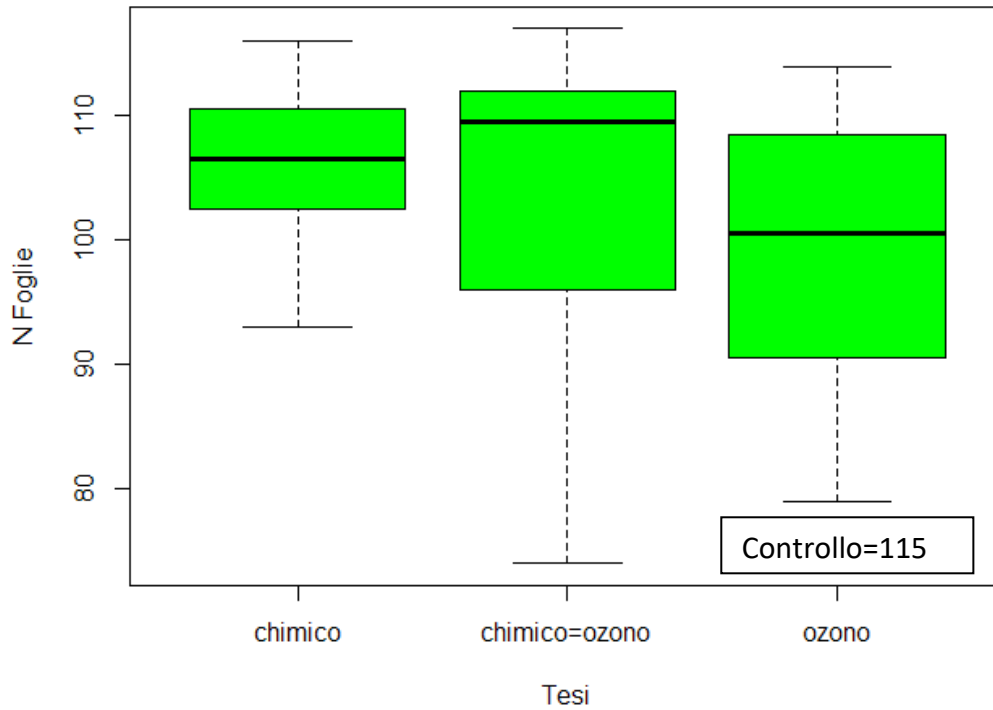


Figura 3.10 Grafico della media del numero di foglie campionate per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel secondo rilievo

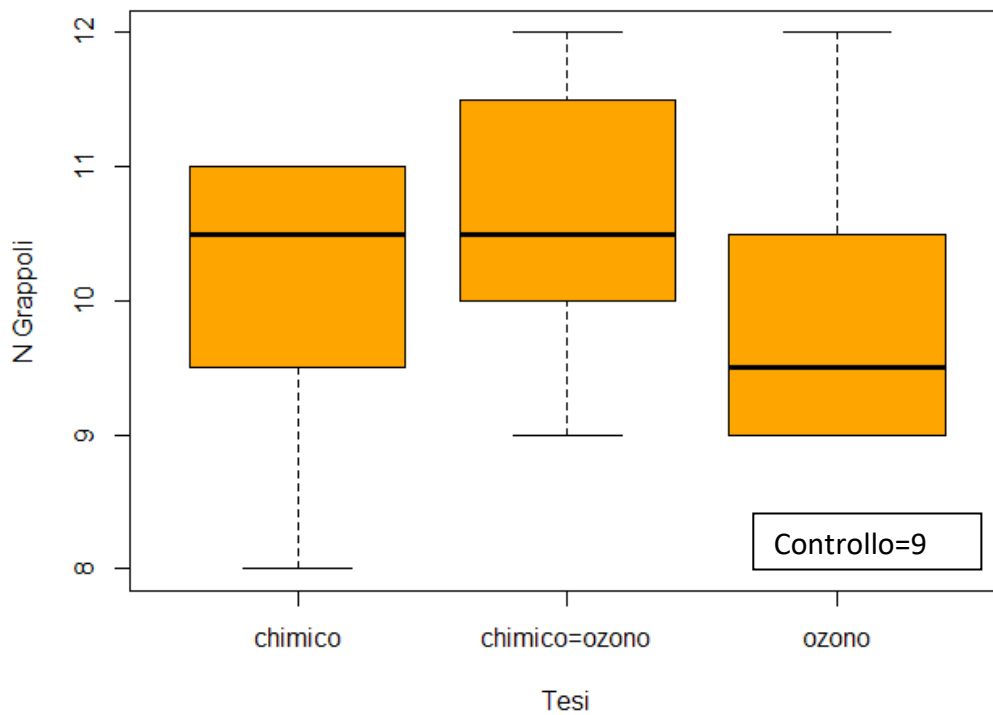


Figura 3.11 Grafico della media del numero di grappoli campionati per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel secondo rilievo

Tabella 3.9 Indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel secondo rilievo

| Foglie | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|-----------|----------|------------|---------------|-------|-----------|
| 18 Giugno | Media | 0,011 | 0,158 | 0,211 | 6,837 |
| 18 Giugno | Dev.Std. | 0,023 | 0,089 | 0,121 | |

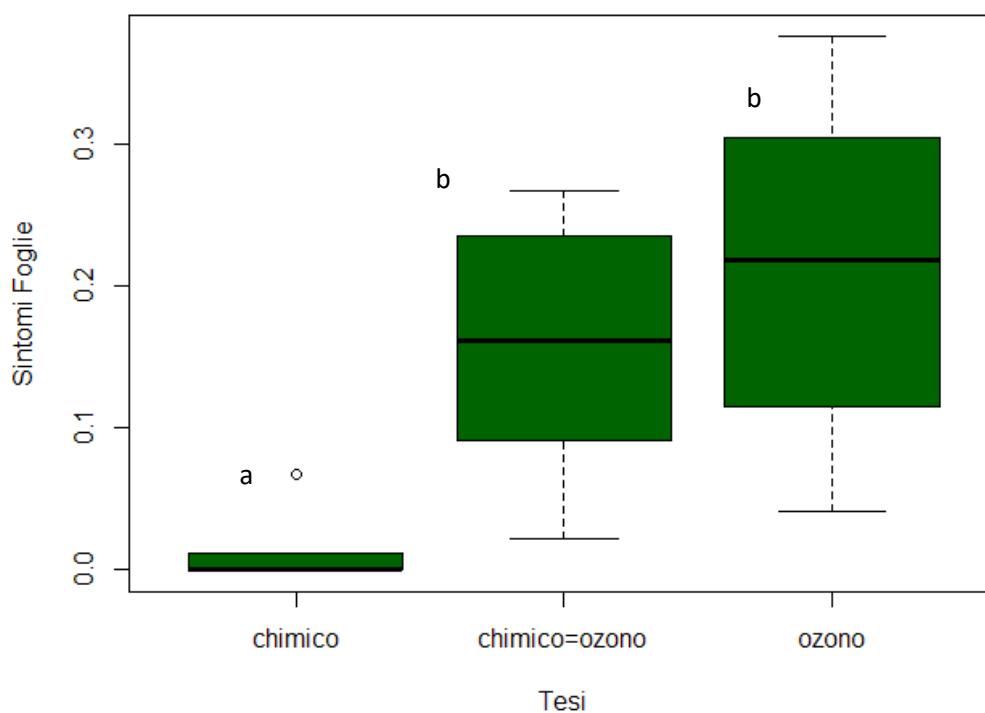


Figura 3.12 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel secondo rilievo

Tabella 3.10 Indice di McKinney di peronospora su grappoli delle tre tesi nel secondo rilievo

| Grappolo peronospora | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|----------------------|----------|------------|---------------|---------|-----------|
| 18 Giugno | Media | 0 | 12,703 | 8,19618 | 54,7 |
| 18 Giugno | Dev.Std. | 0 | 9,61415 | 6,62612 | |

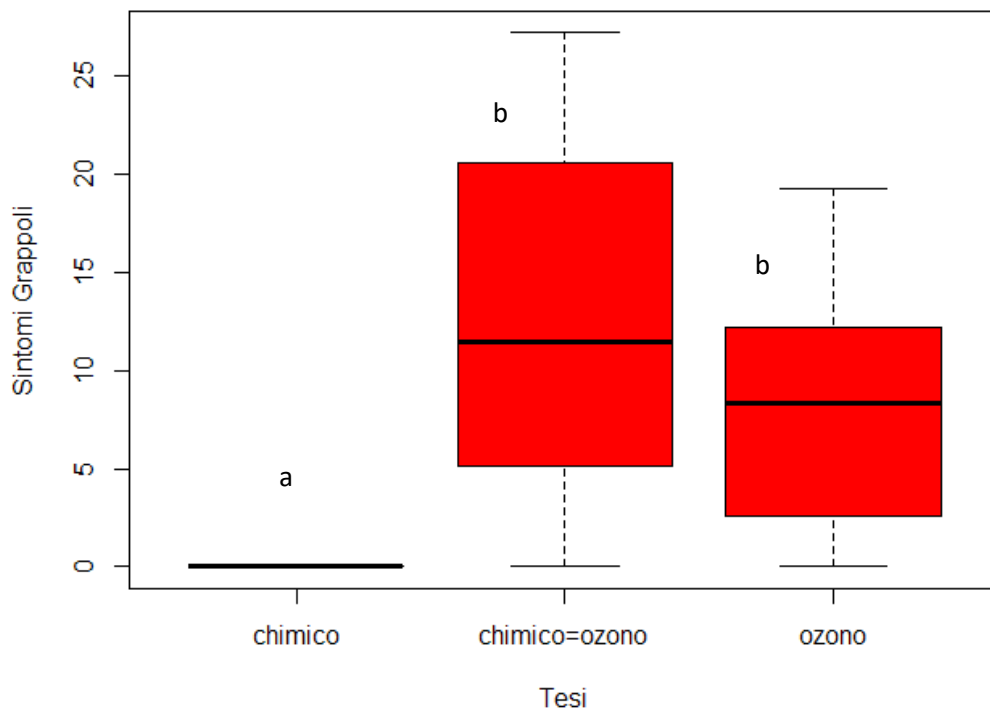


Figura 3.13 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su grappolo delle tre tesi nel secondo rilievo

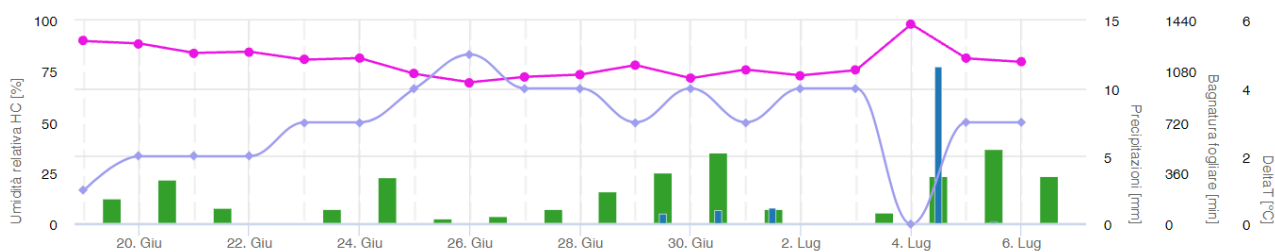
Terzo rilievo 06/07/2021

Anche per il terzo rilievo eseguito il 06/07/2021 si può notare che la tesi Chimico registra un leggero aumento della comparsa di sintomi di peronospora su foglie, la tesi Chimico=Ozono segna una presenza contenuta di malattia mentre la tesi Ozono è quella più colpita. La tesi Chimico=Ozono rileva ancora il dato maggiore di grappoli colpiti da peronospora, quasi il doppio del dato registrato per la tesi Ozono.

Tabella 3.11 Protocollo di difesa integrata del mese di Luglio 2021

| Giorno | Prodotto | l/ha chimico | O ₃ | l/ha ozono |
|-----------|------------------|--------------|----------------|------------|
| 2 Luglio | Mildigut + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 12 Luglio | Mildigut + Zolfo | 200 | | |
| 18 Luglio | Ridomil + Zolfo | 200 | x | 720 |
| 31 Luglio | Folpet + Zolfo | 200 | x | 720 |

Pioggia: 14,8 mm



● Umidità relativa HC [°C] ● Precipitazione [mm] ● Bagnatura fogliare [mm] ● Delta T [°C]

Figura 3.14 Andamento climatico rilevato nei mesi Giugno-Luglio 2021

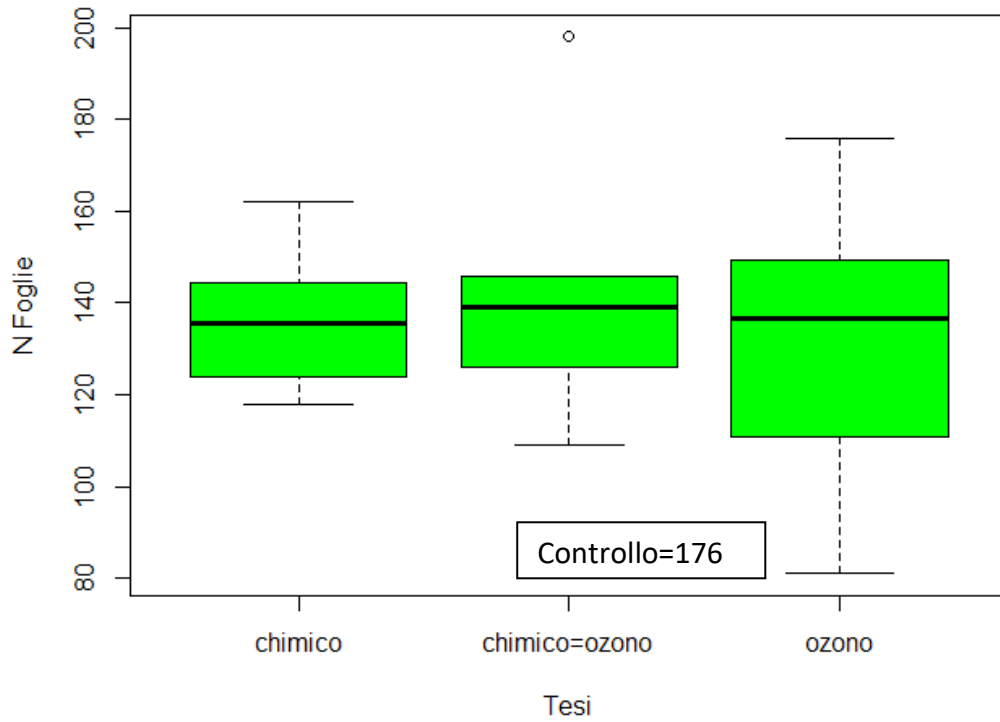


Figura 3.15 Grafico della media del numero di foglie campionate per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel terzo rilievo

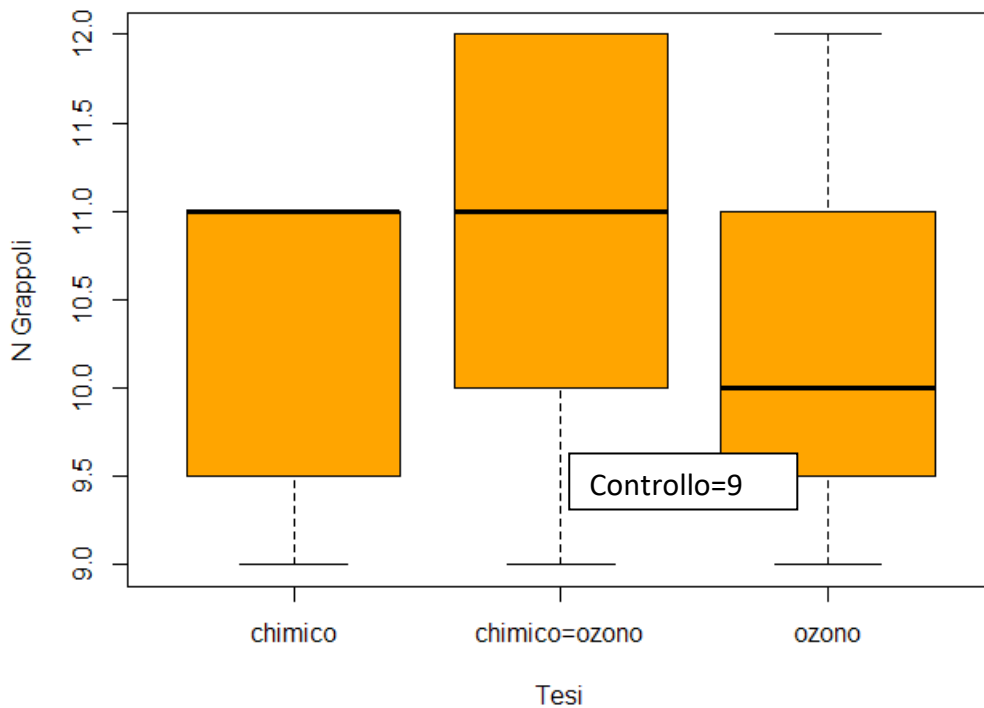


Figura 3.16 Grafico della media del numero di grappoli campionati per replica (somma di 6 viti) delle tre tesi nel terzo rilievo

Tabella 3.12 Indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel terzo rilievo

| Foglie | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|-----------|----------|------------|---------------|----------|-----------|
| 06 Luglio | Media | 0,027119 | 0,256389 | 0,742309 | 5,958807 |
| 06 Luglio | Dev.Std. | 0,030849 | 0,198259 | 0,626114 | |

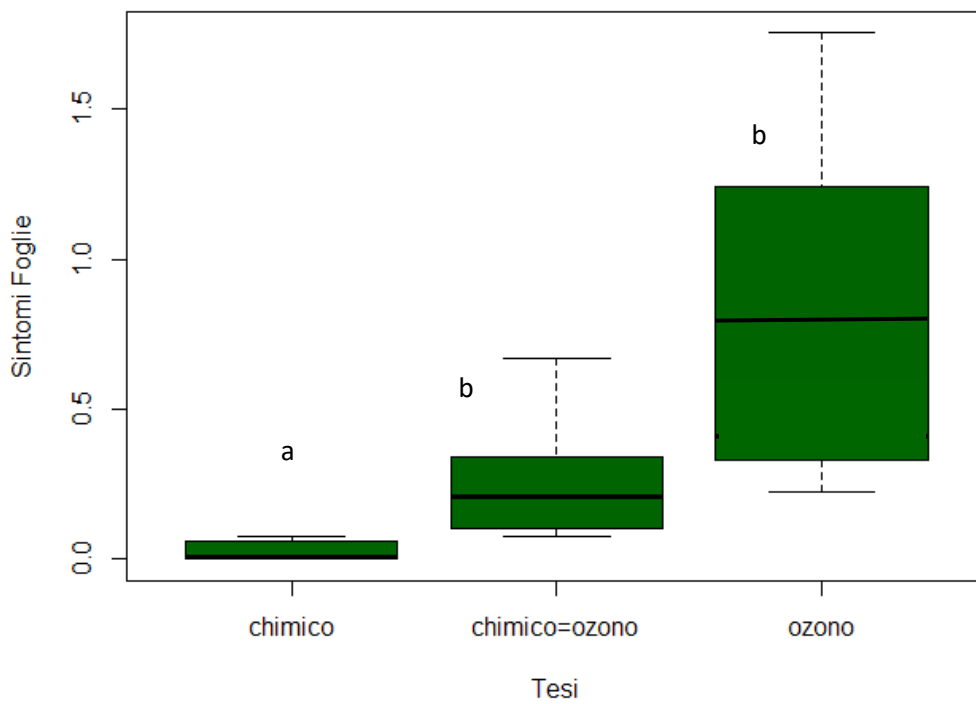


Figura 3.17 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel terzo rilievo

Tabella 3.13 Indice di McKinney di peronospora su grappoli delle tre tesi nel terzo rilievo

| Grappolo peronospora | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|----------------------|----------|------------|---------------|----------|-----------|
| 06 Luglio | Media | 0 | 13,34927 | 7,154514 | 73,05556 |
| 06 Luglio | Dev.Std. | 0 | 8,902353 | 6,378077 | |

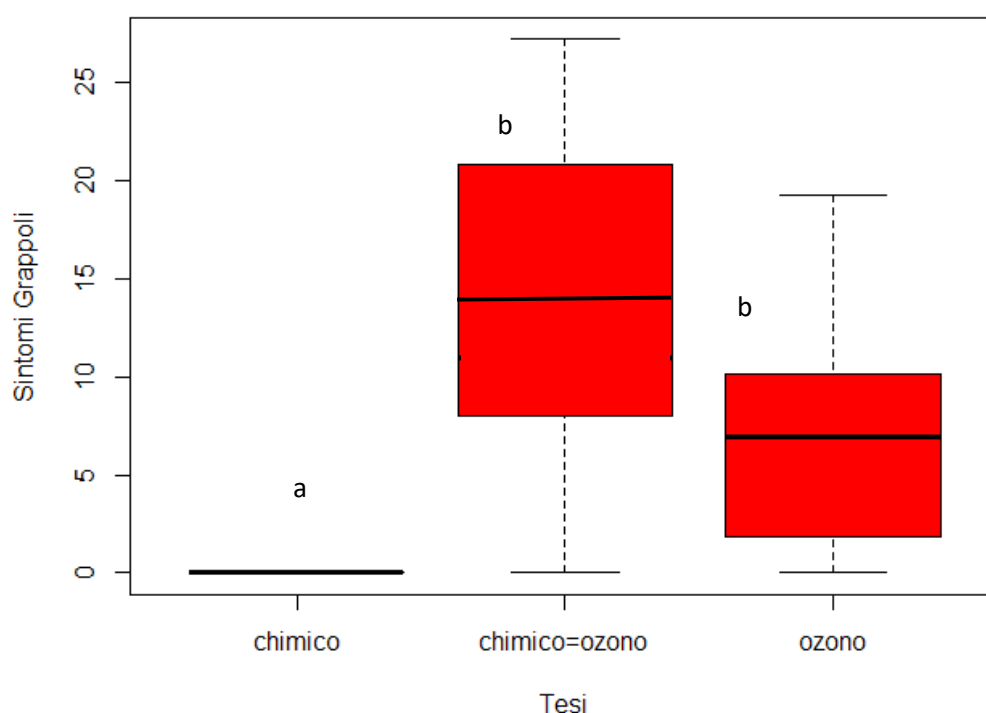


Figura 3.18 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su grappolo delle tre tesi nel terzo rilievo

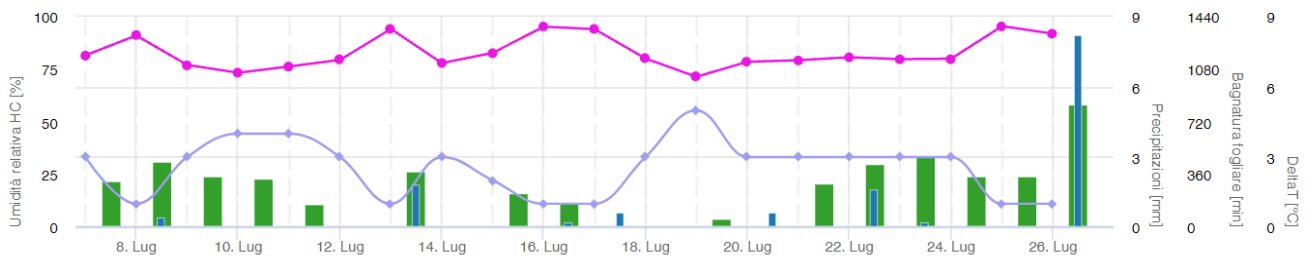
Quarto rilievo 26/07/2021

Il grafico 3.20 mostra il numero di foglie colpite da peronospora nelle tre tesi, si può notare come nelle tesi Chimico=Ozono e Ozono il numero di foglie colpite è simile. Il numero di grappoli non rileva sostanziali differenze tra le tre tesi. La tesi Chimico registra la comparsa di pochi sintomi di peronospora su foglie, la tesi Chimico=Ozono segna un aumento della presenza di malattia mentre la tesi Ozono è quella più colpita. La tesi Chimico=Ozono rileva ancora il dato maggiore di grappoli colpiti da peronospora, seconda è la tesi Ozono, mentre i grappoli della tesi Chimico non segnano sintomi. Dal grafico 3.24 si può notare come i valori registrati per l'oidio sui grappoli sono simili a quelli rilevati per la peronospora su grappolo.

Tabella 3.14 Protocollo di difesa integrata del mese di Agosto 2021

| Giorno | Prodotto | l/ha chimico | O ₃ | l/ha ozono |
|-----------|----------|--------------|----------------|------------|
| 2 Agosto | | | X | |
| 9 Agosto | | | X | |
| 16 Agosto | | | X | |
| 23 Agosto | | | X | |

Pioggia: 13,6 mm



● Umidità relativa HC [°C] ● Precipitazione [mm] ● Bagnatura fogliare [mm] ● Delta T [°C]

Figura 3.19 Andamento climatico rilevato dalla centralina meteo aziendale nel mese di Luglio 2021

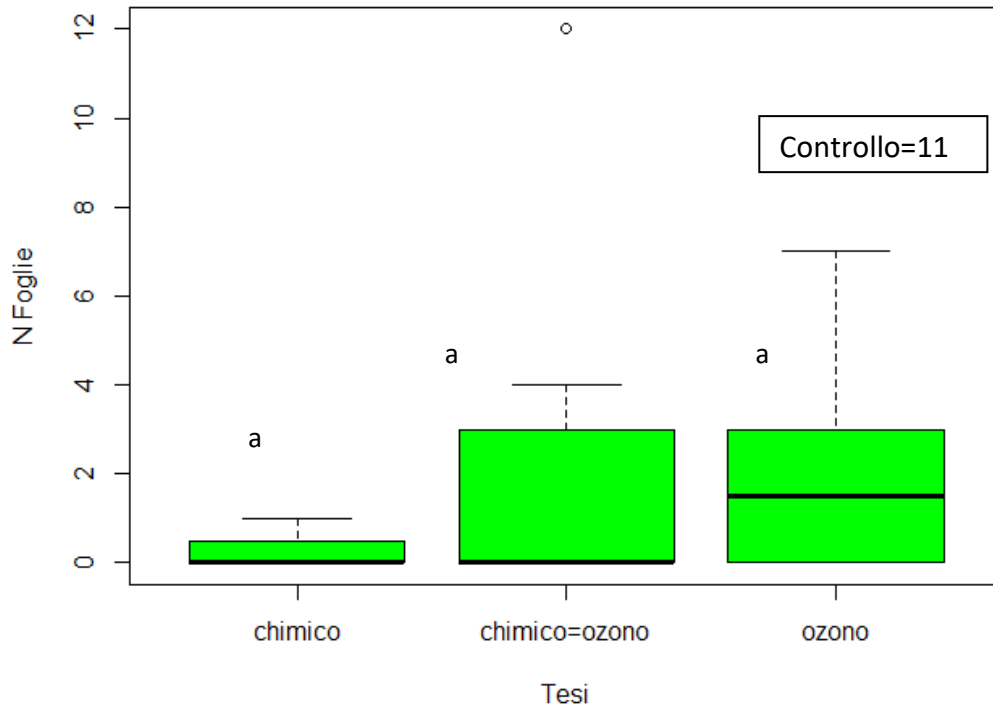


Figura 3.20 Grafico del numero di foglie per pianta colpite da malattia delle tre tesi nel quarto rilievo

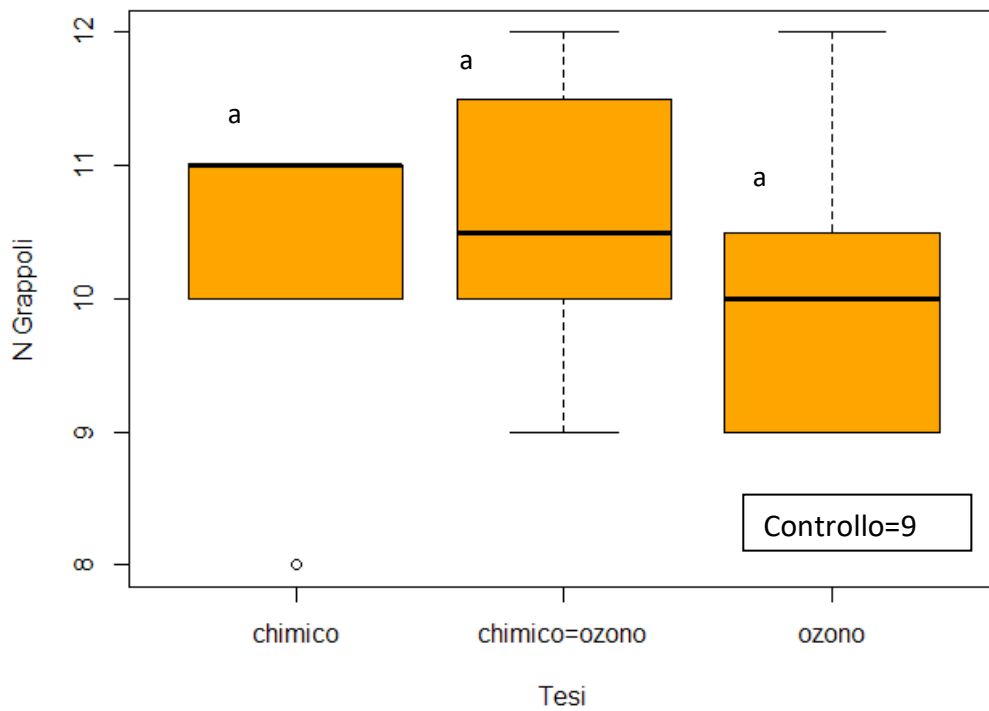


Figura 3.21 Grafico del numero di grappoli per pianta colpiti da malattia delle tre tesi del quarto rilievo

Tabella 3.15 Indice di McKinney su foglie colpite da peronospora delle tre tesi nel quarto rilievo

| Foglie | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|-----------|----------|------------|---------------|----------|-----------|
| 26 Luglio | Media | 0,713791 | 2,973142 | 3,47141 | 28,18798 |
| 26 Luglio | Dev.Std. | 0,563177 | 2,01689 | 1,622547 | |

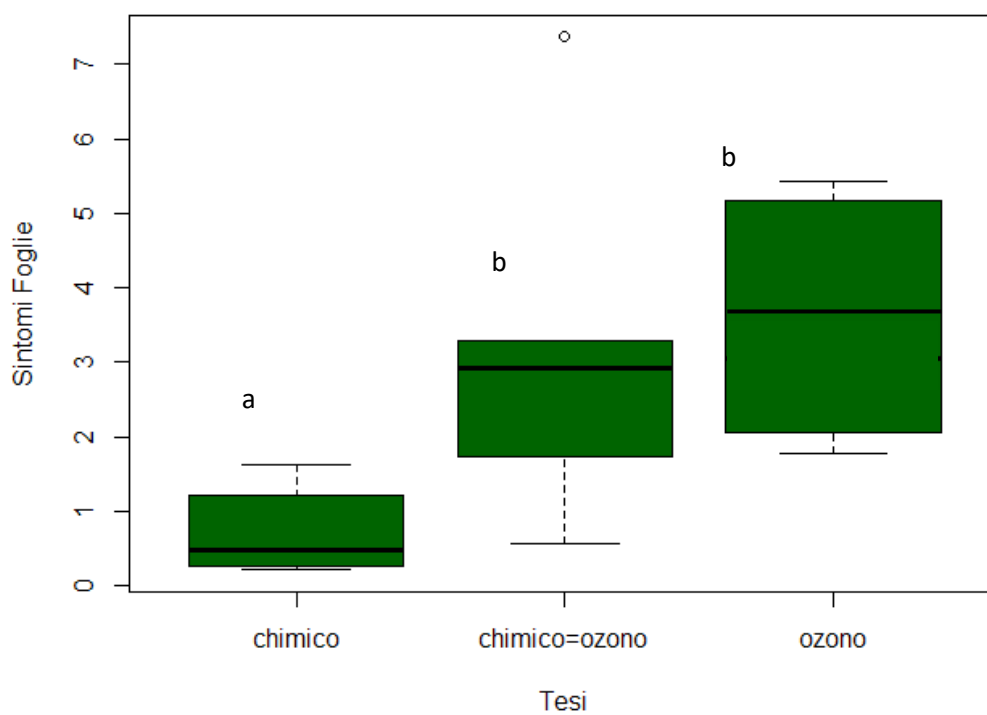


Figura 3.22 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su foglie delle tre tesi nel quarto rilievo

Tabella 3.16 Indice di McKinney di peronospora su grappoli delle tre tesi nel quarto rilievo

| Grappolo peronospora | | Chimico Oz | Chimico=Ozono | Ozono | Controllo |
|----------------------|----------|------------|---------------|----------|-----------|
| 26 Luglio | Media | 0 | 12,70297 | 8,576547 | 67,22222 |
| 26 Luglio | Dev.Std. | 0 | 9,614152 | 7,632517 | |

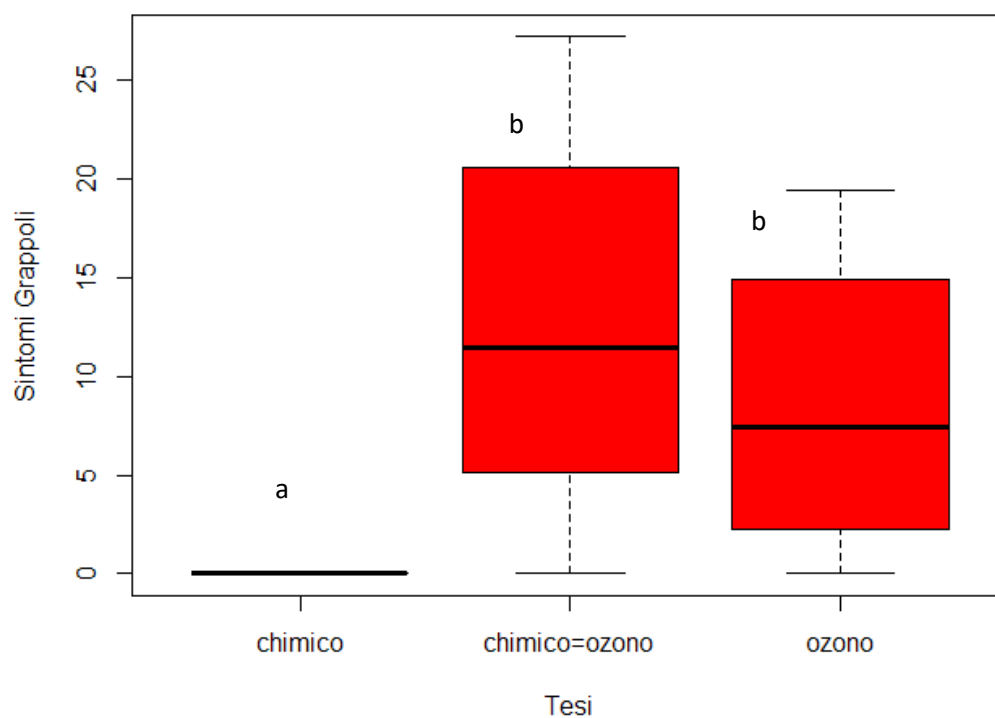


Figura 3.23 Grafico dell'indice di McKinney di peronospora su grappolo delle tre tesi nel quarto rilievo

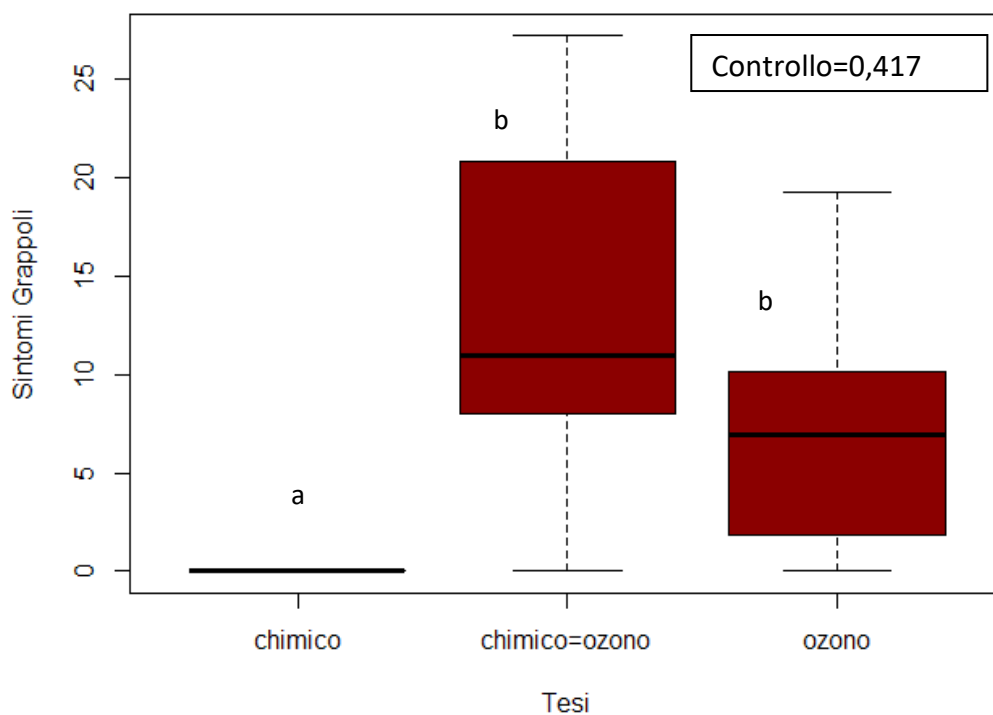


Figura 3.24 Grafico dell'indice di McKinney di oidio su grappoli delle tre tesi nel quarto rilievo

Tabella 3.17 Media dell'indice di McKinney di peronospora su foglia delle tre tesi

| Data | Chimico | Chimico=Ozono | Ozono |
|-----------|----------|---------------|----------|
| 01 Giugno | 0,000 | 0,074 | 0,086 |
| 18 Giugno | 0,011 | 0,158 | 0,211 |
| 06 Luglio | 0,027119 | 0,256389 | 0,742309 |
| 26 Luglio | 0,713791 | 2,973142 | 3,47141 |

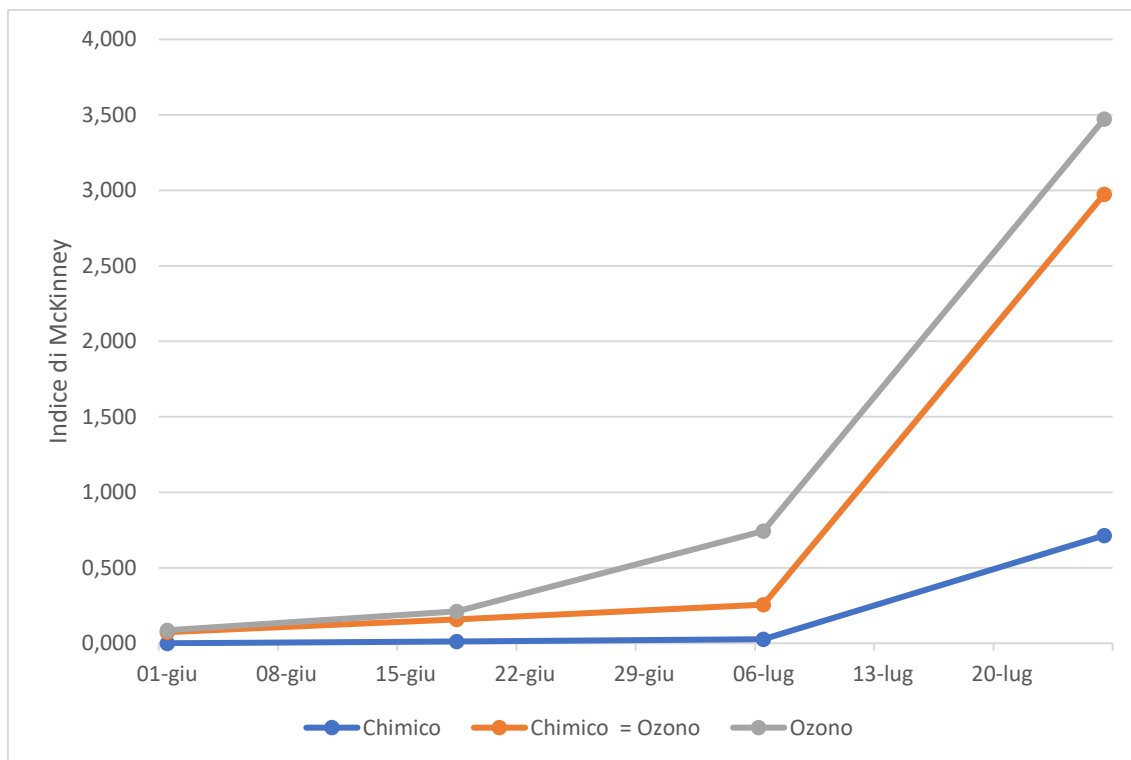


Figura 3.25 Grafico riassuntivo dell'evoluzione della peronospora sulle foglie

Tabella 3.18 Media dell'indice di McKinney di peronospora su grappolo delle tre tesi

| Data | Chimico | Chimico=Ozono | Ozono |
|-------------|----------------|----------------------|--------------|
| 01 Giugno | 0,000 | 1,071 | 0,821 |
| 18 Giugno | 0 | 12,70297 | 8,196181 |
| 06 Luglio | 0 | 13,34927 | 7,154514 |
| 26 Luglio | 0 | 12,70297 | 8,576547 |

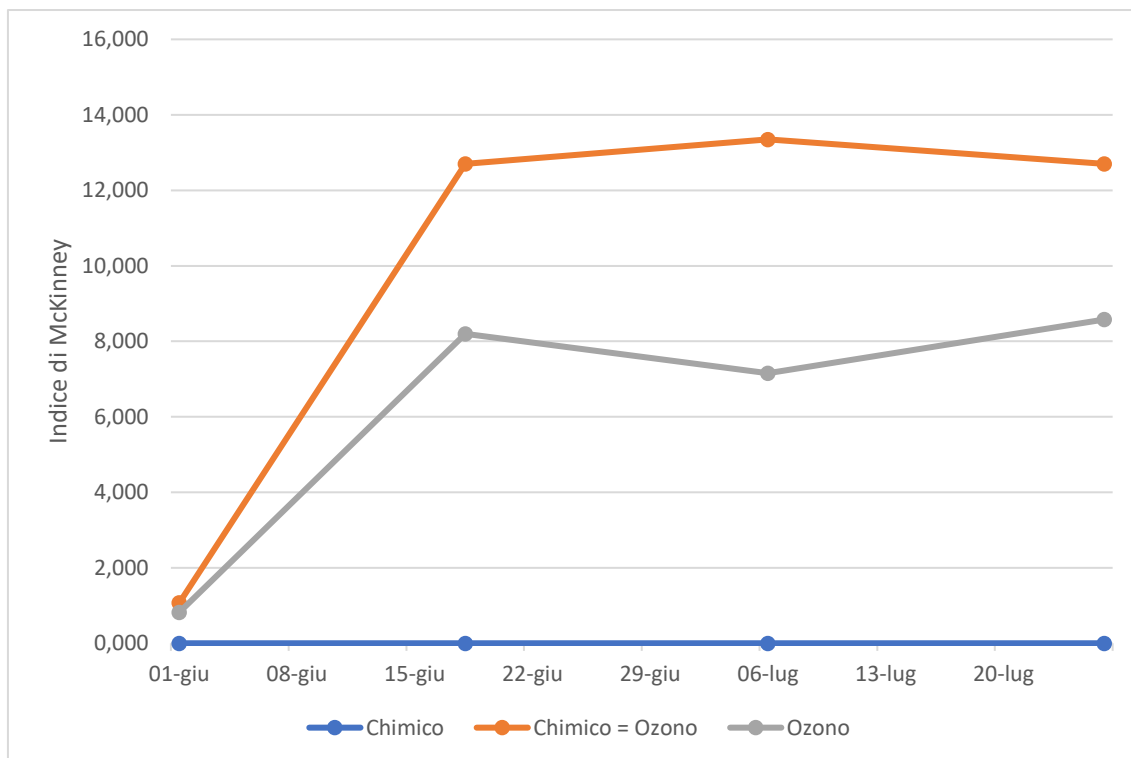


Figura 3.26 Grafico riassuntivo dell'evoluzione di peronospora su grappolo

Tabella 3.19 Media dell'indice di McKinney di oidio su grappolo delle tre tesi

| Data | Chimico | Chimico=Ozono | Ozono |
|-----------|----------|---------------|----------|
| 18 Giugno | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 06 Luglio | 0,103693 | 0,209359 | 0,151436 |
| 26 Luglio | 2,706321 | 4,73548 | 5,55161 |

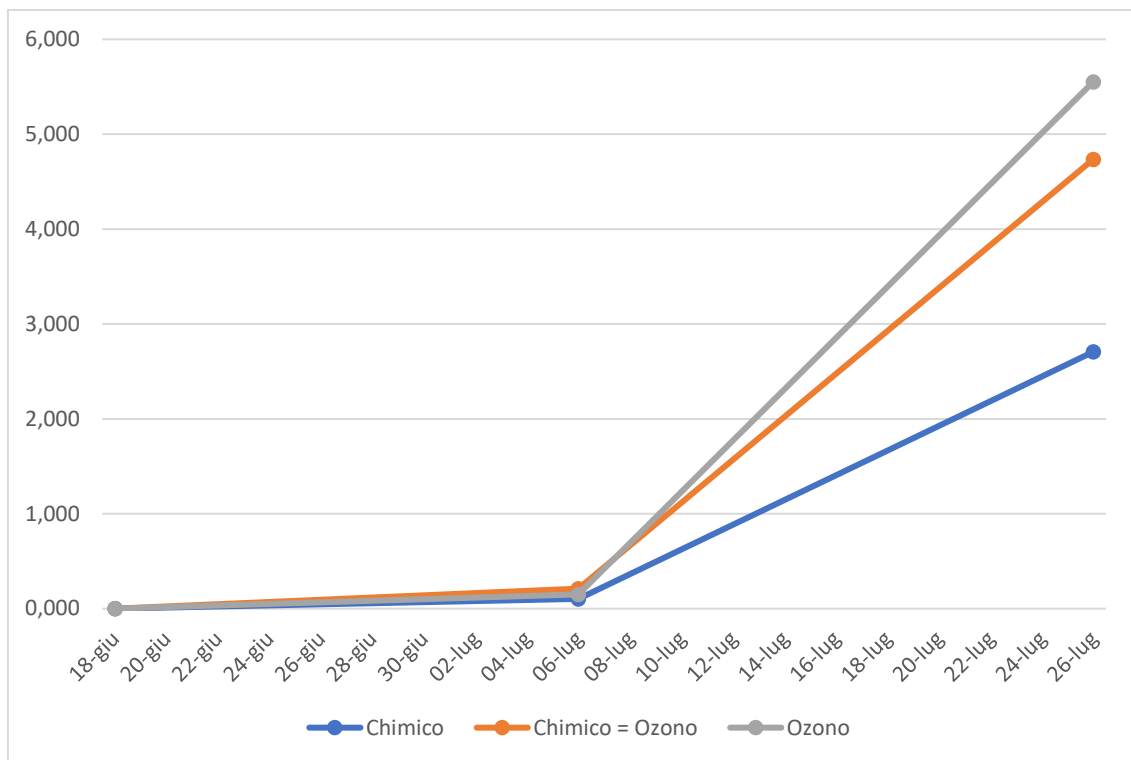


Figura 3.27 Grafico riassuntivo dell'andamento dell'oidio su grappoli

Analizzando i dati si può notare come fino al 6 Luglio, data del terzo rilevamento, i valori di peronospora su foglie erano contenuti fino ad un valore dell'indice di McKinney di circa 0,7; poi oltre questa data i valori in tutte le tesi sono aumentate considerevolmente in tutte le tre tesi e soprattutto per le tesi Ozono e Chimico=Ozono. Questo può essere dovuto alle alte temperature ed alta umidità che hanno favorito l'insorgenza di infezioni secondarie in queste due tesi. I valori di peronospora su grappolo registrano un picco verso metà Giugno, la tesi Ozono e Chimico=Ozono sono le tesi più colpite, mentre la tesi Chimico non registra alcun sintomo. Per quanto riguarda i dati di oidio su grappoli si può notare come a fine Luglio si ha un picco di malattia nelle tre tesi, maggiormente per le tesi Ozono e Chimico=Ozono.

3.4 Produzione e qualità delle uve

Il giorno precedente alla vendemmia avvenuta il 2 Settembre sono state vendemmiate 24 viti, una vite per ogni transetto di ciascuna tesi di studio. Ogni replica è stata pesata separatamente, la resa di ogni tesi è stata confrontata con una ANOVA. Da queste sono stati prelevati 40 acini per replica per determinarne il peso medio. Il resto dell'uva è stata prima pesata e poi spremuta per ottenere 200ml

di mosto di ogni tesi. Il mosto è stato conservato con olio essenziale di senape per poi essere analizzato con uno spettrometro. L'analisi chimica ha restituito pH, acidità totale e concentrazione zuccherina (°Brix) di ogni campione. I campioni di ogni di mosto di ogni tesi provengono dalle uve vendemmiate da ogni replica, non disponendo di repliche tra i parametri qualitativi delle tesi non è stato possibile eseguire alcuna analisi statistica, ma vanno assunti i dati così come riportati in tabella 3.20. Dai dati espressi nel seguente grafico si può notare come la resa per ceppo in Kg della tesi Chimico registra un valore maggiore di circa 0,7 Kg rispetto alle altre due tesi che rilevano una resa simile. Tutte e tre le tesi segnano un valore di pH molto simile, mentre l'acidità totale registrata per la tesi Ozono è maggiore rispetto alle altre due tesi che hanno un'acidità simile. Per quanto riguarda il grado °Brix non si registrano differenze considerevoli, è stato registrato un dato molto simile di grado °Brix per le tesi Chimico e Chimico = Ozono e minore di circa 0,4° per la tesi Ozono.

Tabella 3.20 Risultati vendemmia manuale: resa per ceppo, pH, acidità totale, °Brix delle tre tesi

| Tesi | Resa per ceppo (Kg) | pH | Acidità totale | °Brix |
|-----------------|----------------------------|-----------|-----------------------|--------------|
| Chimico | 3,85 | 3,15 | 5,46 | 20 |
| Chimico = Ozono | 3,19 | 3,17 | 5,32 | 20 |
| Ozono | 3,04 | 3,22 | 5,73 | 19,7 |

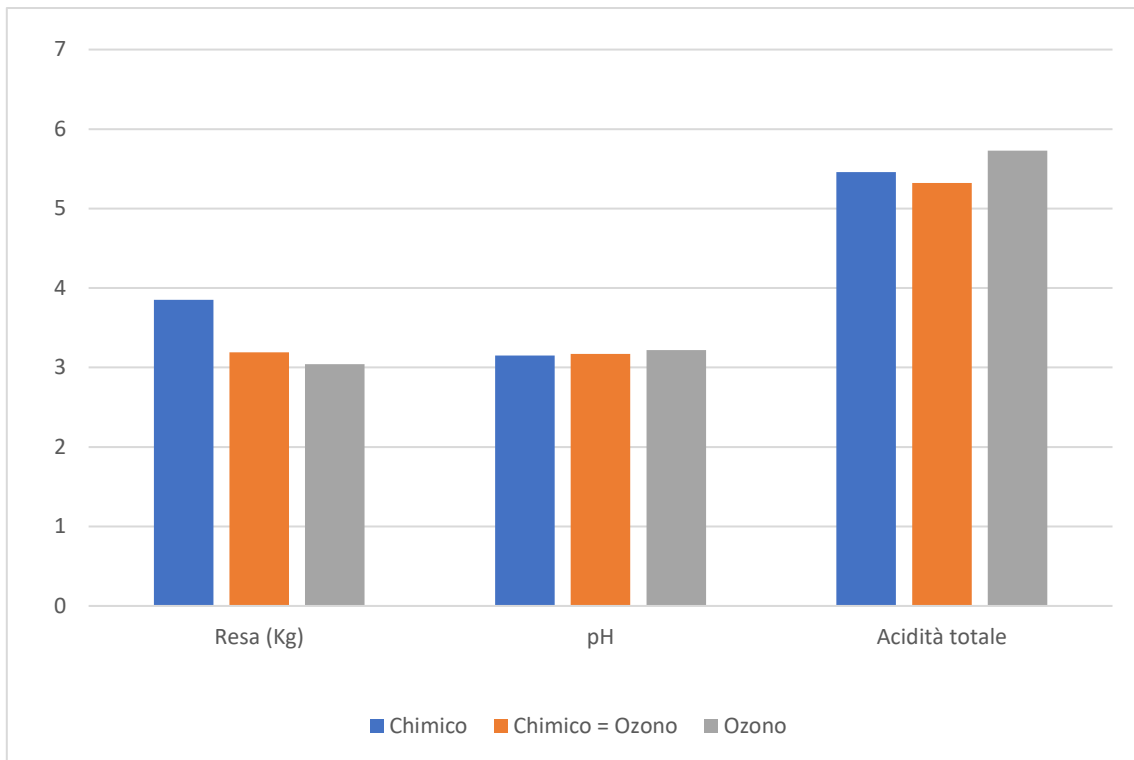


Figura 3.28 Istogramma riassuntivo di: resa, pH e acidità totale rilevati nelle tre tesi

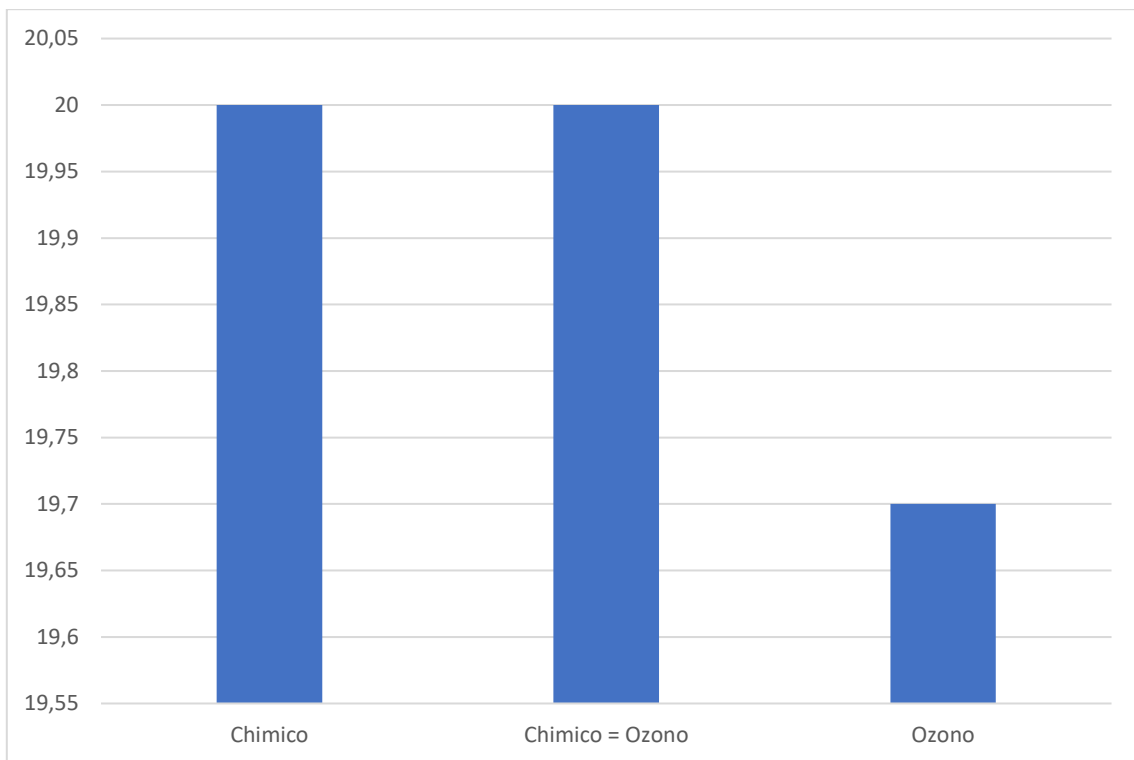


Figura 3.29 Istogramma riassuntivo del °Brix rilevato nelle tre tesi

Capitolo 4

Conclusioni

La vite, specie *Vitis vinifera*, è uno dei vegetali più soggetti sia ad avversità di tipo atmosferico, sia e soprattutto a malattie indotte da batteri e parassiti. Per eliminare o limitare i danni provocati da queste ultime sono utilizzati i prodotti fitosanitari chimici che, nonostante garantiscano la difesa della pianta mantenendo come scopo finale la produzione di uva, immettono nell'ambiente delle sostanze chimiche tossiche per soggetti sia animali che umani. Negli ultimi anni sono stati sviluppati dei protocolli di difesa delle colture, come la lotta integrata, volti all'utilizzo di metodi alternativi ai prodotti fitosanitari, diminuendone l'uso. All'interno di questo protocollo sono racchiusi i metodi biologici, agronomici, fisici e l'ozono.

Il presente lavoro di tesi ha avuto come obiettivo quello di approfondire l'efficacia dell'ozono come mezzo alternativo per la difesa delle malattie più importanti e diffuse in vigneto quali peronospora e oidio, in modo da attuare al meglio la difesa integrata diminuendo l'utilizzo dei prodotti fitosanitari e giovando sulla salute umana e flora/fauna ambientale.

Sono state valutate e confrontate tre tesi: una tesi convenzionale (Chimico), che consisteva in un trattamento fitosanitario della coltura; una tesi Chimico=Ozono in cui si è utilizzato il protocollo di difesa convenzionale della tesi ozono, ma senza eseguire i trattamenti con acqua ozonizzata; una tesi Ozono in cui veniva utilizzata acqua ozonizzata nei primi trattamenti e in quelli post fioritura quando il rischio d'infezione era basso, mentre il Chimico era utilizzato quando il rischio d'infezione era alto.

Per eseguire i trattamenti sono stati utilizzati due tipi di irroratrici: un'irroratrice portata Europiave con kit per la produzione di ozono Ecofarm-Storti per i trattamenti con ozono e un'irroratrice a recupero Bertoni per i trattamenti con prodotto chimico. Gli effetti di queste tesi sono stati analizzati rilevando la presenza di patogeno su foglie e grappoli a seconda dell'entità del danno creato (standard di riferimento da 0 a 7) in quattro rilevazioni eseguite durante il periodo di sperimentazione. Calcolando la media del dato della presenza di patogeno per replica in ciascuna tesi si è potuto ottenere una stima del danno con l'indice di McKinney.

I dati forniti dalle tre diverse tesi mostrano come la tesi Chimico segna la minor presenza di patogeno sia su foglie che su grappoli. La tesi Ozono non ha dato risultati tanto divergenti da quella Chimico=Ozono, a dimostrazione del fatto che l'ozono non ha dato un contributo significativo nel controllo del patogeno.

I dati rilevati dalla tesi Ozono affermano che questa è di difficile pratica in quanto per avere una difesa completa che elimini tutto il patogeno è necessario eseguire più trattamenti di seguito in modo

da aumentare la persistenza. Questo costituisce un problema a causa dell'aumento del tempo di lavoro e quindi dei costi. Sapendo che la virulenza di un patogeno è facilitata dalle precipitazioni, nel caso del trattamento con ozono è necessario irrorare la miscela antiparassitaria subito dopo la pioggia. In quest'ottica il periodo utile di entrata in campo della macchina gioca un ruolo fondamentale in quanto può rappresentare un ostacolo data l'impossibilità di eseguire il trattamento in seguito alle precipitazioni. Inoltre il volume d'acqua utilizzato rappresenta un limite dal momento che sono necessarie elevate quantità d'acqua per trattare un ettaro di vigneto. Un altro dato da tenere in considerazione è il mantenimento del potenziale redox dell'acqua tra gli 800 e 900 mV in modo da avere un'azione biocida sufficientemente efficace. Da questo punto di vista, durante le sperimentazioni il potenziale redox dell'acqua campionata erogata dagli ugelli era di 660 mV, valore forse troppo basso e quindi poco efficace per controllare le fitopatie.

In secondo luogo in questo esperimento si sono voluti segnalare i margini di miglioramento delle prestazioni dell'irroratrice Europiave con sistema di ozonizzazione Ecofarm–Storti e della metodologia di applicazione. Per prima cosa è utile diminuire il numero dei caricamenti delle cisterna e di ozonizzazione dell'acqua in modo da aumentare il tempo effettivo di lavoro e il rendimento operativo. In questo caso di studio, il volume di irrorazione a ettaro coincideva con la capacità del serbatoio dell'irroratrice, quindi ad ogni ettaro da irrorare corrispondeva un caricamento con ozonizzazione. Una soluzione può essere quella di utilizzare un'irroratrice con una capacità elevata, almeno di 1.000 l, così da diminuire i caricamenti di acqua per ettaro. Il lato negativo di questa soluzione è l'aumento del compattamento del terreno tra i filari in cui passa l'irroratrice a causa dell'aumento del peso della macchina. Un altro vantaggio di facile attuazione è quello di aggiungere un sistema di auto pulitura sia della cisterna che dell'impianto di irrorazione in modo da avere un circuito pulito senza intasamenti e senza variazioni di millivolt della miscela durante il processo di ozonizzazione. Dal punto di vista dei tempi, un modo per diminuire il tempo operativo di lavoro può essere quello di irrorare contemporaneamente due filari interi equipaggiando l'irroratrice con un sistema a tunnel di barre con ugelli.

Riguardo ai margini di perfezionamento della metodologia di applicazione, il miglioramento più semplice e veloce da adottare è quella di scoprire in quale periodo della giornata tra mattino, pomeriggio, sera e notte il trattamento con ozono registra una maggior efficienza biocida. Un'altra ipotesi per uno studio futuro può essere quella di aggiungere dei coadiuvanti alla miscela ozono e acqua in modo da potenziare la caratteristica biocida dell'ozono e aumentarne la persistenza. Durante la sperimentazione, in alcune circostanze il potenziale redox dell'acqua campionata dagli ugelli era troppo basso diminuendo la capacità di efficienza dell'ozono. Una soluzione per superare questo

problema può essere quella di eseguire delle analisi dell'acqua utilizzata e correggere il pH attraverso l'aggiunta di prodotti naturali, in modo da raggiungere un potenziale elettrico dell'acqua ottimale (900 mV) per il controllo del patogeno.

Un'altra soluzione può essere quella di installare sul vigneto un sistema di irrorazione fisso a circuito chiuso con tubazioni che collegano ogni filare, e montare una pompa con un generatore di ozono in un angolo del vigneto in modo da trattare tutto l'appezzamento. Questa però risulta una soluzione difficile da applicare a causa dell'elevato costo di creazione dell'impianto e dell'elevata quantità d'acqua ozonizzata utilizzata.

In conclusione, la difesa con ozono rappresenta una valida alternativa all'utilizzo di prodotti fitosanitari in vigneto sia dal punto di vista economico – ambientale, grazie alla diminuzione dell'uso di prodotti fitosanitari, sia dal punto di vista delle potenzialità che può offrire questa tecnologia. Nonostante i vantaggi rilevati, questo metodo risulta essere di difficile attuazione a causa dell'inefficienza dei macchinari sviluppati e dell'elevata quantità d'acqua ozonizzata necessaria per eseguire il trattamento.

Bibliografia

- Azienda regionale per lo sviluppo dell'Agricoltura Calabrese. 2020. Guida ai principi di difesa integrata in agricoltura.
- Baldoin C.. 2012. Scelta, manutenzione ed uso in campo. Edagricole.
- Bodria L., Pellizzi G., Piccarolo P.. 2018. Meccanica e meccanizzazione agricola. New Business Media. Gruppo tecniche nuove.
- Campayo A., Serrano de la Hoz K., Mercedes García-Martínez M., Rosario Salinas M. e L. Alonso G.. 2019. Spraying Ozonated water on Bobal grapevines: effect on wine quality. *Biomolecules* 01-02.
- Cavenago B.. 2021. Plasmopara viticola: l'agente eziologico della peronospora della vite. *Microbiologia Italia* 12-01.
- Cereda M.. 2020. Pesticidi: rischi e conseguenze. Orto da coltivare.
- Dondo d.. 2020. ISPRA, rapporto 2020 sui pesticidi nelle acque. *Great Italian Food Trade* 24-12.
- Istituto Agrario di San Michele d'Adige. 2007. Manuale di difesa fitosanitaria della vite.
- Ministero delle politiche agricole, animali e forestali. 2015 Manuale di difesa integrata.
- Margherita Modesti M., Macaluso M., Taglieri I, Bellincontro e Sanmartin C.. 2021. Ozone and Bioactive Compounds in Grapes and Wine. *Foods*.
- Petrucci S.. 2020. Malattie della vite, difesa biologica del vigneto. Orto da coltivare.
- Poretto R. e Serra S.. 2013. La difesa del vigneto dalle malattie crittogamiche. Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Sardegna.
- Redazione. 2015. Il Conegliano Valdobbiadene sperimenta l'ozono in vigneto. *Vigne, vini e qualità* – Edagricole 15-7.
- Riciputi C.. 2021. Acqua sterilizzata all'ozono per irrigare e per trattamenti ortofrutticoli. *Fresh Plaza* 14-10.
- Tommasini M. G., Cavazza F., Preti M., Franceschelli F., Landi M., Montanari M. e Bugiani R.. 2018. Gestione fitosanitaria sostenibile nella viticoltura. *Ecoscienza* n.5.
- Wüst M., Colelli G. e Navrot N.. 2018. Grape response to postharvest short – term ozone treatments. *Frontiers in Plant Science* 11-12.

Sitografia

Dosaviña. 2018. <https://dosavina.upc.edu/>.

Multiossigen s.p.s. 2018. Ozone technology. <http://www.multiossigen.com>.

Vivai cooperativi Rauscedo. 2018. <http://vivairauscedo.com>