

DGR n. 1510/2020 Accordo di collaborazione tra la Regione del Veneto e CREA VE finalizzato a diffondere la conoscenza di prodotti e pratiche agronomiche in grado di ridurre l'impiego complessivo di fitofarmaci utilizzati anche avvalendosi di mezzi di biocontrollo o altre sostanze a basso rischio.

Ricognizione e diffusione di strategie di difesa e prodotti innovativi finalizzati alla diminuzione dell'impiego di fitofarmaci in viticoltura

## L'oidio della vite



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore



REGIONE DEL VENETO

# Sommario

L'OIDIO DELLA VITE: NUOVE SOUZIONI PER UN CONTROLLO SOSTENIBILE .....	
NUOVE SOLUZIONI PER UNA VECCHIA MALATTIA.....	3
NOTE DI BIOLOGIA ED EPIDEMIOLOGIA DI <i>Erysiphe necator</i> .....	3
UN NUOVO APPROCCIO PER LA DIFESA DELL'OIDIO: IL CONTROLLO DELLA FASE SESSUATA.....	7
LINEE GUIDA AL CONTROLLO DELL'OIDIO .....	9
PROSPETTIVE .....	15
BIBLIOGRAFIA .....	17

## 1. Nuove soluzioni per una vecchia malattia

L'Oidio è una delle malattie più importanti per la difesa della vite. Le caratteristiche biologiche del patogeno, l'ampia adattabilità alle condizioni ambientali, la difficoltà di individuare i primi sintomi stagionali e il carattere spesso esplosivo delle epidemie, unite al loro potenziale distruttivo sui grappoli, fanno dell'Oidio una delle malattie più difficili da controllare. Per questi motivi, la difesa è classicamente basata sull'uso ripetuto di fungicidi di sintesi e di zolfo. Ciò porta a un uso massiccio e spesso ingiustificato di fungicidi, con conseguente aumento dei costi, della resistenza del patogeno ai fungicidi, degli impatti negativi sulla salute dell'uomo e sull'ambiente. Anche lo zolfo - usato in quantità di gran lunga superiori a qualsiasi altro fungicida sia per l'uso frequente sia per le alte dosi d'impiego - è oggi visto come possibile fonte d'inquinamento, con conseguenze per la salute del suolo e degli ecosistemi acquatici probabilmente simili a quelle note per le piogge acide (Hinckley et al., 2020). Lo zolfo utilizzato come fungicida e immesso nell'ecosistema è, infatti, soggetto a varie trasformazioni che generano stati chimici covalenti da -2 a +6, e va ad aumentare la concentrazione di solfato (un anione molto acido) nella soluzione circolante del suolo e poi nelle acque superficiali, con conseguenti effetti negativi sui processi biogeochimici dapprima a livello locale e poi diffuso. È pertanto necessario mettere a punto sistemi di gestione dell'Oidio che facciano un minor impiego dei fungicidi di sintesi e anche dello zolfo.

Negli ultimi anni, abbiamo acquisito nuove conoscenze sulla biologia dell'agente causale e abbiamo messo a punto strategie e strumenti per affrontare in modo più razionale la difesa dall'Oidio. Abbiamo anche sviluppato prodotti fitosanitari di origine naturale che, quando inseriti in una corretta strategia, consentono di sostituire, in toto o in parte, i classici fungicidi e lo zolfo.

## 2. Note di biologia ed epidemiologia di *Erysiphe necator*

### 2.1 Il patogeno

L'agente causale dell'oidio è il fungo *Erysiphe necator* (denominato *Oidium tuckeri* nella sua forma conidica), ascomicete della famiglia Erysiphaceae. Il fungo è un parassita obbligato che si nutre esclusivamente a carico delle viti, ospite su cui compie interamente il proprio ciclo vitale. Il fungo, infatti, sopravvive all'assenza dei tessuti verdi dell'ospite durante l'inverno in una fase quiescente, grazie a strutture specializzate (dette casmoteci.)

Si tratta di un fungo epifita, peculiarità che lo differenzia nettamente dagli altri patogeni della vite. Esso invade superficialmente tutti gli organi verdi della pianta, ma ne parassitizza solo le cellule epidermiche per mezzo di rigonfiamenti delle ife all'interno delle cellule

vegetali (detti austori), i quali assorbono gli elementi nutritivi necessari alla crescita del fungo e progressivamente portano a morte la cellula ospite. Questo sviluppo superficiale delle strutture fungine forma una colonia visibile a occhio nudo come muffa polverulenta e biancastra.

Box 1 - Il carattere epifitico del fungo ha importanti ripercussioni pratiche. Il fungo è, infatti, esposto a condizioni atmosferiche avverse: le piogge battenti, la presenza di acqua sugli organi vegetali, lunghi periodi con umidità relativa molto bassa, l'insolazione diretta, sono tutti fattori che ostacolano la crescita della colonia, la danneggiano e devitalizzano. Il fungo è anche esposto al contatto con i prodotti fitosanitari distribuiti sulla vegetazione in tutte le fasi del ciclo infettivo.

### 2.2 Il ciclo vitale

Il ciclo vitale di *E. necator* abbraccia due stagioni viticole, secondo un concetto noto come *epi-season*, in cui la stagione corrente lascia un'“eredità” alla successiva, come indicato in Figura 1. Questo concetto dovrebbe essere il cardine di una difesa razionale ma, purtroppo, non è ancora sufficientemente integrato nelle strategie di difesa.

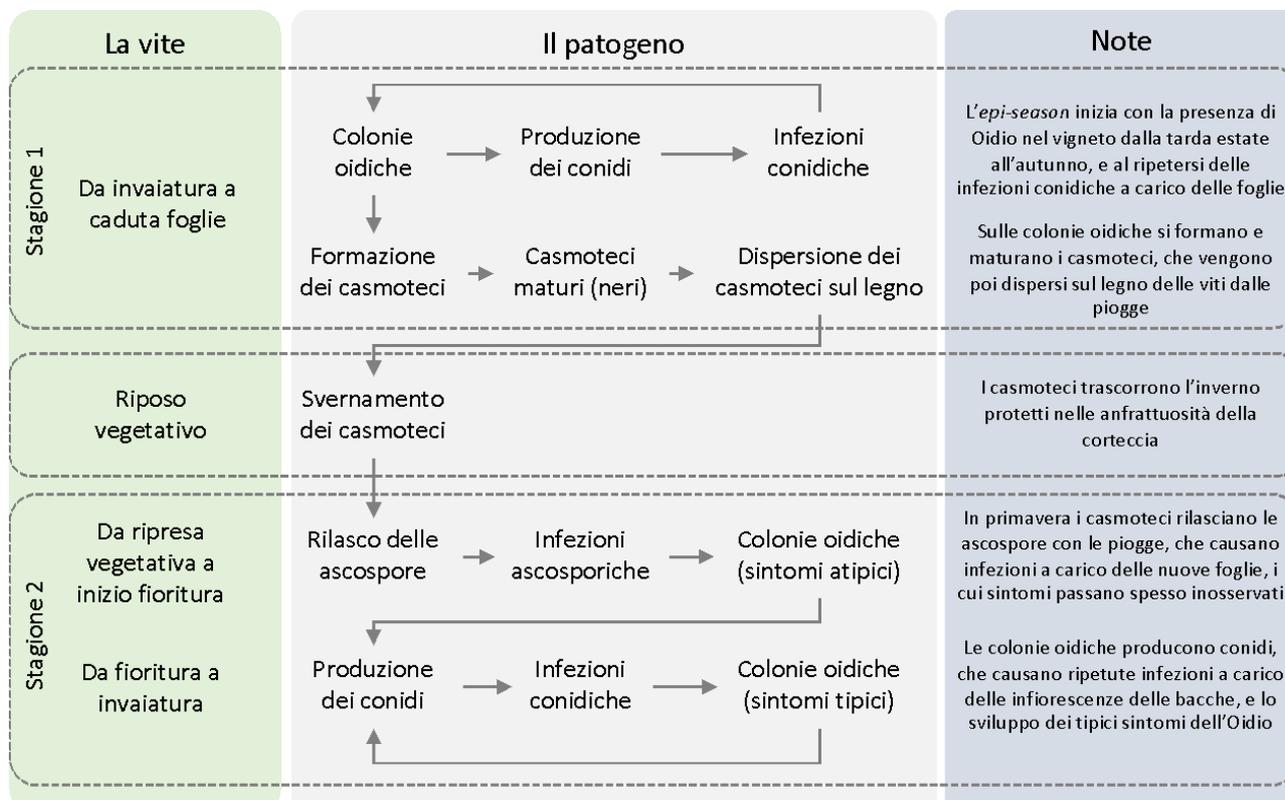


Figura 1 – Il ciclo vitale di *Erysiphe necator* secondo il concetto di *epi-season*: la stagione corrente lascia un'“eredità” a quella successiva.

Box 2 - I casmoteci sono piccole sfere, visibili a occhio nudo (o con lente d'ingrandimento); sono prima biancastri, quindi gialli, arancioni, bruni e, infine, neri.



I casmoteci avviano la fase sessuata del fungo, che si completa nella stagione successiva con la produzione di ascospore. I casmoteci si formano da fine estate all'autunno sulle colonie di Oidio, soprattutto dopo la vendemmia, quando l'interruzione dei trattamenti fungicidi dà alle colonie fungine la possibilità di svilupparsi. Il patogeno può produrre fino a 8 milioni di casmoteci per ettaro in vigneti allevati a Guyot, e fino a decine di milioni per ettaro con forme tipo doppia cortina (GDC). Quando maturi (ossia di colore nero), i casmoteci sono rimossi dalle piogge e veicolati dagli schizzi sui ceppi e sui cordoni permanenti delle viti, dove restano intrappolati nelle anfrattuosità del ritidoma e rimangono vitali fino alla primavera successiva. I

casmoteci che cadono al suolo perdono normalmente vitalità durante l'inverno.

Le ascospore sono rilasciate dai casmoteci in primavera (normalmente fra fine aprile e fine maggio, con temperature medie superiori a 8°C e piogge di almeno 2.5 mm) e, in presenza di condizioni ambientali favorevoli, causano le infezioni primarie (o ascosporiche). Il rilascio delle ascospore avviene grazie a una frattura del casmotecio, che poi si richiude, lasciando il corpo fruttifero integro. I casmoteci erano precedentemente denominati cleistoteci, i quali però rilasciano le ascospore disgregandosi. Le ascospore sono presenti fin dalle primissime fasi fenologiche della vite, e rilasciate a più riprese in concomitanza delle piogge. Le infezioni ascosporiche causano sintomi atipici rispetto a quelli normalmente percepiti come sintomi di Oidio; pertanto, passano spesso inosservati. Le infezioni ascosporiche hanno però un ruolo chiave per l'instaurarsi dell'Oidio nel vigneto e per la moltiplicazione iniziale dell'inoculo conidico.

Box 3 - I sintomi delle infezioni ascosporiche sono atipici e di difficile individuazione. Si tratta di macchie clorotiche tondeggianti sulla pagina inferiore delle foglie basali dei germogli più vicini al ceppo, con sottili linee necrotiche lungo le nervature più fini e con un fine micelio biancastro.



I conidi si formano sulle colonie di Oidio, sono responsabili delle infezioni secondarie (o conidiche) e, quindi, del carattere policiclico delle epidemie. I cicli d'infezione, infatti, si susseguono nel corso della stagione vegetativa fino a che le condizioni ambientali sono favorevoli e vi sono organi vegetali suscettibili. I cicli secondari possono completarsi in soli 5-6 giorni con temperature comprese tra 23°C e 30°C. Le foglie sono sempre recettive, mentre i germogli lo sono fintanto che non lignificano. Il grappolo è recettivo fino all'invaiaura; la sensibilità è molto alta in fioritura e si riduce progressivamente con lo sviluppo delle bacche (resistenza ontogenica).

Box 4 - I sintomi delle infezioni conidiche sono quelli tipici dell'Oidio.



I sintomi delle infezioni secondarie sono quelli tipici dell'Oidio (Box 4). Le colonie sono inizialmente piccole e a forma di stella; poi si sviluppano a formare un micelio polverulento. Le infezioni su foglie in accrescimento causano anche una deformazione del lembo, perché le cellule epidermiche morte per l'azione del fungo non seguono la distensione dei tessuti, originano uno "stiramento" e il successivo ripiegamento del lembo. Le infezioni precoci delle bacche causano spaccature per motivi analoghi ai

precedenti. Quando la colonia fungina invecchia, o viene allontanata dalla pioggia, ne rimangono le tracce sotto forma di un reticolo necrotico costituito dall'insieme delle cellule epidermiche morte; questi sintomi sono particolarmente evidenti su germogli, tralci e bacche.

Infezioni ascosporiche e conidiche hanno esigenze diverse. Le infezioni ascosporiche sono innescate dalle piogge e necessitano d'acqua sulle superfici vegetali; avvengono in un ampio intervallo termico (5-28°C, ottimo 20-25°C). Le infezioni conidiche sono invece ostacolate dalla pioggia e dalla presenza di acqua, ma sono favorite da alta umidità relativa; l'ottimo termico è a 20-25°C, ma sono possibili anche con 35°C.

Il ciclo vitale dell'oidio comprende anche i "germogli a bandiera". In climi miti, il fungo può trascorrere l'inverno come micelio tra le perule delle gemme svernanti, che vengono indicativamente colonizzate entro il periodo della fioritura. Nella primavera successiva, il fungo inizia, molto precocemente, a infettare i germogli che assumono una spetto particolare, detto appunto "a bandiera" (Box 5). I germogli a bandiera sono normalmente assenti nei vigneti ben gestiti.

Box 5 - I germogli a bandiera mostrano un accrescimento stentato, con tessuti decolorati e rachitici per la presenza del micelio che si sviluppa molto rapidamente sulla superficie dell'ospite e sporula abbondantemente.



### 2.3 Le condizioni predisponenti

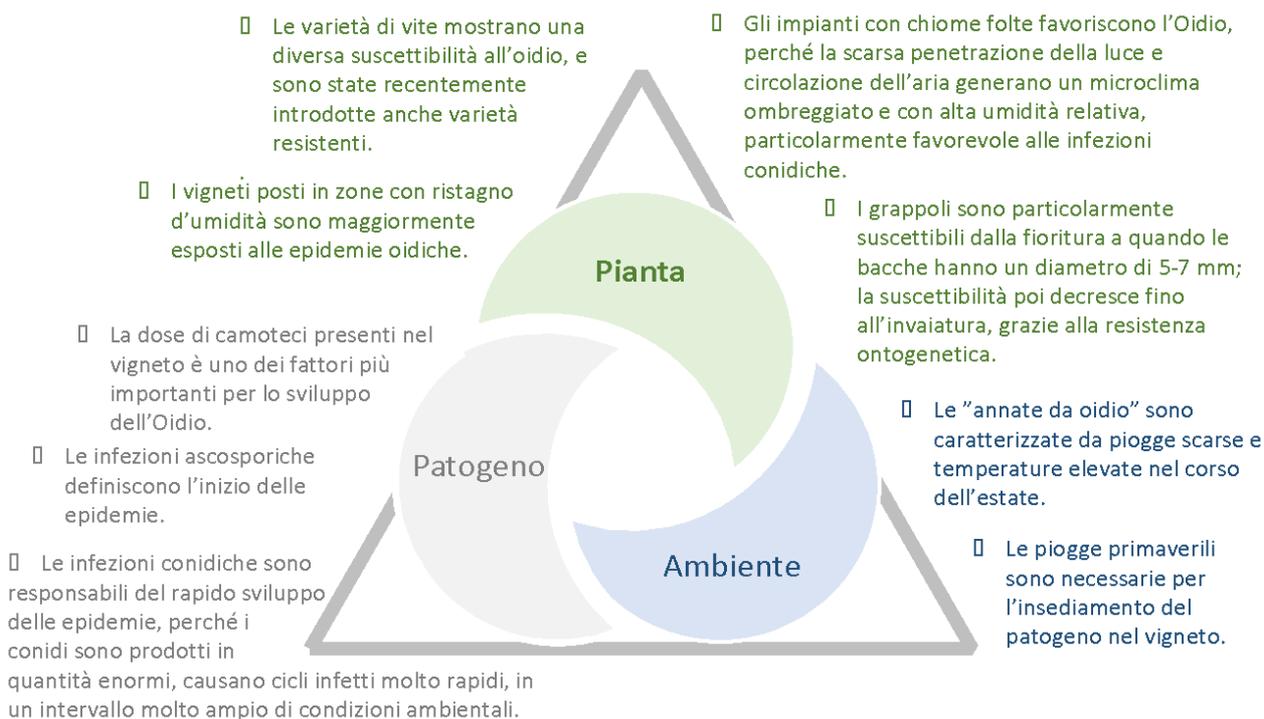


Figura 2 – Lo sviluppo delle epidemie oidiche dipende dalla interazione di vari fattori facenti capo alla pianta ospite, al patogeno e alle condizioni ambientali.

Le epidemie di Oidio sono influenzate dalle interazioni che si instaurano fra il patogeno, la pianta ospite e le condizioni ambientali. Gli elementi salienti sono riportati in Figura 2. Come risultato di queste interazioni, le epidemie oidiche si sviluppano in modo diverso da un ambiente all'altro, nei diversi vigneti e, nello stesso vigneto, da una stagione all'altra.

### 3. Un nuovo approccio alla difesa dall'Oidio: il controllo della fase sessuata

Alla luce del ciclo vitale di *E. necator* e del concetto di *epi-season*, risulta evidente l'importanza di controllare la fase sessuata del fungo attraverso interventi mirati a controllare: i) i casmoteci in fase di sviluppo, fra la tarda estate e l'inizio autunno; ii) i casmoteci maturi sul ritidoma delle viti, in inverno; iii) le ascospore rilasciate dai casmoteci al germogliamento della vite, nella primavera successiva.

Questo approccio al controllo dell'Oidio è stato messo a punto fra il 2007 e il 2011 nell'ambito di un progetto in parte finanziato dalla Regione e coordinato dall'Università Cattolica di Piacenza (USCS), in collaborazione con l'Università di Bologna, il Servizio Fitosanitario e ditte produttrici di prodotti fitosanitari. I fungicidi sono stati dapprima applicati singolarmente nel periodo di formazione e maturazione dei casmoteci, durante il loro svernamento o nel periodo delle infezioni ascosporiche. Essi sono poi stati integrati in strategie di difesa. Oltre ai classici fungicidi di sintesi e lo zolfo, sono stati testati un agente di biocontrollo a base di *Ampelomyces quisqualis* e un olio minerale contenente zolfo e altri co-formulanti. Il fungo *Ampelomyces* è un iperparassita capace di parassitizzare tutte le strutture fungine delle *Erysiphaceae*, compresi i casmoteci in formazione (Legler et al., 2012); l'olio minerale è prodotto attivo contro le cocciniglie della vite che, applicato al tronco delle viti prima del germogliamento, mostra una certa attività nei confronti dell'Oidio (D'Ascenzo e Corvi, 2010).

#### 3.1 Prove di efficacia

Le prove sono state condotte per un biennio, in sei località, mettendo a confronto: i) testimone non trattato; ii) trattamenti di fine stagione per ridurre la produzione di casmoteci; iii) trattamenti al bruno per ridurre la vitalità dei casmoteci; iv) trattamenti primaverili per controllare le infezioni ascosporiche.

I trattamenti di fine stagione sono stati distribuiti dopo la vendemmia, a esclusione di *A. quisqualis* che è stato applicato sia prima che dopo la vendemmia. Gli altri trattamenti sono stati eseguiti nella stagione successiva; i trattamenti al bruno sono stati applicati sul tronco allo stadio di gemme cotonose, mentre i trattamenti primaverili sono stati eseguiti in base alle indicazioni del sistema di supporto alle decisioni vite.net® ([www.horta-srl.it/portfolio-item/vite-net/](http://www.horta-srl.it/portfolio-item/vite-net/)).

Tutti i trattamenti hanno ridotto la gravità di malattia sui grappoli alla fase di grano di pepe rispetto al testimone non trattato (Figura 3). I fungicidi di sintesi applicati in primavera sono stati i più efficaci (media del 94%), seguiti dallo zolfo applicato nello stesso periodo (79%). Boscalid + kresoxim-methyl, Meptyldinocap e Spiroxamina applicati solo in post-vendemmia nella stagione precedente, e *A. quisqualis* applicato in pre- e post-vendemmia, hanno mostrato un'efficacia intermedia (media del 59%). Gli altri trattamenti sono risultati meno efficaci. I trattamenti autunnali, da soli, possono pertanto contribuire in modo rilevante al controllo della malattia, che deve essere poi completato con gli interventi primaverili.

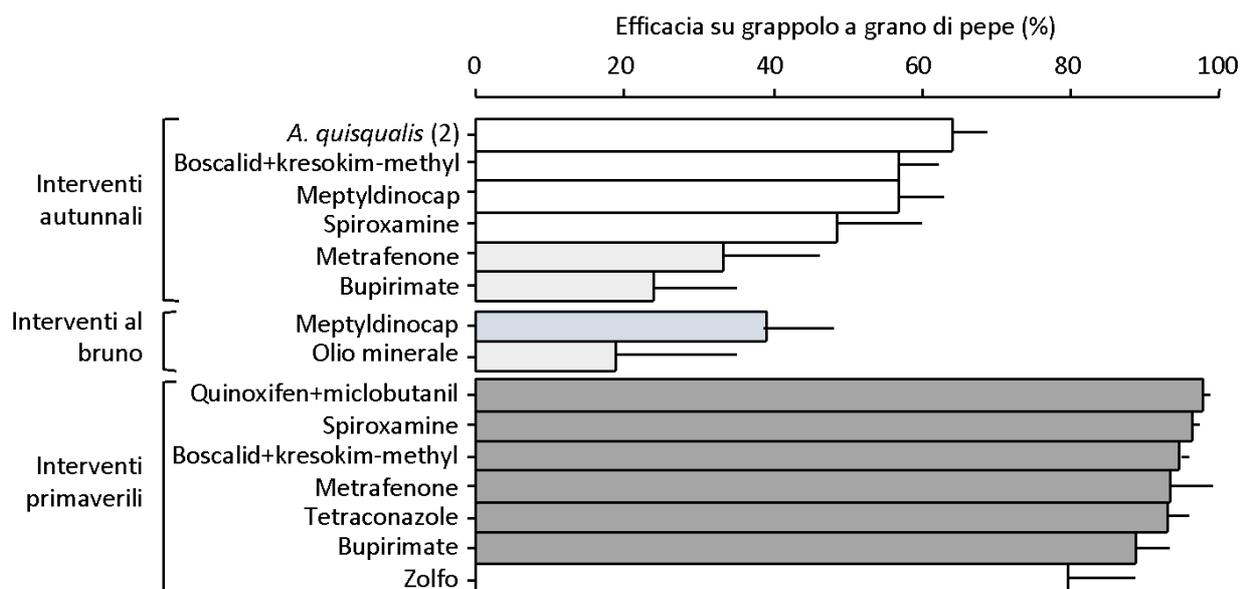


Figura 3 – Efficacia di prodotti fitosanitari nel ridurre la gravità dell’Oidio sul grappolo a grano di pepe; i prodotti sono stati utilizzati fra la tarda estate e l’autunno della stagione precedente, al bruno (gemma cotonosa) o in primavera (fra il germogliamento e l’allegagione). I colori delle barre indicano medie significativamente diverse fra loro, il segmento indica l’errore standard delle medie.

### 3.2 Prove di strategia

Le prove sono state allestite in tre località, per un biennio; sono state messe a confronto varie strategie di controllo, oltre a un testimone non trattato. Ogni strategia combinava trattamenti di fine stagione, al bruno e/o primaverili (Tabella 1).

Tutte le strategie hanno ridotto in modo significativo la gravità di malattia sui grappoli allo stadio di grano di pepe. La strategia basata sul solo impiego primaverile di zolfo ha fatto registrare un’efficacia dell’80%. I trattamenti con *A. quisqualis* in pre- e post- vendemmia nella stagione precedente e/o con olio minerale al bruno, abbinati all’uso primaverile dello zolfo, hanno aumentato in modo significativo l’efficacia di protezione dei grappoli, con una efficacia media del 97%.

Nel complesso, i risultati hanno dimostrato che il controllo della fase sessuata di *E. necator* garantisce un contenimento efficace dell’Oidio. Due applicazioni di *A. quisqualis* (pre- e post-vendemmia) nella stagione precedente e/o l’applicazione di olio minerale prima del germogliamento, abbinate all’utilizzo di zolfo per i trattamenti primaverili hanno garantito un controllo pressoché totale della malattia sui grappoli fino alla fase di grano di pepe, allo stesso modo dei trattamenti primaverili con fungicidi di sintesi. Questa strategia risulta di estremo interesse sia in viticoltura biologica che in viticoltura integrata, nell’ottica di un uso più razionale dei fungicidi di sintesi. I risultati hanno anche dimostrato che, in presenza di una bassa dose d’inoculo svernante, i trattamenti di fine stagione o durante il riposo vegetativo non sono giustificati. Al contrario, in presenza di un numero consistente di casmoteci, questi trattamenti contribuiscono in modo significativo al controllo dell’Oidio.

Tabella 1 – Efficacia di varie strategie di difesa per il controllo della fase sessuata di *Erysiphe necator*. I trattamenti primaverili, da germogliamento ad allegagione, sono stati cadenzati in base agli allarmi per le infezioni ascosporiche fornite dal sistema di supporto alle decisioni vite.net®.

Applicazioni
--------------

Stagione 1 <sup>1</sup>		Stagione 2 <sup>1</sup>		Efficacia su grappolo a grano di pepe (%)
Pre-raccolta	Post-raccolta	Gemma cotonosa	Da germogliamento a allegagione	
<i>A. quisqualis</i>	<i>A. quisqualis</i>	Olio minerale	Zolfo	94,7 C <sup>2</sup>
<i>A. quisqualis</i>	<i>A. quisqualis</i>	-	Zolfo	95,0 C
-	-	Olio minerale	Zolfo	97,4 C
-	-	-	Zolfo	80,0 B
-	-	-	Fungicidi organici	99,3 C

<sup>1</sup> Le stagioni fanno riferimento al concetto di *epi-season* (vedi Figura 1); <sup>2</sup> le lettere indicano la significatività delle differenze fra le media; l'efficacia è espressa in rapporto al test non trattato (non riportato in tabella), che è contraddistinto dalla lettera A.

#### 4. Le linee guida per il controllo dell'Oidio

Il controllo dell'Oidio richiede un approccio integrato basato su: (i) interventi di tipo agronomico, (ii) monitoraggi in vigneto, (iii) impiego di modelli matematici e (iv) prodotti fitosanitari sia di sintesi che di origine naturale. È innanzitutto necessario adottare tutte le pratiche colturali mirate a rendere l'ambiente vigneto meno predisponente alla malattia, sulla base di quanto illustrato in Figura 2. Con la potatura secca e verde si definisce l'architettura della chioma; con gli interventi di gestione del suolo, di fertilizzazione e irrigazione si regola il vigore delle piante e, di conseguenza, la circolazione dell'aria, la penetrazione della luce e il ristagno di umidità. Questi interventi di carattere agronomico creano quindi un microambiente meno favorevole allo sviluppo di *E. neactor*, e non devono essere trascurati.

La gestione degli specifici interventi di difesa è cadenzata in rapporto alle fasi fenologiche del vigneto e allo stato del patogeno, come di seguito delineato con riferimento al concetto di *epi-season*. La difesa dall'Oidio inizia quindi in post-invaiatura e prosegue nella stagione successiva, e non può prescindere da un monitoraggio della malattia e dei casmoteci nel vigneto. Questo monitoraggio permette di valutare la pressione di malattia e di modulare gli interventi in base a tale pressione. I consigli tecnici per il controllo dell'oidio, storicamente, si differenziano per i vigneti "ad alto" e "a basso" rischio, oppure per i vigneti "di collina" e "di pianura", ossia in base a denominazioni che, in modo generalizzato e molto approssimativo, definiscono possibili differenze di pressione oidica. Il monitoraggio in vigneto rappresenta quindi un'evoluzione di questo concetto, e permette una valutazione puntuale del livello di pressione della malattia in ogni vigneto.

È necessario comunque ricordare che, in tutte le situazioni e circostanze, le epidemie in atto non devono mai essere "abbandonate", in quanto caratterizzate da aumenti gravi e repentini della gravità che diventano poi difficili da contrastare.

##### 4.1 Il monitoraggio

Il monitoraggio dei casmoteci permette di definire l'abbondanza dell'inoculo nel vigneto, ossia dell'inoculo che potrà alimentare l'epidemia oidica nella stagione successiva; l'abbondanza dei casmoteci può essere considerata bassa, media o alta (come di seguito indicato) e permette di stimare la pressione oidica per la stagione successiva (vedi Tabella 2).

I casmoteci possono essere facilmente osservati direttamente sulle colonie oidiche su foglie e bacche a occhio nudo o con l'ausilio di una semplice lente da campo (vedi Box 2). E' necessario campionare un numero rappresentativo di foglie infette (orientativamente 50 foglie prese a caso) e stimare l'abbondanza dei casmoteci tramite confronto visivo con lo schema di Figura 4; bisogna considerare tutti i corpi fruttiferi presenti, indipendentemente dal loro colore. È bene eseguire questa valutazione dal momento in cui la gravità della malattia nel vigneto - o in una parte del vigneto in cui la malattia è particolarmente presente (detta hot-spot) - raggiunge il 40-50% (esiste infatti una relazione fra gravità dell'oidio e numero di casmoteci prodotti, come indicato in Figura 5) e ripeterla almeno una volta alla settimana per evitare errori dovuti alla dispersione dei casmoteci maturi con le piogge. A ogni foglia del campione viene attribuita una classe di densità dei casmoteci, e il rispettivo valore numerico (0, 1, 3, 5). Il valore medio del campione definisce l'abbondanza dell'inoculo nel vigneto: bassa (se <1), media (se >1 e <3), alta (se >3).

Classi di densità dei casmoteci

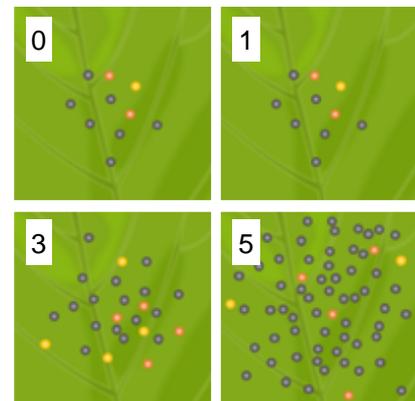


Figura 4 - Scala diagrammatica per la stima della densità dei casmoteci di *Erysiphe necator* sulle foglie di vite

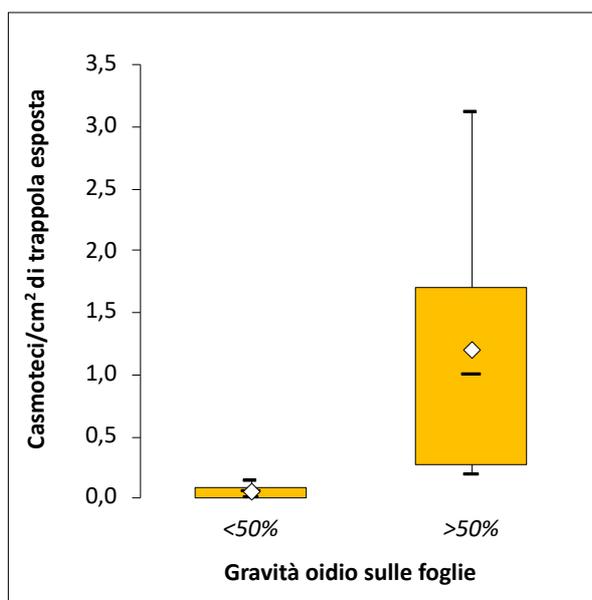


Figura 5 – Box plot relativo al numero di casmoteci prodotti in vigneti del nord Italia, dal 2005 al 2010, caratterizzati da diversa gravità dell'Oidio sulle foglie. Quando la gravità dell'oidio è inferiore al 50% il numero di casmoteci è normalmente molto basso. Nel grafico la scatola rappresenta il 50% dei casi osservati, i baffi i valori massimi e minimi, la linea nera la mediana, il diamante bianco la media e il punto giallo un outlier.

Figura 6 - Esempio di un "trappola" per casmoteci ancorata al ceppo di vite.



Il monitoraggio dei casmoteci può essere effettuato anche tramite apposite trappole; in questo caso, il monitoraggio è più preciso e riguarda solo i casmoteci maturi e dispersi dalle foglie al legno nel vigneto, che sono quelli che trascorrono l'inverno e producono le ascospore nella stagione successiva. A partire dalla metà del mese di agosto, e fino alla completa filloptosi autunnale, si espone nel vigneto un numero sufficiente di "trappole" (per esempio, una quindicina). La trappola è costituita da un imbuto fissato al ceppo della pianta e ai capi a frutto, a diverse altezze, con all'interno un disco di carta-filtro fissato con graffette; questo sistema permette il passaggio dell'acqua piovana e degli schizzi che veicolano i casmoteci, ma trattiene i corpi fruttiferi sul filtro (Figura 6). I filtri possono essere sostituiti ogni due settimane, o lasciati per l'intero periodo. Al termine del periodo d'esposizione in vigneto si procede al conteggio dei casmoteci per unità di superficie esposta. Il numero medio di casmoteci per cm<sup>2</sup> di superficie dell'imbuto definisce – sulla

base delle conoscenze disponibili (Rossi et al., 2011; Caffi et al., 2012; Legler et al., 2014) - l'abbondanza dell'inoculo nel vigneto: bassa (< 0,2 casmoteci/ cm<sup>2</sup>), media (0,2-1 casmoteci/cm<sup>2</sup>) o alta (> 1 casmoteci/cm<sup>2</sup>)

#### 4.2 Gestione dell'oidio in post-invaiatura (BBCH 81 - 97)

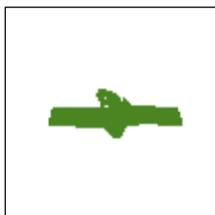


Dopo l'invaiatura la suscettibilità dei grappoli all'infezione diminuisce sensibilmente, così come le possibili ripercussioni negative di eventuali infezioni. Seguendo il concetto di *epi-season* è però importante - a iniziare da questa fase e fino alla caduta delle foglie - non consentire alla malattia uno sviluppo incontrollato per evitare che si formi un'elevata dose d'inoculo per la stagione successiva. In questa fase, è quindi importante mantenere sotto osservazione lo stato sanitario del vigneto e, in presenza di malattia con gravità superiore al 40-50%, monitorare

il casmoteci. Nel momento in cui la maggioranza dei casmoteci è nella fase iniziale dello sviluppo - caratterizzata dal colore giallo (vedi Box 2) - è opportuno intervenire con un trattamento estintivo (Box 6). Si possono impiegare sia fungicidi di sintesi, sia prodotti naturali (come l'olio di arancio dolce), sia agenti di biocontrollo (come *Ampelomyces*) (Tabella 5), prestando attenzione ai tempi di carenza dei singoli formulati commerciali quando si esegue il trattamento in pre-vendemmia.

Box 6 - Gli interventi estintivi (o di sanitazione) hanno l'obiettivo di ridurre l'inoculo primario (casmoteci) presente nel vigneto. Hanno l'effetto di ritardare e rallentare l'epidemia oidica nella stagione successiva. Per una buona gestione della malattia è molto importante ritardare la fase epidemica fino al periodo in cui i grappoli vanno acquisendo una certa resistenza ontogenica (ossia regolata dalla fase fenologica), indicativamente dallo stadio di accrescimento bacche.

#### 4.3 Gestione dell'oidio a gemme cotonose (BBCH 01)



Nel caso in cui la dose d'inoculo nel vigneto sia alta - specie quando non è stato possibile intervenire (o farlo in modo efficace) in post-invaiatura - è possibile effettuare un trattamento estintivo con olio minerale e zolfo, con olio di rancio dolce o con meptyldinocap (Tabella 5). Questi prodotti hanno infatti la capacità di devitalizzare i casmoteci annidati fra le anfrattuosità della corteccia dei ceppi di vite. Siccome tutti questi prodotti agiscono per contatto, è molto importante un'adeguata bagnatura del ceppo, usando volumi elevati e, possibilmente, indirizzati al tronco.

Tabella 2 – Criteri per la stima della pressione infettiva dell'Oidio nel vigneto.

Criteri		Pressione dell'Oidio
Dose di casmoteci	Interventi estintivi	
Bassa	-	Bassa
Media	Eseguiti	
	Non eseguiti	Alta
Alta	-	

#### 4.3 Gestione dell'oidio dal germogliamento alla prefioritura (BBCH 11 - 57).



La gestione della malattia nella stagione in corso varia in funzione della pressione della malattia, così come definita in precedenza e riassunta in Tabella 2.

In questo periodo è necessario tenere sotto controllo le infezioni ascosporiche tramite interventi preventivi o post-infezionali; i primi sono particolarmente indicati nei vigneti in cui la pressione dell'Oidio

è alta, i secondi prevedono un attento monitoraggio dei sintomi da infezioni ascosporiche, così come descritti nel Box 3. Gli interventi preventivi si basano sui modelli matematici, come meglio illustrato alla sezione 4.7, i quali forniscono allarmi sul momento di rilascio delle ascospore, sull'intensità del rilascio e il rischio infettivo. Da rimarcare che un adeguato controllo delle infezioni ascosporiche rende più facile la difesa dall'Oidio nel corso dell'intera stagione. Inoltre, il controllo dell'Oidio fra il germogliamento e la fioritura riduce le infezioni delle gemme svernanti in via di formazione all'ascella delle foglie e, quindi, la presenza dei "germogli bandiera" nella primavera successiva.

Box 7 - Gli interventi preventivi (o pre-infezionali) hanno l'obiettivo di prevenire l'infezione, più propriamente, la formazione degli austori da parte delle ife sulla superficie degli organi vegetali. Gli interventi curativi mirano a bloccare l'infezione nelle sue prime fasi, mentre quelli eradicanti intendono prevenire o ridurre la produzione di conidi sui siti d'infezione. Dato il carattere epifita di *E. necator*, ambedue questi interventi di tipo post-infezionale riescono a devitalizzare le colonie fungine superficiali e prevenire la sporulazione. Per maggiori dettagli consultare Rossi e Caffi, 2019.

In questo periodo è anche necessario prestare attenzione all'eventuale presenza dei germogli a bandiera (Box 5), intervenendo al più presto con fungicidi ad spiccata attività eradicante (Tabella 5).

Tabella 3 - Criteri per la definizione di interventi preventivi e post-infezionali per il controllo delle infezioni ascosporiche fra il germogliamento e la pre-fioritura.

Pressione dell'Oidio	Criteri decisionali	Interventi
Bassa	In presenza di sintomi da infezioni ascosporiche (da monitoraggio)	Post-infezionali
Alta	In previsione d'infezioni ascosporiche (da modello matematico, vedi sezione 4.7)	Preventivi
In presenza di germogli a bandiera (da monitoraggio)		Eradicanti

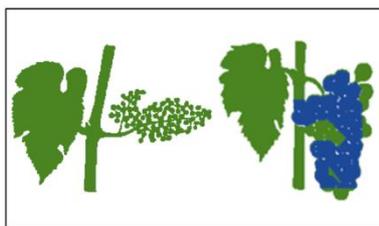
#### 4.4 – Gestione dell'Oidio da prefioritura – allegagione (BBCH 57 – 71)



Con la fioritura la vite entra nella fase più critica; gli attacchi oidici possono infatti determinare la compromissione anche totale dei grappolini, con gravi perdite produttive. Anche in considerazione delle limitazioni degli interventi nel periodo di fioritura, è importante programmare un trattamento prima dell'inizio di questa fase, in modo da garantire una buona protezione senza la necessità di intervenire in piena antesi. I fungicidi più indicati in questo periodo sono indicati in

Tabella 5.

#### 4.5 - Gestione dell'Oidio allegazione – invaiatura (BBCH 71 – 81)



In questo periodo è importante proteggere i grappoli dalle infezioni conidiche. Fra allegazione e chiusura dei grappoli la difesa deve essere molto puntuale; tra chiusura grappoli e invaiatura è possibile avere una maggiore flessibilità. È consigliato intervenire in modo preventivo; i prodotti fitosanitari e il turno fra i trattamenti possono variare in funzione della presenza dell'Oidio nel vigneto e degli output

di modelli matematici in grado di definire il rischio per le infezioni conidiche, come indicato in Tabella 4, e ovviamente in funzione delle caratteristiche di persistenza del prodotto (Tabella 5). Quando si utilizzano fungicidi di sintesi è importante scegliere prodotti con spiccata affinità per le cere epicuticolari degli acini. I trattamenti post-infezionali ed eradicanti sono molto utili nei casi in cui vi sia uno sviluppo inatteso dell'Oidio.

Tabella 4 – Criteri per la definizione di interventi preventivi e post-infezionali per il controllo delle infezioni conidiche fra l'allegazione e l'invaiatura.

Monitoraggio	Trattamenti preventivi		Trattamenti post-infezionali
	Rischio Basso - Medio basso <sup>1</sup>	Rischio Medio alto – Alto <sup>1</sup>	
Oidio assente	Turni lunghi	Turni lunghi/medi	No
Oidio presente	Turni medi	Turni brevi	Si

<sup>1</sup> Da modello matematico, come indicato in sezione 4.7.

#### 4.6 La scelta dei prodotti fitosanitari

La disponibilità di prodotti fitosanitari è ampia. Dopo i prodotti IBS (inibitori della biosintesi degli steroli) - che negli anni '80 e '90 del secolo scorso avevano caratterizzato la difesa antioidica in affiancamento a zolfo e dinocap - sono state introdotte nuove molecole, con caratteristiche nuove e diversificate, che hanno contribuito ad ampliare le possibilità di controllo della malattia specialmente su grappolo, grazie alla capacità di fissarsi alle cere epicuticolari degli acini. Per quanto concerne la scelta dei prodotti fitosanitari da impiegare nelle diverse fasi fenologiche si rimanda alla sintesi di Tabella 5, come pure ai disciplinari di produzione integrata regionali e ad altre specifiche pubblicazioni. Si riportano qui alcuni concetti di carattere generale, utili a guidare la scelta dei prodotti da impiegare.

Sia che si utilizzino i classici fungicidi oppure prodotti di origine naturale (come i botanicals) o microbiologica (BCA), un corretto impiego non può prescindere dalla conoscenza del loro MoA (Mode of Action) e PMoA (Physical Mode of Action).

In riferimento ai classici fungicidi, il MoA definisce la modalità (sito e meccanismo) di azione di una sostanza attiva nei confronti degli organismi bersaglio. Per esempio, lo zolfo agisce sottraendo acqua alla cellula fungina e bloccandone i processi respiratori sostituendosi all'ossigeno. In questo modo porta alla formazione di acido solfidrico con conseguenti danni strutturali alla parete e alla disidratazione della cellula fungina. Inoltre, causa la denaturazione di diverse proteine e la formazione di chelati con metalli pesanti all'interno della cellula fungina. Queste caratteristiche lo rendono un classico esempio di prodotto multisito. Altri fungicidi, invece, hanno un unico MoA e sono pertanto detti monosito, come per

Box 8 - Tipo di attività dei fungicidi in relazione all'interazione pianta-patogeno (preventiva, curativa o eradicante): definisce il posizionamento del fungicida in rapporto alle fasi dell'infezione fungina. Localizzazione nella pianta: caratteristiche chimico-fisiche del fungicida che determinano la penetrazione o meno della sostanza attiva, e l'eventuale traslocazione all'interno dei tessuti vegetali (prodotti di copertura, locosistemici e sistemici). Dinamica nel tempo: riguarda la ritenzione (o adesione) delle goccioline del fungicida sulla pianta, l'evaporazione della gocciolina e la formazione del deposito, la redistribuzione sulla superficie, il grado di dilavamento (tenacità), la diluizione della sostanza attiva nei tessuti della pianta. Effetto fungicida: durata e grado di attività del fungicida in condizioni di campo.

esempio i triazoli (o Ibs, Inibitori della biosintesi degli steroli) che agiscono specificatamente sulla demetilazione di un singolo enzima durante la sintesi delle sostanze strutturali della parete fungina. Le informazioni sui MoA possono essere reperite sul sito internet del Fungicide Resistance Action Committee (FRAC; [www.frac.info](http://www.frac.info)). Il PMoA è un aspetto meno noto del MoA, ma altrettanto importante. Il PMoA, infatti, definisce tutte quelle caratteristiche che influenzano l'uso pratico del fungicida (vedi Box 8 e, per maggiori informazioni, Rossi & Caffi, 2019). La conoscenza del PMoA permette di sfruttare le caratteristiche del fungicida, posizionandolo al meglio all'interno della strategia di difesa o, più in generale, nelle fasi fenologiche/periodi dove questo è in grado di fornire la migliore prestazione.

Le strategie anti-resistenza permettono di ridurre al minimo il rischio di selezionare ceppi del fungo resistenti; il termine "resistenza" si riferisce a riduzioni stabili ed ereditabili della sensibilità di un patogeno nei confronti di un fungicida (o di un gruppo di fungicidi). Le sostanze attive classicamente utilizzate nei confronti di *E. necator*, a eccezione di zolfo e meptyldinocap, sono considerate a rischio di resistenza da medio a elevato. Pertanto, per conservarne l'efficacia è importante seguire le indicazioni riportate in etichetta, nei disciplinari di produzione integrata o su [www.frac.info](http://www.frac.info), quali: dosi, limitazioni nel numero di interventi, utilizzazione in miscela e/o alternanza con prodotti a diverso meccanismo di azione, specie se multisito.

#### 4.6 - Il contributo dei modelli

Come citato in precedenza, i modelli matematici possono fornire un contributo decisivo per la gestione delle epidemie oidiche secondo l'approccio di questa monografia. In Figura 7 sono illustrati alcuni output dei modelli matematici sviluppati dall'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza e implementati nel sistema di supporto alle decisioni (DSS, da Decision Support System) vite.net® di Hort@, spin-off della stessa università ([www.horta-srl.it](http://www.horta-srl.it); Caffi et al., 2014). Si tratta di modelli che permettono di prevedere, dall'alto al basso, il momento delle infezioni ascosporeiche e la loro gravità relativa (vedi Tabella 3), la gravità delle infezioni conidiche (vedi Tabella 4), e la dinamica di protezione fornita dai trattamenti fungicidi già eseguiti. Altri modelli (non riportati in Figura 7) consentono di prevedere il rischio d'infezione delle gemme sul germoglio (che potranno poi dare origine ai germogli a bandiera) e la dinamica di produzione e maturazione dei casmoteci (utile per il monitoraggio dei

casmotecci e l'esecuzione dei trattamenti estintivi). I modelli, quindi, possono fornire un supporto in tutte le fasi della gestione dell'Oidio così come delineata in questa monografia.

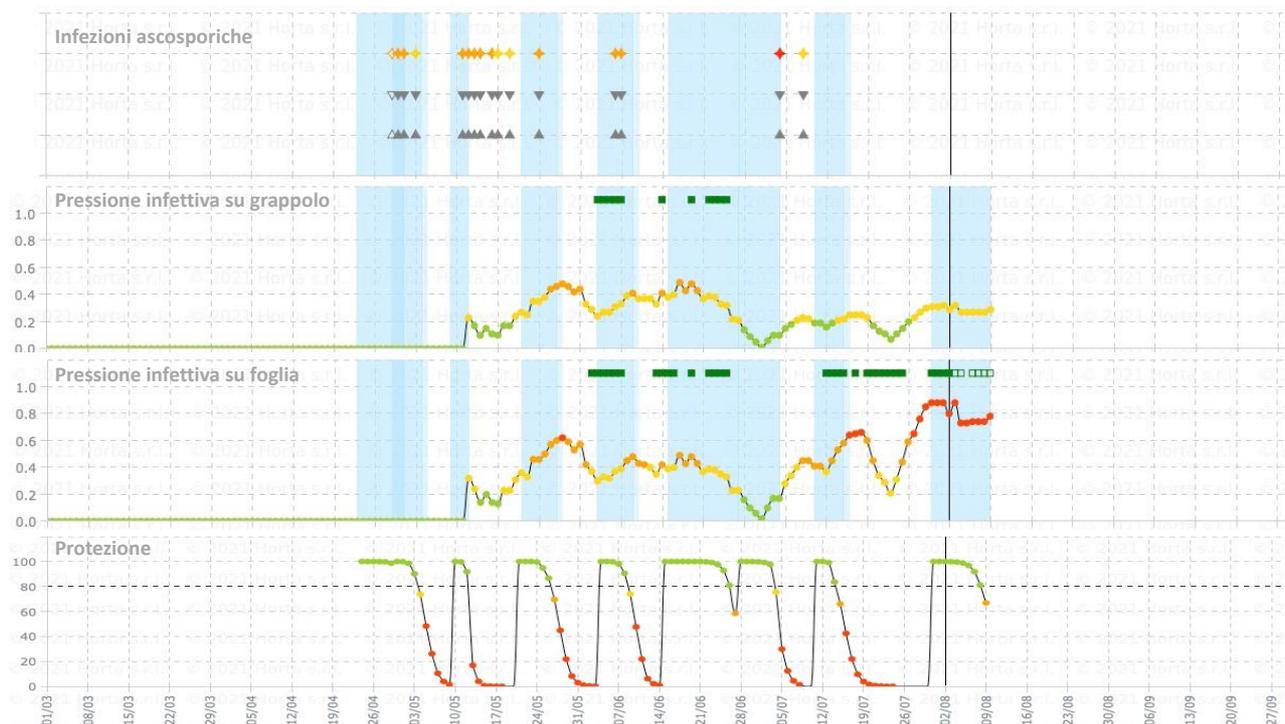


Figura 7 - Principali output dei modelli matematici integrati nel sistema di supporto alle decisioni vite.net® e, in particolare, dall'alto in basso: 1) infezioni ascosporiche, con indicazioni circa i momenti di rilascio delle ascospore (triangoli rivolti in alto), della loro dispersione sulle foglie (triangoli rivolti in basso), dell'infezione (simboli gialli, arancioni e rossi in funzione del rischio); 2) pressione infettiva su grappolo e 3) su foglia in funzione delle condizioni ambientali (da rischio basso, verde, poi crescente giallo, arancione e rosso; i quadratini verdi indicano i possibili periodi di comparsa sintomi); 4) la dinamica della protezione garantita da un trattamento fungicida; nei primi tre grafici le barre azzurre indicano i periodi in cui la vegetazione è protetta da un trattamento fungicida.

## Prospettive

L'obiettivo di controllare in modo efficace e più sostenibile l'Oidio passa attraverso le conoscenze sulla biologia e l'ecologia dell'agente causale, il fungo *Erysiphe necator*, conoscenze che si traducono in metodi di monitoraggio, modelli matematici e criteri decisionali, come fin qui delineato. Un ulteriore tassello è costituito dai prodotti fitosanitari alternativi ai fungicidi chimici di sintesi e allo zolfo. La Figura 8 riassume le tipologie di prodotti oggi disponibili e le loro principali modalità d'azione; alcune informazioni di base sulle sostanze attive sono fornite in Tabella 5.

I prodotti che hanno attività diretta nei confronti di *E. necator* possono essere impiegati per gli interventi post-infezionali (sia curativi che eradicanti), dato che la natura epifitica del patogeno consente l'azione diretta della sostanza sulle strutture fungine in qualsiasi fase del processo infettivo. Gli agenti di biocontrollo (BCA), ovvero microrganismi antagonisti, le sostanze naturali ad attività fungicida e gli induttori di resistenza possono essere impiegati per interventi di carattere preventivo. L'impiego di questi prodotti e il loro inserimento nelle strategie di difesa potranno essere migliorati una volta acquisite maggiori conoscenze relative al loro meccanismo d'azione (PMoA) e, in particolare, alla durata e all'efficacia nelle condizioni di campo.

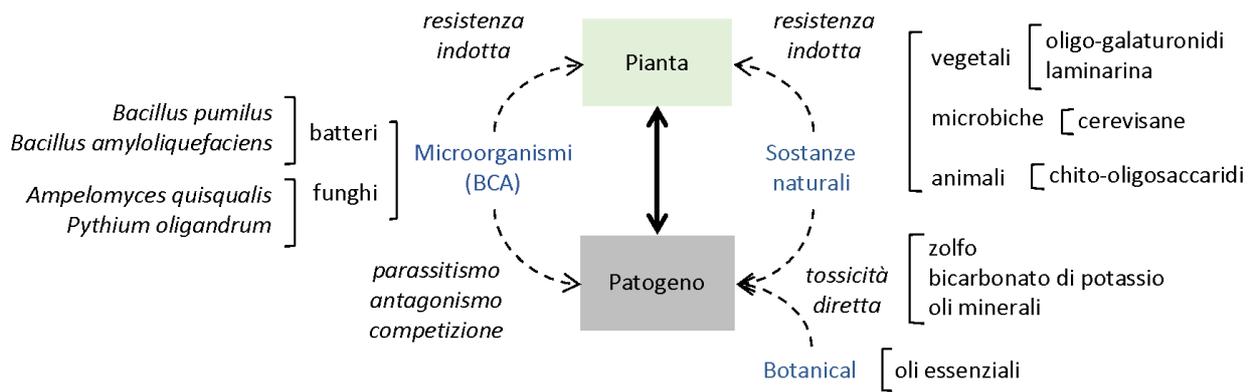


Figura 8 – Schema riassuntivo delle “sostanze attive” presenti nei prodotti fitosanitari alternativi ai fungicidi chimici di sintesi e loro principali modi d’azione. Oltre ai noti prodotti naturali (zolfo, bicarbonato di potassio e oli minerali), sono disponibili sostanze estratte dalle piante (note come botanical) che pure esercitano un’azione diretta sul patogeno; fra questi, gli oli essenziali di arancio dolce. Vi sono poi agenti di biocontrollo (o BCA, BioControl Agents) che esercitano un’azione diretta sul patogeno; fra questi, i funghi *Ampelomyces quisqualis* e *Pythium oligandrum*, che sono iperparassiti, e i batteri *Bacillus pumilus* e *B. amyloliquefaciens*, che sono antagonisti e competono con *E. necator*. Allo stesso tempo, questi batteri stimolano l’attivazione di meccanismi di resistenza nella pianta. La resistenza nella pianta può essere indotta anche da sostanze naturali di varia origine, come il cerevisane, la laminarina e la combinazione di oligo-galatturonidi e chito-oligosaccaridi.

## Bibliografia

- Caffi, T., Legler, S. E., Bugiani, R., & Rossi, V. (2012). Combining sanitation and disease modelling for control of grapevine powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0124-0>
- Caffi, T., Legler, S. E., & Rossi, V. (2014). Oidio, innovazione e sostenibilità. *Millevigne*, 2, 16–18.
- Caffi, T., Legler, S. E., & Rossi, V. (2019). Disinnescare l'oidio agendo a fine stagione. *Vite&Vino*, 5, 45–51.
- Caffi, T., Legler, S. E., & Rossi, V. (2020). - trattamenti + sanità contro l'oidio è possibile. *Vite&Vino*, 3, 42–48.
- D'Ascenzo, D., & Corvi, F. (2010). Vite, trattare gli organi ibernanti per contenere lo sviluppo dell'oidio. *Terra e Vita*, 3, 26–27.
- Hinckley, E.L.S., Crawford, J.T., Fakhraei, H. (2020). A shift in sulfur-cycle manipulation from atmospheric emissions to agricultural additions. *Nat. Geosci.* 13, 597–604. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0620-3>
- Legler, S. E., Caffi, T., & Rossi, V. (2014). A model for the development of *Erysiphe necator* chasmothecia in vineyards. *Plant Pathology*, 63(4), 911–921. <https://doi.org/10.1111/ppa.12145>
- Rossi, V., & Caffi, T. (2015). L'oidio della vite: prospettive per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari. Ed. Grafikamente, Cesena, Italia, pp. 96 (<https://cutt.ly/Twezi4L>).
- Rossi, V., & Caffi, T. (2019). In una goccia di fungicida un mondo di conoscenze. *TERRA E VITA*, 16, 76–79.
- Rossi, V., Caffi, T., & Legler, S. E. (2010). Dynamics of ascospore maturation and discharge in *Erysiphe necator*, the causal agent of grape powdery mildew. *Phytopathology*, 100(12), 1321–1329. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-10-0149>
- Rossi, V., Caffi, T., Legler, S., Bugiani, R., & Frisullo, P. (2011). Dispersal of the sexual stage of *Erysiphe necator* in northern Italy. *IOBC/WPRS BULLETIN*, 67 (marzo), 115–121.
- Rossi, V., Salinari, F., Poni, S., Caffi, T., & Bettati, T. (2014). Addressing the implementation problem in agricultural decision support systems: The example of vite.net®. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.10.011>

Gruppo chimico	Principio attivo	Mobilità	Meccanismo d'azione (MOA)	Rischio di resistenza	Turno d'applicazione indicativo		Attività consigliata	Applicazione consigliata (BBCH)
					Prima allegazione	Dopo allegazione		
Inorganici	Zolfo	Contatto	<u>Multisito</u> : agisce sottraendo acqua alla cellula e bloccando i processi respiratori. Inoltre, causa danni strutturali alla parete e denatura diverse proteine	Basso	8-10	10-14	Preventiva ed Eradicante	11-83
	Olio minerale + zolfo		<u>Multisito</u> : interferisce sulla fisiologia delle interazioni patogeno-pianta ed a livello meccanico		5-7	7-9	Eradicante e leggermente preventiva	01-03
	Bicarbonato di potassio		<u>Multisito</u> : provoca il collasso delle pareti dell'ifa e il ritiro dei conidi					20-83
Biologici	<i>Ampelomyces</i> sp.	Contatto	Iperparassitismo di ife, conidiofori e casmoteci	Sconosciuto			Estintiva	71-83
	<i>Bacillus pumilus</i>		Previene la germinazione delle spore e inibisce la formazione della parete cellulare. Inoltre, è induttore di resistenza.		-		Preventiva	20-65
	COS-OGA		Induttore di resistenza		7-8			
	<i>Cerevisiane</i>		Induttore di resistenza		7			
Botanicals	Olio essenziale di arancio dolce		<u>Multisito</u> : interferisce sulla fisiologia delle interazioni patogeno-pianta ed a livello meccanico		-	Preventiva ed Eradicante	20-83	
Triazoli	Fenbuconazolo Penconazolo Tetraconazolo	Sistemico	<u>Monosito</u> : Inibizione della biosintesi degli steroli (IBS)	Medio	10-12	-	Preventiva	15-69
Spirochetalamine	Spiroxamina			Basso-Medio	10-14	-	Preventiva, Curativa ed Eradicante	11-81
Methoxy-acrilati	Azoxystrobin	Contatto, Sistemico	<u>Monosito</u> : Inibizione della respirazione	Alto	10-12		Preventiva e Antisporulante	20-81
Methoxy-carbammati	Pyraclostrobin				12-14			

Oximino-acetati	Kresoxim-methyl Trifloxystrobin	Contatto, Citotropico	mitocondriale (QoI)		10-14		Preventiva, Curativa ed Eradicante	
Idrossipirimidine	Bupirimate	Citotropico	<u>Monosito:</u> Inibizione della sintesi degli acidi nucleici	Medio	10		Preventiva ed Eradicante	11-81
Aryl-phenyl- ketones	Metrafenone	Citotropico, lievemente sistemico	<u>Monosito:</u> interferenza nella formazione dei microfilamenti cellulari	Medio	8-12		Preventiva e Curativa	
Dinitrofenil- crotonati	Meptyldinocap	Contatto	<u>Multisito:</u> Agisce sulla respirazione cellulare bloccando la formazione di ATP	Sconosciuto	10	5-6	Estintiva, preventiva ed Eradicante	01-83
SDHI (inibitori- succinato- deidrogenasi)	Boscalid Fluxopiroxad	Contatto, Sistemico	<u>Monosito:</u> Inibitori del complesso II:succinato- deidrogenasi	Medio-Altro	10-14		Preventiva	11-81
Fenil-acetammidi	Cyflufenamid	Contatto	<u>Meccanismo sconosciuto</u>	Da tenere in considerazione			Preventiva e Curativa	61-83

Tabella 5 – Caratteristiche principali delle sostanze attive da impiegare nel controllo dell’Oidio della vite.

---

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale per un settore vitivinicolo sostenibile (Dgr n. 1820/2018).  
D.g.r. n. 1510 del 10/11/2020. Accordo di collaborazione tra la Regione del Veneto e il Centro di Ricerca Viticoltura ed Enologia del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA-VE), per diffondere la conoscenza di prodotti e pratiche agronomiche in grado di ridurre l'impiego complessivo di fitofarmaci utilizzati anche avvalendosi di mezzi di biocontrollo o altre sostanze a basso rischio (obiettivo di riduzione dell'indicatore di rischio armonizzato HRI 1, Direttiva (UE) 2019/782).