LA DIFESA DEL VIGNETO DALLE MALATTIE CRITTOGAMICHE

Laore
Agentzia regionale
pro s'isvilupu in agricultura
Agenzia regionale
per lo sviluppo in agricoltura

REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Salvatorica Serra
Dipartimento di Agraria – Università di Sassari

Renzo Peretto
Agenzia Laore Sardegna

uniss
UNIVERSITA DEGLI STUDI DI SASSARI

Finito di stampare nel settembre 2015

Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Sardegna

Misura 111 – Progetto esecutivo STDR/PSR/111/2013/10

"Azioni informative per l'innovazione del comparto vitivinicolo in Sardegna"

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
Repubblica Italiana
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE PSR sardegna 2007/2013

LA DIFESA DEL VIGNETO DALLE MALATTIE CRITTOGAMICHE

Salvatorica Serra
Dipartimento di Agraria – Università di Sassari

Renzo Peretto
Agenzia Laore Sardegna

Indice

Prefazione 5
Introduzione 7

I MEZZI PER LA DIFESA INTEGRATA DEL VIGNETO 8
Mezzi genetici 8
Mezzi biologici 10
Mezzi chimici 11
Caratteristiche dei fungicidi 12
La distribuzione dei fungicidi 14
Strategie di difesa 18

LA PERONOSPORA 19
Le caratteristiche della malattia 19
Il ciclo biologico 19
Lo sviluppo dell'epidemia 20
La difesa 23
Gli antiperonosporici 23
Le strategie 24

L'OIDIO 27
Le caratteristiche della malattia 27
Il ciclo biologico 27
Lo sviluppo dell'epidemia 27
La difesa 31
Gli antioidici 31
Le strategie 32

LA MUFFA GRIGIA 35
Le caratteristiche della malattia 35
Il ciclo biologico 35
Lo sviluppo dell'epidemia 36
La difesa 37
La gestione agronomica del vigneto 37
Gli antibotritici 38
Le strategie 39

L'ESCORIOSI 41
Le caratteristiche della malattia 41
Il ciclo biologico 41
Lo sviluppo dell'epidemia 42
La difesa 44

Prefazione

L'Agenzia Laore, nell'ambito delle attività di informazione e divulgazione programmate in attuazione della Misura 111 del PSR 2007-2013 della Regione Sardegna, ha realizzato il progetto STDR/PSR/111/2013/10, denominato "Azioni informative per l'innovazione nel comparto vitivinicolo in Sardegna". Tale progetto prevede numerose attività informative su diversi aspetti di tecnica colturale rivolte ai viticoltori operanti in Sardegna.

Al fine di completare le azioni informative programmate e realizzate nel corso del 2014 e del 2015, con il supporto dei docenti del Dipartimento di Agraria dell'Università degli Studi di Sassari, sono stati predisposti alcuni opuscoli informativi sulla gestione della difesa fitosanitaria dei vigneti. In particolare, le tematiche di approfondimento hanno riguardato le malattie del legno di origine fungina e la difesa dalle malattie crittogamiche e dai principali fitofagi.

In questo opuscolo vengono illustrate le problematiche relative alla lotta contro le principali malattie crittogamiche della vite, di cui vengono descritte le caratteristiche biologiche ed ecologiche utili alla comprensione delle cause che determinano le infezioni.

Nel testo vengono indicati i mezzi di lotta utili agli operatori vitivinicoli per una più attenta e precisa programmazione di strategie di difesa rispettose della sostenibilità ambientale, come previsto tra l'altro dalla normativa europea sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari.

Si ringraziano tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione della presente pubblicazione.

Il Direttore Generale dell'Agenzia Laore Sardegna

Maria Ibba

Introduzione

La Direttiva 2009/128/CE (recepita in Italia dal Decreto legislativo 14 agosto 2012 n. 150), che "*istituisce un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi*", introduce diverse novità per gli agricoltori e tra queste la difesa integrata obbligatoria.

La difesa integrata è quel criterio di protezione delle colture che utilizza tutti i mezzi di lotta a disposizione – chimici, fisici, biologici, genetici, agronomici – limitando al massimo l'uso di quelli chimici, dei quali devono essere valuti adeguatamente gli aspetti collaterali negativi. In estrema sintesi, la lotta integrata si basa innanzi tutto sulle buone pratiche colturali (mezzi agronomici) ovvero la scelta del sito, le rotazioni colturali, le lavorazioni del terreno, la gestione dell'acqua e della fertilità, fattori essenziali per garantire lo sviluppo regolare delle piante ed esaltare la loro capacità di autodifesa. Il secondo passo è la scelta di idonee cultivar, possibilmente resistenti agli attacchi degli insetti e delle malattie o comunque meno suscettibili (mezzi genetici). Queste misure non sempre sono sufficienti a garantire l'economicità della coltura per cui sono spesso necessari mezzi di lotta più specifici. Tra questi, dovrebbero trovare largo impiego i microrganismi antagonisti (mezzi biologici), i mezzi fisici (anche se alcuni sono più antiecologici di quelli chimici) ed i mezzi chimici di origine naturale o di sintesi con un basso impatto sull'ambiente e gli organismi viventi, uomo compreso. Se questi interventi non sono sufficienti a garantire la valenza economica di una coltura, in ultima analisi si può ricorrere all'impiego di sostanze attive più tossiche o pericolose, purché efficaci.

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. Gli obiettivi principali della difesa integrata contro le malattie crittogamiche sono:

- ridurre l'inoculo iniziale;
- ridurre la sua virulenza;
- aumentare la resistenza dell'ospite;
- ritardare la comparsa della malattia;
- rallentare la progressione dei cicli secondari.

Questi obiettivi devono essere raggiunti, come già detto, facendo ricorso a tutti i mezzi di lotta a disposizione. Per quanto riguarda la vite, i mezzi di difesa più utili al contenimento delle malattie rimangono quelli chimici coadiuvati da quelli agronomici. I mezzi fisici sono limitati esclusivamente all'impiego in vivaio, quelli genetici e biologici sono tutt'ora poco utilizzati. Questo sbilanciamento rispecchia una situazione comune a molte colture, soprattutto quando ci si riferisce alle malattie policicliche dell'apparato aereo. Infatti, a partire da pochi centri di infezione primari, in condizioni ambientali favorevoli i cicli secondari possono consentire uno sviluppo epidemico esponenziale difficilmente contenibile a posteriori, costringendo a numerosi trattamenti preventivi. Non a caso, in agricoltura il consumo dei fungicidi raggiunge picchi notevoli rispetto a quello degli altri prodotti fitosanitari (Fig. 1).

In quest'ambito, la vite gioca un ruolo fondamentale. Basti pensare che, a fronte del 3% di superficie agricola occupata in Europa, i vigneti utilizzano il 65% di tutti i fungicidi impiegati in agricoltura. Questa consapevolezza ha portato ad un nuovo impulso verso la ricerca e lo sviluppo dei mezzi genetici e biologici anche in viticoltura. Di seguito verranno esposte le caratteristiche generali dei mezzi genetici, biologici, chimici, comprese le problematiche legate al loro uso. Verranno inoltre descritte in maniera sintetica le principali malattie che incidono sulla vite allo scopo di fornire le necessarie conoscenze per impostare un'adeguata strategia di difesa.

I Mezzi Per La Difesa Integrata Del Vigneto

MEZZI GENETICI

I mezzi genetici corrispondono all'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 decisamente più limitato. Ciò è dovuto ai tempi per la selezione molto più lunghi nonché alla probabilità che durante la lunga vita di un albero si selezionino razze del patogeno in grado di superare quella resistenza. Per le colture arboree è più diffuso l'utilizzo di portainnesti resistenti.

Per quanto riguarda la vite l'ottenimento di varietà resistenti ai parassiti è un obiettivo perseguito dalla metà dell'800 con risultati che, fino a qualche anno fa, potevano definirsi soddisfacenti solo per quanto riguarda i portainnesti resistenti alla fillossera.

La base genetica della resistenza ai parassiti è presente in numerose specie selvatiche del genere *Vitis* (*V. rupes*tris, *V. riparia*, *V. berlandieri*, *V. amuriensis*) e in specie di generi affini (per esempio *Muscadina*), ma non in *V. vinifera*. Nel tentativo di trasferire i fattori genetici della resistenza, dalle specie selvatiche a *Vitis vinifera*, in passato furono costituiti gli ibridi produttori diretti interspecifici (molto noti Fragolino, Isabella, Clinton, Noah). Questi ibridi ottennero una diffusione ampia ma di breve durata in quanto, oltre alla qualità scadente del loro prodotto di trasformazione e alla presenza di sostanze tossiche come il metanolo, una volta coltivati si rivelarono in gran parte sensibili alla fillossera. Innestati su portainnesti americani risultarono molto meno resistenti alle malattie.

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. Infatti la sovrapproduzione di vino, correlata anche al suo progressivo minor consumo, ha necessariamente orientato la viticoltura a valorizzare la qualità del prodotto, soprattutto quello ad origine controllata, creando un forte legame tra vitigno e territorio. Per ovvi motivi, gli ibridi produttori diretti non hanno spazio in tale contesto. In quest'ottica, l'Unione Europea (UE), stabilendo che per "vino" s'intende il prodotto di trasformazione di *V. vinifera*, ha di fatto vietato lo sfruttamento degli ibridi sia a fini commerciali che per autoconsumo. Tuttavia alcuni ibridi produttori diretti, Isabella e Noah, sono stati iscritti nel registro italiano delle varietà, ma solo per usi speciali (produzione di distillati).

Attualmente stiamo assistendo ad un cambiamento molto importante dovuto in gran parte alla scarsa sostenibilità ambientale dei vigneti. L'unico modo

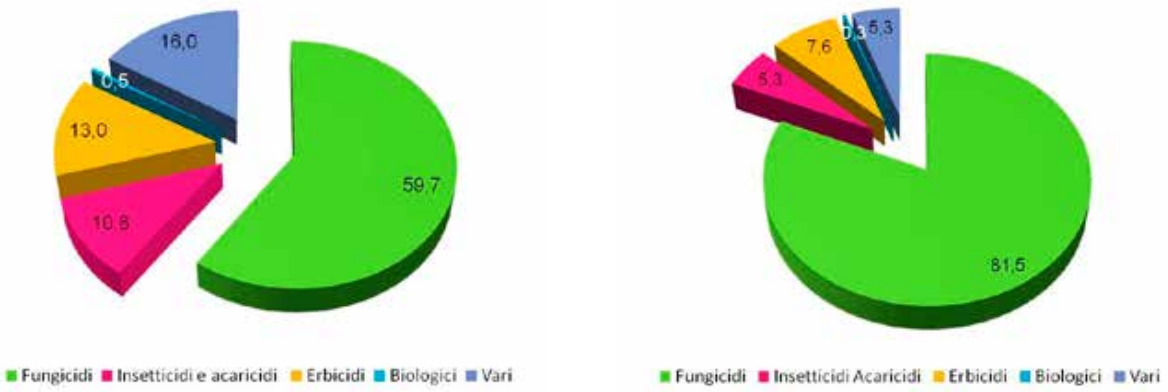


Figura 1. Percentuale di sostanze attive distribuite in agricoltura in Italia (a sinistra) ed in Sardegna (a destra) nel 2012 (dati Istat).

Tabella 1. Elenco delle linee di introgressione resistenti a peronospora ed oidio iscritte al Registro nazionale delle varietà di vite.

Varietà	Anno d'iscrizione	Proponente
Bronner B.	2009	Provincia Autonoma di Bolzano
Regent N.		
Cabernet carbon N.	2013	Istituto Agrario S. Michele all'Adige
Cabernet cortis N.		
Helios B.		
Johanniter B.		
Prior N.		
Solaris B.		
Cabernet eidos N.	2015	– [a]
Cabernet volos N.		
Fleurtai B.		
Julius N.		
Merlot kanthus N.		
Merlot khorus N.		
Sauvignon kretos B.		
Sauvignon nepis B.		
Sauvignon rytos B.		
Soreli B.		

[a] Nelle schede non compare questa informazione, ma si tratta di varietà selezionate dall'Università di Udine.

Tabella 2. Sostanze attive microbiologiche autorizzate su vite ed in commercio in Italia.

Microrganismo	Ceppo/i	Malattia interessata	Modalità di antagonismo
Ampelomyces quisqualis	M-10	Oidio	Micoparassitismo.
Aureobasidium pullulans	DSM 14940 e DSM 14941	Botrite, marciume acido	Competizione per lo spazio e i nutrienti.
Bacillus amyloliquefaciens plantarum	D747	Botrite, marciume acido	Competizione per lo spazio e i nutrienti, antibiosi.
Bacillus subtilis	QST 713	Botrite, marciume acido	Competizione per lo spazio e i nutrienti, antibiosi.
Trichoderma gamsii	ICC 080	Mal dell'esca	Competizione per lo spazio e i nutrienti, antibiosi, micoparassitismo.
Trichoderma asperellum	ICC012	Mal dell'esca	Competizione per lo spazio e i nutrienti, antibiosi, micoparassitismo.

per ridurre in modo sostanziale l'impiego di fungicidi è quello di utilizzare cultivar resistenti alle malattie. Per questo motivo da alcuni anni l'UE autorizza l'iscrizione a catalogo di ibridi, o meglio di linee di introgressione, purché abbiano almeno il 95% del genoma di *V. vinifera*.

Nonostante il divieto di coltivazione degli ibridi, la ricerca per ottenere varietà di vite resistenti ai parassiti non si è mai completamente fermata, soprattutto in Paesi del nord Europa come Germania, Austria, Svizzera ed Ungheria.. Dai primi ibridi produttori diretti, attraverso

un annoso e lento lavoro di incrocio e reincrocio, si sono ottenute linee in cui il genoma di *V. vinifera* è costantemente aumentato. A partire da alcune varietà selezionate nei Paesi prima citati, negli anni '90 la ricerca è ripresa anche in Italia (Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige e Università di Udine) e le prime 2 varietà coltivabili sul territorio italiano sono state iscritte nel catalogo nazionale nel 2009. Ad oggi risultano iscritte diciotto varietà (Tab. 1).

Alla luce di quanto esposto non si deve pensare che i problemi siano risolti. L'ottenimento di nuove varietà è un processo estremamente lungo e laborioso; per ottenere queste prime varietà resistenti a peronospora ed oidio sono trascorsi circa 50 anni. Per fortuna, dopo la mappatura del genoma della vite è stato possibile ricorrere alla selezione assistita da marcatori molecolari con una riduzione dei tempi di selezione, che però rimangono ancora molto lunghi.

Un processo di selezione troppo lungo può risultare un problema nel caso in cui le resistenze di tipo monogenico a peronospora ed oidio introdotte, venissero superate dai rispettivi patogeni che tornerebbero ad essere virulenti. Per questo motivo si sta continuando a lavorare per cercare di ottenere varietà con resistenze poligeniche più stabili e per trovare nuove fonti di geni di resistenza. Non si deve dimenticare, inoltre, che la resistenza può non essere completa e le varietà potrebbero ammalarsi in condizioni ambientali particolarmente favorevoli al patogeno e/o sfavorevoli alla pianta. In poche parole non possiamo escludere a priori il ricorso ai trattamenti, ma possiamo ridurne sostanzialmente il numero.

Infine, non aspettiamoci di poter ottenere una varietà, per esempio Cannonau, che sia resistente alle malattie e che mantenga intatte tutte le caratteristiche del vitigno originale. Questo è impossibile in quanto la selezione non può essere fatta attraverso la moltiplicazione vegetativa, ma è necessario ricorrere ad incroci tramite impollinazione. Otterremo tante combinazioni genetiche diverse, nessuna delle quali identica ai genitori. Alla fine avremo un prodotto con buone caratteristiche organolettiche che potranno somigliare a quelle del Cannonau ma non saranno le stesse. In futuro però, la sempre maggiore attenzione nei confronti dell'ambiente e della salute umana determinerà una variazione nel mercato enologico. Il consumo di vini tradizionali legati al territorio non si fermerà, ma ci sarà una nuova fetta di consumatori, destinata a diventare sempre più grande, che richiederà vini ottenuti da uve coltivate in vigneti sostenibili.

MEZZI BIOLOGICI

I mezzi biologici sono i fungicidi microbici, le cui sostanze attive sono costituite da microrganismi antagonisti. Si definisce antagonista qualsiasi organismo in grado di ostacolare un patogeno. L'utilizzo dei microrganismi antagonisti è alla base della lotta biologica, che sfrutta i meccanismi di contenimento naturali delle popolazioni di microrganismi ad opera di altri microrganismi o, se vogliamo, la competitività esistente in natura tra organismi diversi.

I mezzi biologici rappresentano al momento quelli più enfatizzati e di più largo dominio pubblico, ma in questi contesti si fa solitamente riferimento agli interventi contro gli artropodi nocivi. Questo perché proprio nell'ambito entomologico sono stati ottenuti i maggiori successi e le migliori concretizzazioni sul piano pratico. Nella lotta contro le malattie crittogamiche si incontrano invece maggiori problemi applicativi, soprattutto a causa delle loro caratteristiche sottolineate nell'introduzione.

I principali limiti della lotta biologica nel campo della patologia vegetale, sono:

- è di difficile attuazione in quanto molto soggetta a variabili esterne e necessita di conoscenze epidemiologiche e biologiche molto approfondite;
- non è in grado di contenere tutti gli organismi dannosi, molte colture possono essere affette da patogeni per i quali non si conoscono antagonisti;
- non garantisce che il patogeno possa ridursi al di sotto della soglia di danno in quanto è soggetta agli equilibri dinamici delle popolazioni ed alle variabili ambientali;
- il contenimento delle popolazioni dei patogeni non è mai immediato, al contrario di quanto avviene con i mezzi chimici, anche se può essere più duraturo nel tempo;
- gli aspetti economici non sono competitivi se rapportati alla lotta chimica, almeno nel breve periodo, ma non bisogna dimenticare che la lotta biologica consente una riduzione dei costi ambientali e sociali a causa dei suoi positivi effetti tossicologici ed ecologici, effetti che però sono apprezzabili solo nel lungo periodo.

Per comprendere le difficoltà di applicazione della lotta biologica contro le malattie crittogamiche sono necessarie numerose informazioni sul comportamento dei microrganismi in natura. Semplificando al massimo, gli antagonisti, essendo organismi viventi, possono essere strettamente influenzati da fattori abiotici come le condizioni climatiche, le caratteristiche fisico – chimiche del terreno, e biotici come il potenziale d'inoculo del patogeno e la competizione da parte dei microrganismi residenti. **È** molto difficile inserire un antagonista in un ambiente dal quale era escluso garantendo la sua efficacia. Per ridurre gli inconvenienti è necessario avere conoscenze approfondite sull'ecologia e sulla biologia sia del patogeno che dell'antagonista, sull'epidemiologia della malattia da combattere, sulla coltura e sulla tecnica colturale. Solo così si può trovare il momento di applicazione più adatto per consentire la manifestazione dell'antagonismo.

I problemi relativi all'applicazione della lotta biologica si accentuano per la lotta contro le malattie dell'apparato aereo. Uno degli handicap maggiori è costituito dalle condizioni climatiche che, con escursioni giornaliere molto ampie di temperatura e soprattutto di umidità, e con l'esposizione diretta ai raggi UV, possono ostacolare l'insediamento degli antagonisti. Inoltre, la superficie della foglia è accidentata con colline, picchi, valli e crateri dovuti alle nervature, alla convessità delle cellule, alla presenza di peli, stomi e cere cuticolari. Poiché i microrganismi non si muovono autonomamente, queste asperità rappresentano un ostacolo per l'interazione col patogeno e l'espressione dell'antagonismo. Infine, l'apparato aereo delle piante è un ambiente povero di nutrimento e la maggior parte degli antagonisti sono saprofiti. In definitiva, la scarsa capacità a colonizzare il filloplano di molti antagonisti comporta la necessità di ripetere le applicazioni, così come avviene nell'impiego dei fungicidi chimici.

Poiché le malattie crittogamiche della vite più pericolose riguardano proprio l'apparato aereo, la lotta biologica viene poco usata su questa coltura. Tuttavia, l'espansione della domanda per i prodotti alimentari ottenuti con pratiche di lotta biologica, o comunque a minor impatto ambientale, favorirà sempre più in futuro l'applicazione della lotta biologica anche su vite.

Il numero di formulati microbiologici in commercio è ancora limitato (Tab. 2) ma il loro mercato è in fase di espansione. Tra le peculiarità dei formulati microbiologici c'è la loro esclusiva azione preventiva; inoltre, le prestazioni degli agenti biologici diminuiscono in condizioni epidemiologiche molto favorevoli ai patogeni. In queste condizioni per avere risultati accettabili è necessario integrarli con altri mezzi di lotta, in particolare con quelli chimici.

Per quanto riguarda la commercializzazione, bisogna considerare che i prodotti microbiologici sono deperibili e devono essere conservati in frigo o in freezer. Essi hanno un periodo di scadenza che dipende in modo particolare dalla temperatura alla quale devono essere conservati. Inoltre, trattandosi di prodotti altamente innovativi devono essere proposti con un'adeguata serie di informazioni tecnico applicative, purtroppo non sempre adeguate alle diverse situazioni colturali.

MEZZI CHIMICI

Anche in lotta integrata l'uso del mezzo chimico rimane fondamentale contro le malattie crittogamiche, ma deve essere ridotto al minimo indispensabile valutandone adeguatamente gli aspetti collaterali. Un agrofarmaco candidato all'impiego in lotta integrata deve avere determinate caratteristiche:

- una ridotta tossicità generale;
- una buona selettività nei confronti di organismi utili (pronubi, parassitoidi, predatori, antagonisti, ecc.);
- una rapida denaturazione nel sistema aria – acqua – suolo.

Circa 70 sostanze attive (s.a.) fungicide sono autorizzate all'uso su vite e hanno caratteristiche molto diverse tra loro. È necessario conoscerle per poter utilizzare correttamente i fungicidi sfruttando al massimo l'efficacia di ogni singolo trattamento. Di fondamentale importanza risulta poi il tipo di distribuzione, che deve ridurre al minimo la dispersione del prodotto fuori dal bersaglio. Per quanto riguarda la cadenza dei trattamenti, i fungicidi devono essere applicati quando è necessario, in base alle caratteristiche della malattia e della coltura, facendo ricorso, quando possibile, ai sistemi di previsione. Responsabilità e professionalità identificano quindi il nuovo approccio alla difesa chimica in agricoltura.

In definitiva, l'efficacia di ogni singolo trattamento è legata fondamentalmente a tre fattori:

- caratteristiche del fungicida utilizzato;
- corretta distribuzione con le macchine irroratrici;
- corretta localizzazione temporale dell'intervento (strategia di difesa).

Caratteristiche dei fungicidi

I fungicidi possono essere classificati in vari modi: in base al raggruppamento chimico, che di solito ma non sempre coincide con un diverso meccanismo d'azione, al target di efficacia (antiperonosporici, antioidici, ecc.), alla pericolosità per la salute o per l'ambiente, all'azione nei confronti del processo infettivo (preventivo, curativo, antisporulante) o alla loro capacità di muoversi nei tessuti della pianta detta anche biocinetica (copertura, sistemici ecc.). Da un punto di vista applicativo gli ultimi due aspetti sono strettamente collegati e fondamentali per un uso efficace e corretto delle s.a. La loro conoscenza **è** spesso superficiale e insufficiente per cui sarà esaminata con un certo dettaglio.

Fungicidi di copertura tradizionali

A questa categoria appartengono s.a., per esempio i rameici e lo zolfo, che esercitano la loro azione fungicida sulla superficie dei tessuti trattati dove formano una sorta di barriera protettiva contro i patogeni, con azione esclusivamente preventiva. Esse non stabiliscono alcun rapporto con i tessuti della pianta, semplicemente vi si depositano. 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 senza 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 fungicidi di copertura riguarda il dilavamento e la degradazione operata dagli agenti meteorici, che determina una riduzione della dose sui tessuti trattati. È molto difficile una valutazione precisa dell'effetto dilavante della pioggia che può dipendere dalla sua durata ed entità, ma anche dalla forza d'urto delle singole gocce sulla superficie trattata e dalla sua precedente umettazione. In termini generali si considera dilavante una pioggia pari o superiore a 20 mm, ma anche piogge inferiori se in forma di intensi rovesci.

In base a quanto detto, per mantenere la vegetazione protetta l'intervallo tra i trattamenti deve essere di 7-10 giorni. Gli intervalli inferiori andranno rispettati nelle situazioni di maggior rischio epidemico e quando l'accrescimento dei germogli è più rapido. Un'ulteriore riduzione dell'intervallo potrebbe essere necessaria in situazioni epidemiche molto critiche ma sicuramente nel caso sopraggiunga una pioggia dilavante.

Fungicidi endoterapici (citotropici e sistemici)

La capacità dei fungicidi endoterapici di penetrare entro i tessuti vegetali determina la possibilità di agire anche su infezioni in corso con azione curativa e antisporulante. È bene sottolineare che quest'azione non è assoluta, ma è limitata alle prime fasi del ciclo d'infezione, variabile da patogeno a patogeno e per lo stesso patogeno in base all'andamento climatico, come diremo a proposito della peronospora. La capacità di penetrazione consente di sfuggire, entro certi limiti, alla degradazione ed al dilavamento dovuti alle componenti climatiche dell'ambiente. Le s.a. endoterapiche sfuggono al dilavamento se la pioggia sopraggiunge dopo il loro assorbimento entro i tessuti vegetali cioè, in linea generale, dopo un paio di ore. In caso contrario il prodotto viene comunque dilavato e il trattamento deve essere ripetuto.

I fungicidi appartenenti a questa categoria sono dotati di diversa capacità di muoversi all'interno della pianta. In particolare distinguiamo i fungicidi citotropici dai sistemici.

I fungicidi **citotropici** sono dotati per lo più di movimento translaminare, cioè si muovono da una pagina all'altra della foglia ma rimangono localizzati intorno ai punti in cui si sono depositati. Di conseguenza la protezione della vegetazione non raggiunta dal trattamento **è** parziale, mentre quella della nuova vegetazione è assente. A causa di ciò, per assicurare la protezione della vegetazione in crescita l'intervallo tra i trattamenti non può essere aumentato rispetto a quanto già indicato per i fungicidi di copertura tradizionali (7-10 gg).

I fungicidi **sistemici** sono in grado di essere assorbiti e traslocati nei sistemi conduttori della pianta, di solito verso l'alto nello xilema (solo il fosetil alluminio è in grado di muoversi verso il basso nel floema). Questa capacità determina l'estendersi della protezione conseguente al trattamento anche alla vegetazione formatasi successivamente, consentendo di estendere la cadenza dei trattamenti a 12-14 giorni.

I vantaggi offerti dalle s.a. sistemiche devono essere considerati con razionalità. Anche utilizzando prodotti di tipo sistemico non si può prescindere dalla velocità di allungamento dei germogli e dalla fase fenologica della coltura. È vero che migrano verso l'apice vegetativo proteggendo la nuova vegetazione, ma se il germoglio si allunga rapidamente si diluiscono eccessivamente raggiungendo dosi subletali che non consentono un'adeguata protezione dei tessuti più giovani. Quindi, l'intervallo tra i trattamenti andrà ridotto (10-12 gg) nei periodi di più intensa crescita vegetativa che, d'altro canto, sono anche quelli in cui questi prodotti possono dare le migliori prestazioni. Per esempio, ad inizio stagione l'assorbimento può essere scarso e la traslocazione limitata a causa delle basse temperature che rallentano il metabolismo della pianta; inoltre, un prodotto sistemico può risultare "poco utile" su una vegetazione ancora poco sviluppata che cresce lentamente. Successivamente, dall'allegagione in poi, l'assorbimento dei prodotti endoterapici risulta problematico e scarso sulle foglie vecchie ed in particolare sui frutti in accrescimento, che potrebbero rimanere privi di protezione.

Fungicidi di nuova generazione (locosistemici e mesostemici)

Per superare i limiti dell'assorbimento in determinate condizioni, la ricerca si è orientata verso la selezione di molecole la cui capacità di entrare e muoversi nei tessuti è meno spiccata rispetto ai sistemici veri e propri. In particolare sono state selezionate molecole con sistemicità locale, o locosistemiche, e mesostemiche.

La **sistemia locale** associa al movimento translaminare la capacità di migrare nei vasi verso i margini fogliari in modo da proteggere l'intero organo, mentre il movimento lungo il germoglio può essere limitato o assente. Sono in grado di proteggere la vegetazione non raggiunta dal trattamento, ma la nuova vegetazione risulta solo parzialmente protetta. L'intervallo tra i trattamenti che garantisce la protezione è di 10-12 gg. Data la capacità di penetrare entro i tessuti vegetali tali s.a. possono svolgere azione curativa e antisporulante.

La **mesostemia** è la proprietà di alcune molecole di ridistribuirsi esternamente sulla vegetazione non raggiunta dal trattamento e parzialmente sulla nuova

Tabella 3. Caratteristiche dei fungicidi in base alla loro capacità di muoversi nei tessuti vegetali.

Fungicida	Copertura	Citotropico	Sistemico	Locosistemico	Mesostemico
Rapporto con i tessuti vegetali	Nessuno, semplice copertura	Translaminare, rimane localizzato intorno ai punti di deposito	Traslocazione nei sistemi conduttori della pianta, di solito verso l'alto nei vasi xilematici	Translaminare e nei vasi verso i margini fogliari; la traslocazione nel germoglio può essere scarsa o assente	Ridistribuzione esterna sia in fase liquida sia di vapore
Azione verso l'infezione	Esclusivamente preventiva	Preventiva, curativa, antisporulante[a]	Preventiva, curativa, antisporulante[a]	Preventiva, curativa, antisporulante[a]	Preventiva
Protezione della nuova vegetazione	Nessuna	Nessuna	Si	Parziale	Parziale
Rischio dilavamento	Solitamente elevato	Solo nella fase che precede l'assorbimento, mediamente circa 2 ore	Solo nella fase che precede l'assorbimento, mediamente circa 2 ore	Solo nella fase che precede l'assorbimento, mediamente circa 2 ore	Molto basso, aderisce tenacemente alle cere cuticolari
Intervallo tra i trattamenti	7-10 gg	7-10 gg	12-14 gg[b]	10-12 gg	10-12 gg

a In base al meccanismo d'azione delle singole sostanze attive.
b Questo intervallo deve essere ridotto a 10-12 giorni nel periodo di più intensa crescita vegetativa: dal momento in cui il tralcio si distende all'allegagione.

vegetazione. In pratica, il deposito presente sulla superficie della pianta si ridistribuisce sui tessuti contigui non trattati sia in fase liquida (risolubilizzazione favorita dalle bagnature della vegetazione dovute a rugiada o a piogge leggere) sia di vapore. Ciò è reso possibile dalla spiccata affinità per le sostanze grasse di tali molecole (lipofilia), nella fattispecie per le cere che costituiscono la cuticola entro la quale possono muoversi. La forte adesione alla cuticola consente loro di sfuggire all'azione dilavante della pioggia e sono quindi in grado di svolgere un'ottima azione proteggente anche in periodi molto piovosi e soprattutto sui frutti, che hanno uno strato ceroso più consistente. Tutto ciò rende possibile attuare cadenze di applicazione analoghe a quelle dei prodotti a sistemia locale (10-12 giorni).

Molte di queste sostanze sono in grado di penetrare più o meno parzialmente entro i tessuti vegetali e alcune vengono anche traslocate nei vasi xilematici. A causa di questo comportamento, i nuovi formulati vengono proposti come prodotti di copertura a lunga persistenza ad azione preventiva, anche se molti sono dotati di una secondaria attività curativa e antisporulante.

In tabella 3 vengono riassunte schematicamente le caratteristiche dei fungicidi dotati di diversa biocinetica.

La resistenza ai fungicidi

In base alle caratteristiche delle numerose molecole introdotte in Italia nell'ultimo decennio è difficile mantenere la vecchia classificazione dei fungicidi in prodotti di copertura, citotropici e sistemici. Molti dei nuovi prodotti associano tutte queste proprietà in un'unica molecola. Solo i prodotti di copertura tradizionali possono ancora costituire una categoria a se, non solo per l'assenza di interazione con i tessuti vegetali ma anche per i loro meccanismi d'azione multisito che li mettono al sicuro dalla selezione di ceppi dei patogeni resistenti ad essi. Al contrario, tutti gli altri prodotti hanno meccanismi d'azione molto specifici, che vanno ad inibire singoli processi metabolici del fungo. Questo consente loro di avere un'elevata efficacia con scarsi effetti collaterali, ma determina un'elevata probabilità di selezionare ceppi resistenti.

Per limitare tale probabilità, i fungicidi a rischio devono essere utilizzati in miscela e/o in alternanza con s.a. a diverso meccanismo d'azione, possibilmente con s.a. ad azione multisito tradizionali. Infatti sarebbe rischioso alternare o miscelare esclusivamente prodotti monosito, anche se con meccanismi d'azione differenti, perché in questo caso potrebbero selezionarsi ceppi con resistenza doppia o tripla ad ognuno di essi. In ogni caso, s.a. con lo stesso meccanismo d'azione non devono essere applicate più di 2, 3, max 4 volte (a seconda della s.a.) nel corso della stessa stagione vegetativa.

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 fungicidi, anche perché fungicidi appartenenti a diverse famiglie chimiche possono avere lo stesso meccanismo d'azione. Alternare fungicidi apparentemente diversi che invece hanno lo stesso meccanismo d'azione equivale a trattare con lo stesso fungicida. Purtroppo, le etichette dei prodotti fitosanitari non riportano questa utilissima indicazione. È possibile, però, trovarla sul sito del FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), l'organismo che vigila sulla resistenza ai fungicidi. Digitando su un motore di ricerca "Frac Code List" si accede ad un opuscolo che classifica tutte le sostanze attive fungicide esistenti, anche quelle non in uso in Italia, in base al loro meccanismo d'azione. Per semplicità, in tabella 4 vengono riportate le s.a. autorizzate all'uso su vite raggruppate in base al loro meccanismo d'azione.

La gestione della resistenza consente ai prodotti di copertura tradizionali di essere ancora attuali e indispensabili per un'impostazione razionale della difesa. Sfortunatamente, molte di queste s.a. hanno criticità di carattere tossicologico ed ambientale che limiterà in futuro il loro utilizzo nella lotta integrata; la scomparsa di queste molecole aprirebbe però nuovi problemi per quanto riguarda la gestione della resistenza.

La distribuzione dei fungicidi

La distribuzione dei fungicidi sulla vegetazione costituisce un elemento cruciale per l'efficacia del trattamento. Si può affermare con certezza che le ragioni del successo o dell'insuccesso di un trattamento antiparassitario sono da ricercare in buona parte nelle modalità di distribuzione del prodotto. Distribuire correttamente un fungicida 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. A questo proposito è necessario non eccedere con le concimazioni azotate, eseguire la cimatura e la sfemminellatura, evitare di affastellare troppo la vegetazione quando si legano i tralci.

L'irroratrice per la distribuzione della miscela antiparassitaria deve essere adeguata e perfettamente efficiente. È quindi indispensabile eseguire periodicamente la pulizia e la taratura degli organi irroranti e revisionare regolarmente le macchine. La Direttiva 2009/128/CE già citata nell'introduzione, prevede a regime l'obbligo di revisione dell'attrezzatura irrorante ogni 3 anni. Per quanto riguarda le tipologie, su colture come la vite è preferibile utilizzare irroratrici a ventola (atomizzatori) o pneumatiche (nebulizzatori), mentre risultano inadeguate le irroratrici a barra (meccaniche). Infatti, le gocce prodotte non hanno sufficiente energia per penetrare all'interno della vegetazione e risultano in generale troppo grosse per un buon trattamento fungicida.

La dimensione delle gocce è fondamentale per la distribuzione della miscela antiparassitaria. Per ridurre l'entità delle perdite e per migliorare il rendimento nell'uso dell'acqua, cioè per coprire una superficie vegetale con un minor volume idrico, è necessario ridurre la dimensione delle gocce, operazione cui segue spesso, una migliore efficacia della s.a. e sempre, una maggiore uniformità di copertura.

Riducendo il diametro delle gocce aumenta la superficie coperta da un determinato volume di acqua (Fig. 2) e di conseguenza più piccola la goccia, minore il volume necessario a coprire una data superficie.

Più piccola la goccia maggiore l'efficacia del trattamento. È stato calcolato che l'efficacia di un trattamento aumenta del 100% se il diametro delle gocce cala da 500 a 200 μm ed un ulteriore aumento del 18-20% si ottiene con gocce di 100 μm. La maggiore efficacia del trattamento è legata soprattutto ad una maggiore uniformità di copertura che riduce le aree non coperte dalla miscela (Fig. 3). Inoltre, le gocce grosse (> 500 μm), 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 tutte quelle che incontrano con un effetto valanga asportando il deposito; in più, a causa delle loro dimensioni, sono meno veicolabili all'interno della vegetazione dalle correnti d'aria prodotte dalla macchina. Al contrario, le gocce piccole subiscono un minor gocciolamento e possono penetrare agevolmente all'interno della vegetazione se veicolate da un adeguato getto d'aria. A parità di volume però, aumenta la superficie esposta e quindi i rischi di evaporazione. Le gocce piccole inoltre, sono molto leggere per cui debolissime correnti d'aria (anche quelle provocate dall'avanzamento della macchina) le trascinano fuori 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. Grosso modo la dimensione ideale si aggira tra i 200 e 100 μm di diametro. Considerando le caratteristiche delle macchine irroratrici possiamo ottenere gocce di dimensioni ottimali solo con quelle a getto portato (atomizzatori e nebulizzatori).

Con queste macchine è possibile fare trattamenti a basso volume di acqua perché si riducono le perdite. Si passa dai 1000 l/ha dell'alto volume ottenibile con le irroratrici a barra ai 100-300 l/ha del basso volume ottenibile con le irroratrici pneumatiche. Si stima che solo il 75% del prodotto distribuito con un'irroratrice a barra arrivi sulla coltura a causa dello sgocciolamento, mentre con una irroratrice pneumatica in condizioni ideali si può arrivare quasi al 100%. In teoria potremmo ipotizzare un risparmio di prodotto pari al 25% e quindi una relativa riduzione della dose in etichetta. In pratica ciò è molto rischioso perché l'erogazione del liquido dipende dalla velocità di avanzamento del trattore, dai sobbalzi dovuti al terreno sconnesso, dalla perfetta efficienza della macchina, che non è mai garantita soprattutto dopo anni di utilizzo, e da tanti altri piccoli fattori difficilmente controllabili. In realtà, la quantità di sostanza attiva che deve arrivare sulla vegetazione per contenere la malattia è quella stabilita in etichetta a prescindere dal volume d'acqua utilizzato per distribuirla.

Purtroppo le etichette di molti fungicidi riportano le dosi a ettolitro e ciò induce ad interpretazioni errate. Spesso infatti, si tralascia di leggere che questa indicazione viene riferita ad un volume normale di miscela in ettolitri a ettaro. Questo volume tiene conto della massa vegetale ordinaria, delle condizioni atmosferiche ordinarie e delle perdite usuali, con in

Tabella 4. Sostanze attive chimiche autorizzate su vite ed in commercio in Italia.

Principio attivo	Movimento nei tessuti	Azione funcicida	Gruppo chimico		Codice Frac[1]	Rischio resistenza
Metalaxil	Sistemico	Peronospora	Fenilamidi (acilalanine)		4	Elevato
Metalaxil-M						
Benalaxil						
Benalaxil-M						
Bupirimate	Citotropico	Oidio	Idrossipirimidine		8	Medio
Tiofanato-metile	Sistemico	Botrite	Tiofanati	MBC	1	Elevato
Zoxamide	Mesostemico	Peronospora	Toluamidi	Benzamidi	22	Medio/basso
Fluopicolide	Misto	Peronospora	Piridinilmetilbenzamidi	Benzamidi	43	Non noto
Boscalid	Sistemia locale	Oidio Botrite	Piridine carbossamidi	SDHI (inibitori succinato deidrogenasi)	7	Medio/alto
Fluopiram	Misto		Piridinil-etil-benzamidi			
Azoxystrobin	Misto	Peronospora Oidio Escoriosi	Metossiacrilati	QoI (quinone outside inhibitors)	11	Elevato
Pyraclostrobin	Copertura		Metossicarbamati			
Kresoxim-metile	Mesostemico		Oximino acetati			
Trifloxystrobina						
Fenamidone		Peronospora	Imidazolinoni			
Famoxadone			Ossazolidine-dioni			
Ciazofamid	Mesostemico	Peronospora	Ciano-imidazoli	QiI (quinone inside inhibitors)	21	Medio/alto
Amisulbrom			Sulfamoil-triazoli			
Fluazinam	Copertura	Botrite Peronospora	Dinitro-aniline		29	Basso
Meptildinocap		Oidio	Dinitrofenil-crotonati			Non noto
Ametoctradina	Mesostemico	Peronospora	Pirimidilamine	QoSi (quinone outside inhib. stigmatellin)	45	Medio/alto
Ciprodinil	Sist. locale	Botrite	Anilino pirimidine		9	Medio
Mepanipirim	Citotropico					
Pirimetanil						
Fludioxonil	Mesostemico	Botrite	Fenilpirroli		12	Medio basso
Quinoxyfen	Mesostemico	Oidio	Arilossiquinoline	Azanaftaleni	13	Medio
Proquinazid	Misto		Quinazolinoni			
Iprodione	Copertura	Botrite	Dicarbossimidi		2	Medio alto
Ciproconazolo	Sistemico/ Sistemico locale	Oidio	Triazoli	DMI (inibitori demetilazione) IBS classe I	3	Medio
Difenoconazolo						
Fenbuconazolo						
Miclobutanil						
Penconazolo						
Propiconazolo						
Tebuconazolo						
Tetraconazolo						
Triadimenol						
Spiroxamina	Sistemico	Oidio	Spiroketal-amine	IBS classe II	5	Medio basso
Fenexamid	Misto	Botrite	Idrossianilidi	IBS classe III	17	Medio basso
Fenpyrazamine			Amino-pirazolinoni			

Continua nella pagina successiva

Continua da pagina precedente

Principio attivo	Movimento nei tessuti	Azione funcicida	Gruppo chimico		Codice Frac[1]	Rischio resistenza
Dimetomorf	Sistemia locale	Peronospora	Amidi acido cinnamico	CAA (Amidi Acido Carbossilico)	40	Medio basso incrociato
Iprovalicarb			Valinamide carbamati			
Bentiavalicarb isopropile						
Valifenalate	Misto					
Mandipropamid			Amidi a. mandelico			
Cimoxanil	Citotropico	Peronospora	Cianoacetamidi		27	Medio basso
Fosetil alluminio	Sistemico	Peronospora	Etilfosfonati	Fosfonati	33	Basso
Fosfonato di potassio			Inorganico			
Ciflufenamid	Misto	Oidio	Fenilacetamidi		U6	-
Metrafenone	Misto	Oidio	Benzofenoni		U8	Medio
Pyriofenone		Oidio	Benzoilpiridine			
Dodina	Citotropico	Botrite Peronospora	Guanidine		U12	Medio basso
Bicarbonato di potassio	Copertura	Oidio Botrite	Inorganico		NC	Non conosciuto
Olio essenziale di arancio dolce	Copertura	Peronospora Oidio	Terpeni		NC	Non conosciuto
Rame solfato neutralizzato	Copertura	Peronospora	Inorganico		M1	Praticamente nullo
Rame solfato tribasico						
Rame ossiclor.						
Rame idrossido						
Rame ossido						
Zolfo	Copertura	Oidio	Inorganico		M2	
Mancozeb	Copertura	Peronospora Escoriosi Black rot	Etilenbis-ditiocarbammati	Ditiocarbammati	M3	
Maneb						
Metiram						
Propineb						
Tiram			Dimetil ditiocarbammati			
Folpet	Copertura	Peronospora Escoriosi	Ftalimmidi		M4	
Ditianon	Copertura	Peronospora Escoriosi	Chinoni		M9	

1 FRAC = Fungicide Resistance Action Committee. Le sostanze attive raggruppate all'interno dello stesso codice hanno lo stesso meccanismo d'azione.

più un buon fattore di sicurezza. Per il vigneto il volume normale è di 10 hl/ha, quindi la dose a ettolitro deve essere moltiplicata per dieci al fine di ottenere la dose a ettaro. Per esempio, se la dose indicata è di 200 g/hl deve essere moltiplicata per 10 e si otterrà la dose di 2 kg/ha. Questa quantità deve essere mantenuta a prescindere dal volume d'acqua utilizzato realmente per eseguire il trattamento: l'acqua serve solo a veicolare la s.a. Quindi, nel basso volume la sospensione del fungicida deve essere più concentrata.

Riduzioni delle dosi sono eventualmente possibili nei trattamenti iniziali. Infatti la dose a ettaro si riferisce per semplicità all'estensione di terreno, ma in realtà dobbiamo trattare la vegetazione che si trova su quell'ettaro. Questa può variare in base al sistema di allevamento, al sesto d'impianto e allo stadio di sviluppo vegetativo. Quindi nei primi trattamenti, quando

la vegetazione è poco sviluppata, è realmente possibile ridurre la dose ad ettaro ed utilizzare anche un minor quantitativo di acqua, ma è rischioso scendere al di sotto del 10-12% perché buona parte della miscela si perde nell'atmosfera e va a finire nel terreno. Nella valutazione della dose a ettaro è necessario tenere in considerazione anche la suscettibilità della vegetazione e l'andamento climatico passato e previsto a breve termine. Nelle fasi di maggior suscettibilità ed in condizioni climatiche favorevoli alle infezioni è necessario utilizzare la dose maggiore indicata in etichetta.

La maggiore diffusione delle gocce portate dalla corrente d'aria degli atomizzatori sui filari adiacenti induce a volte i viticoltori a trattare a filari alterni. Questo ha lo stesso effetto della riduzione della dose perché in realtà si distribuisce metà del prodotto, che per di più non arriva a colpire efficacemente il bersaglio. La quantità del prodotto che arriva sul filare non direttamente investito dal trattamento può essere inferiore del 20-30% rispetto a quella che arriva sul filare trattato.

Qualsiasi deviazione da queste norme può determinare un sottodosaggio in alcuni punti della vegetazione e una dose sub-ottimale può consentire lo sviluppo delle infezioni e l'instaurarsi di pericolosi focolai d'inoculo, soprattutto in annate favorevoli all'andamento epidemico delle malattie.

Per concludere il paragrafo si sottolinea l'importanza di eseguire il trattamento con acque sub-acide (pH 5,5 – 6) poiché pH alcalini possono inattivare la s.a. o ridurne la persistenza e quindi l'efficacia.

Strategie di difesa

Una volta scelta la sostanza attiva più idonea e una volta distribuita correttamente e accuratamente sulla vegetazione, resta il problema della tempistica: quale è il momento più adatto per eseguire il trattamento? Cioè quale è la migliore strategia di difesa?

Una corretta strategia di difesa si basa necessariamente sulla conoscenza del processo infettivo e delle condizioni ambientali che lo influenzano. Di seguito verranno descritte nelle linee essenziali le principali malattie crittogamiche della vite e le strategie di difesa idonee per ciascuna di esse.

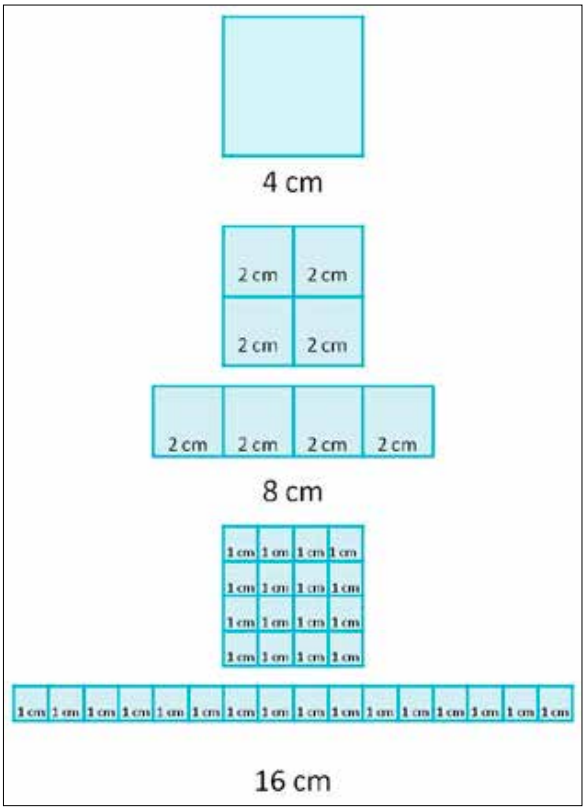


Figura 2. Rappresentazione schematica del rapporto tra volume e dimensione delle gocce. A parità di volume la superficie coperta da una goccia (per semplicità grafica è rappresentata da un quadrato) aumenta al diminuire del suo diametro.

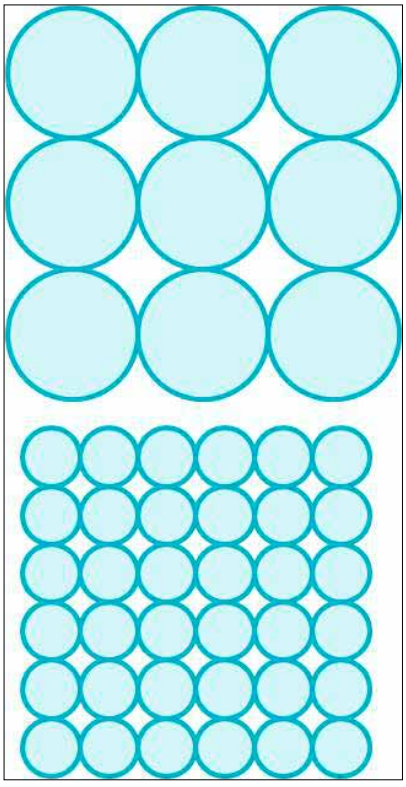


Figura 3. Rappresentazione schematica della copertura di una superficie con gocce di diverso diametro. Minore è il diametro più uniforme è la copertura.

LA PERONOSPORA

La peronospora della vite, causata da *Plasmopara viticola*, è diffusa in tutte le aree viticole mondiali, ma causa gravi danni solo nelle zone o nelle annate con clima umido e mite. È un parassita obbligato legato alla vite e a poche altre Vitacee per il proprio sviluppo attivo. Attacca tutti gli organi erbacei della pianta provvisti di stomi, attraverso i quali penetra nei tessuti dell'ospite. Determina danni diretti alla produzione, tramite l'attacco del grappolo, ed indiretti, attraverso la perdita di superficie elaborante (Fig. 4), defogliazione e scarso sviluppo vegetativo.

LE CARATTERISTICHE DELLA MALATTIA

Il ciclo biologico

Il ciclo biologico è illustrato in figura 5. Nel periodo in cui la vite è in fase di riposo, *P. viticola* sverna sotto forma di oospore. Queste strutture di resistenza si formano entro le foglie infette a partire dalla tarda estate e, alla caduta delle foglie, passano l'inverno a terra. In primavera, in condizioni ambientali favorevoli di tem-

Figura 4. Forti attacchi di peronospora con perdita di superficie fogliare elaborante.

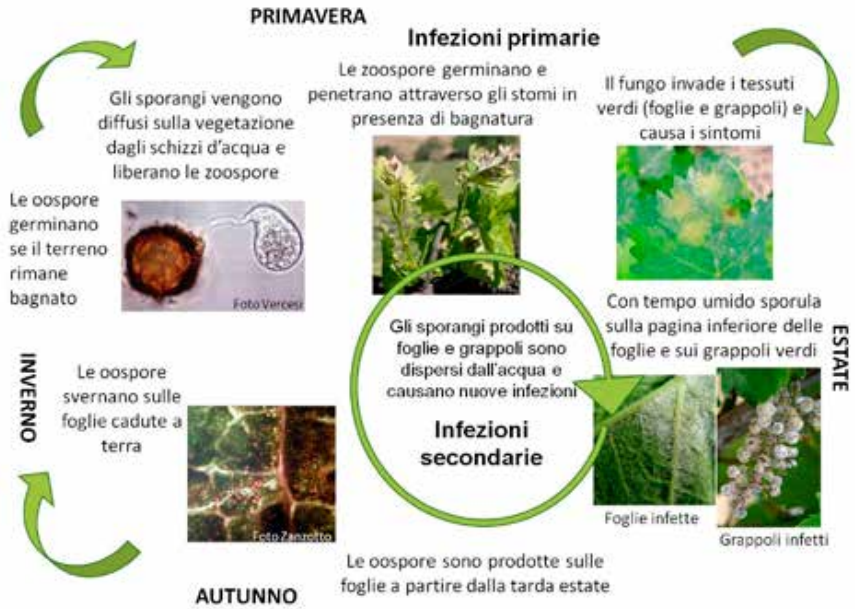


Figura 5. Ciclo biologico di *Plasmopara viticola.*

peratura e soprattutto di umidità, le oospore germinano producendo sporangi, organi di propagazione che vengono diffusi dagli schizzi di pioggia sulla vegetazione. In presenza di un velo d'acqua liberano le zoospore che germinano in prossimità degli stomi consentendo le infezioni primarie. Il fungo si accresce entro i tessuti verdi dell'ospite, lo invade e dopo un certo periodo, che viene chiamato periodo d'incubazione, si manifestano i sintomi. In condizioni di umidità elevata il fungo sporula attraverso gli stomi mettendo a disposizione nuovi sporangi che possono essere dispersi dalla pioggia sulla vegetazione sana. In presenza di bagnatura questi sporangi liberano le zoospore che causano le infezioni secondarie. Queste, a loro volta, innescheranno altri cicli al termine del quali si produrranno altre infezioni secondarie e così via finché le condizioni ambientali lo consentono. Nella tarda estate iniziano a differenziarsi le oospore ed il ciclo si chiude.

Lo sviluppo dell'epidemia

I patogeni che compiono più cicli (infezioni primarie e secondarie) nel corso di una stagione vegetativa possono causare danni considerevoli. L'entità di tali danni dipende da vari fattori:

- il numero delle infezioni primarie che determina la quantità di inoculo iniziale, il quale a sua volta può dare origine alle infezioni secondarie;
- le condizioni ambientali favorevoli che consentono lo svolgimento del ciclo della malattia, e quindi la produzione di nuovo inoculo per le in-

Figura 6. Sporulazione di Plasmopara viticola sulla pagina inferiore di una foglia e sul grappolo in fase di accrescimento.

Figura 7. Macchia d'olio, sintomo tipico di peronospora che compare sui tessuti giovani al termine del periodo d'incubazione.

Figura 8. Grappolino imbrunito a forma di "S" in seguito ad attacco di peronospora.

fezioni secondarie, nel più breve tempo possibile;

– la presenza di tessuti suscettibili nell'ospite, in questo caso la vite.

Se tutti questi elementi vengono espressi in modo ottimale si originano andamenti epidemici distruttivi.

Le infezioni primarie

La comparsa dei focolai primari è prevista tradizionalmente sulla base della regola dei tre dieci. Tale regola prevede la prima contaminazione quando la lunghezza dei germogli è pari o superiore ai 10 cm, la temperatura minima si è stabilizzata intorno ai 10 °C, è caduta una pioggia di almeno 10 mm nel giro di 24-48 ore. I 10 cm di lunghezza del germoglio servono ad assicurare la presenza di foglie distese con stomi ben differenziati attraverso i quali il patogeno possa penetrare e dare origine all'infezione. Nelle foglie molto giovani, invece, non ci sono aperture che consentano la penetrazione del patogeno e la pagina inferiore è ricoperta da una fitta peluria che impedisce la formazione di un velo d'acqua, indispensabile per la germinazione delle zoospore. Gli altri due parametri, temperatura e pioggia, definiscono le condizioni ambientali necessarie per la germinazione dell'oospora e di conseguenza per la formazione dei primi sporangi. La pioggia inoltre, è necessaria per la contaminazione della vite.

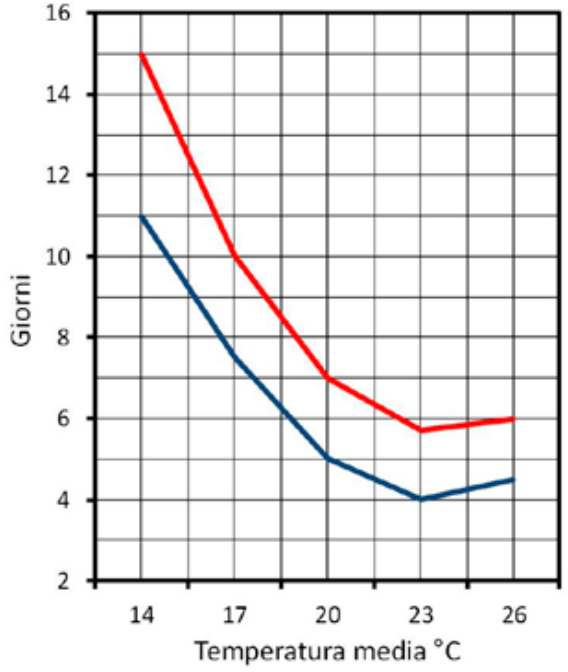


Figura 9. Durata del periodo di incubazione di *Plasmopara viticola* in condizioni di umidità bassa (linea rossa) ed alta (linea blu). Da Casarini 1957, modificato.

La regola dei tre dieci contiene alcune imprecisioni e semplifica il ruolo delle piogge. I 10 mm in due giorni non sono sufficienti a consentire la germinazione dell'oospora e la contemporanea contaminazione dell'ospite partendo da condizioni di terreno asciutto. Al contrario, se il terreno è già umido, e di conseguenza l'oospora già germinata, potrebbero essere sufficienti piogge di minore entità per la contaminazione dell'ospite. Inoltre, la temperatura di 10 °C deve essere intesa come temperatura media e non minima. Nonostante ciò, la regola dei tre dieci rimane ancora un semplice e valido strumento di previsione delle infezioni primarie.

L'instaurarsi delle infezioni primarie è un momento critico per l'evoluzione successiva dell'epidemia. Esse non si limitano al momento in cui si verifica la regola dei tre dieci perché la germinazione delle oospore è scalare nel tempo. Di conseguenza, si possono verificare ondate successive di infezioni primarie favorite dalla caduta di piogge continue, anche se di modesta entità.

I parametri climatici

L'elemento fondamentale per lo sviluppo epidemico della peronospora è l'acqua:

- l'umidità relativa superiore al 98% è necessaria per la sporulazione su foglie e grappoli (Fig. 6) e per la sopravvivenza degli sporangi;
- la bagnatura degli organi infettabili è indispensabile per le infezioni primarie e secondarie;
- la pioggia favorisce la dispersione degli sporangi e quindi la diffusione della malattia.

In particolare, un andamento climatico fresco e piovoso nel periodo aprile-maggio, nelle prime fasi vegetative della vite, prelude in genere alla comparsa di numerose infezioni primarie. Probabilmente, frequenti precipitazioni creano condizioni di umettazione prolungata del terreno che consentono la germinazione di un numero crescente di oospore e la successiva dispersione degli sporangi formatisi. Ciò determina la diffusa presenza in vigneto di pericolosi focolai che, come già detto, assumono una notevole importanza per il successivo sviluppo della malattia.

I fattori climatici influiscono in modo determinante sul periodo d'incubazione, cioè sul periodo che intercorre tra l'infezione e la manifestazione dei sintomi (Fig. 7 e 8). La sua durata varia da 4 a 15 giorni in base a temperatura ed umidità relativa (Fig. 9). In con-

dizioni ottimali, temperatura media giornaliera di 23 °C ed umidità relativa elevata, dopo soli 4 giorni dall'avvenuta infezione il patogeno è potenzialmente in grado di formare nuovi sporangi che possono causare ulteriori infezioni, fatte salve le condizioni climatiche specificate all'inizio del paragrafo. È importante tener presente che il periodo d'incubazione è più lungo sul grappolo rispetto alla foglia. Per esempio, in corrispondenza degli stadi fenologici che vanno da grappolini separati ai fiori separati, il periodo d'incubazione su grappolo è risultato mediamente superiore alle tre settimane contro i 10 giorni riscontrati mediamente su foglia. Questo periodo si riduce progressivamente fino a raggiungere i valori minimi all'allegagione per poi aumentare di nuovo.

La dispersione dell'inoculo formatosi in corrispondenza delle aree infette avviene principalmente ad opera della pioggia e, in minor misura, della rugiada; è stato inoltre dimostrato che, in assenza di pioggia, anche forti venti possono determinare la dispersione degli sporangi sotto forma di aerosol.

Il verificarsi di nuove infezioni richiede la presenza di acqua libera sul substrato per un numero di ore tale che il prodotto ore di umettazione per temperatura sia uguale o superiore a 50. Ciò significa che in condizioni di temperatura ottimale (22-25 °C) sono sufficienti due ore di bagnatura affinché si realizzino le infezioni secondarie. A partire dai 29°C la possibilità di contaminazione si riduce notevolmente.

In definitiva, condizioni ambientali favorevoli accorciano il periodo d'incubazione e consentono il completamento di un numero maggiore di cicli, incrementando in modo esponenziale la quantità di sporangi che può dare origine a nuove infezioni.

La suscettibilità dell'ospite

Le infezioni sulle foglie possono iniziare dal momento in cui i germogli hanno raggiunto i 10 cm di lunghezza fino alla fine della stagione vegetativa. In realtà le foglie vecchie perdono la suscettibilità, ma la vite caccia in continuazione nuovi germogli e quindi è sempre presente vegetazione recettiva.

Sui grappoli, invece, il periodo di suscettibilità è ridotto: dalla fase fenologica di grappolini visibili, che coincide più o meno con i 10 cm di lunghezza del germoglio, alla fase fenologica di chiusura del grappolo. A questo punto, infatti, si verifica la degenerazione degli stomi che preclude ogni possibilità di contaminazione. È bene ricordare però, che le infezioni già avvenute non si bloccano, ma possono progredire internamente fino ad interessare la totalità del grappolo anche dopo la chiusura. Quindi, anche in base a quanto detto a proposito del periodo d'incubazione, quando vediamo la peronospora larvata sul grappolo (Fig. 10) vediamo gli esiti di infezioni avvenute diverso tempo prima.

Concludendo, lo sviluppo epidemico della peronospora è tipico delle aree umide, quali normalmente si riscontrano nelle zone pianeggianti o nei fondovalle, e delle annate con piogge frequenti durante i mesi primaverili estivi. Sebbene il clima della Sardegna sia tendenzialmente caldo e siccitoso, non bisogna sottovalutare zone con microclimi umidi ed annate con primavere piovose. In queste condizioni per difendersi adeguatamente è necessario impostare una specifica e razionale strategia di difesa basata sulla scelta di mezzi appropriati.

Figura 10. Peronospora larvata: gli acini diventano violacei ed iniziano a disidratarsi fino a seccare.

LA DIFESA

La lotta si basa essenzialmente sui mezzi chimici cioè sull'utilizzo di fungicidi antiperonosporici. Tuttavia, se il microclima è particolarmente favorevole alle infezioni, anche i mezzi chimici possono risultare poco efficaci. Perciò è importante creare un ambiente poco favorevole al patogeno ricorrendo ai mezzi agronomici che consentono di ridurre l'umidità relativa all'interno della vegetazione:

- utilizzare forme di allevamento che garantiscono un buon arieggiamento della vegetazione;
- non affastellare la vegetazione quando si legano i tralci;
- eseguire la potatura verde, in particolare la cimatura e la sfemminellatura;
- evitare l'apporto di eccessive concimazioni azotate che rendono la vegetazione più fitta.

Oltre a ridurre l'umidità relativa, tutte queste pratiche consentono un'efficace distribuzione degli agrofarmaci che possono arrivare facilmente a coprire le parti più interne della vegetazione. Una certa attenzione va posta nell'evitare l'impianto dei vigneti nei fondovalle umidi ed i ristagni idrici. Oltre ad indebolire la pianta, questi ultimi possono favorire la germinazione delle oospore.

Gli antiperonosporici

La difesa contro la peronospora della vite in Europa era inizialmente basata sull'impiego dei fungicidi di copertura a base di rame. Poi, intorno alla metà del novecento sono stati introdotti i prodotti di sintesi ed in particolare i ditiocarbammati (ad esempio mancozeb, metiram) e i ftalimmidici (l'unico rimasto in commercio è il folpet). Il problema principale nell'uso di questi fungicidi risiede attualmente negli effetti nocivi per l'uomo e l'ambiente che li rende poco idonei per l'utilizzo in difesa integrata; ciò nonostante, al momento restano indispensabili per impostare un'adeguata strategia antiresistenza. Essi sono esposti all'azione della pioggia: i più dilavabili sono i ditiocarbammati mentre il più resistente è il folpet; il rame si colloca a metà strada e gli idrossidi sono più dilavabili dei solfati.

L'unico antiperonosporico citotropico è il cimoxanil, che viene rapidamente assorbito dalla pianta con ridistribuzione di tipo translaminare. All'interno dei tessuti svolge azione curativa ed antisporulante. La sua azione preventiva, però, è limitata al breve periodo di permanenza all'esterno dei tessuti vegetali poiché viene degradato in composti innocui per il parassita una volta assorbito. Per questo motivo viene utilizzato quasi esclusivamente in miscela con altre s.a. di copertura tradizionali, ma anche in formulazioni triple con s.a. sistemiche. Ciò permette di sfruttare fenomeni di sinergismo.

Le fenilammidi sono composti dotati di una spiccata sistemia acropeta e di una buona azione curativa. Attualmente sono rimasti in commercio solo metalaxil e benalaxil. Accanto a queste due molecole sono in commercio i loro rispettivi enantiomeri: metalaxil-M e benalaxil-M, detto anche kiralaxyl. Sono proprio questi ultimi a svolgere l'azione fungicida e quindi, per ottenere le stesse prestazioni dei prodotti "interi", è sufficiente metà dose. Il kiralaxyl si differenzia dalle altre fenilammidi per la mobilità entro la pianta: grazie ad un equilibrato rapporto tra idrofilia e lipofilia conferisce una maggiore protezione a livello del grappolo.

Altri prodotti a spiccata sistemia acropeta e basipeta sono i fosfonati organici ed inorganici, cioè esteri o sali dell'acido fosforoso o acido fosfonico (H_3PO_3). La peculiarità di questi composti, a parte la sistemicità dall'alto verso il basso, risiede nel loro meccanismo d'azione. Allo stato attuale delle conoscenze tale meccanismo sembra dovuto in parte all'azione tossica diretta dello ione fosfonato (sostanza di trasformazione nella pianta) ed in parte allo stimolo dei meccanismi di resistenza della pianta. Il fosetil alluminio è il fosfonato organico che viene commercializzato in miscela con altri prodotti ad azione più pronta per il suo impiego contro le peronospore, in quanto ha una buona azione curativa che però si esplica con estrema lentezza. Nei fosfonati inorganici l'acido fosforoso viene parzialmente neutralizzato con potassio o sodio formando i sali corrispondenti che, in modo scorretto ma comune, vengono indicati anche come fosfiti. I sali inorganici hanno un'azione curativa più pronta rispetto al fosetil alluminio in quanto la disponibilità dell'anione è immediata.

Fino a pochi anni fa, l'utilizzo di questi sali come prodotti fitosanitari era illegale, anche se, sotto forma di concimi sono stati ampiamente utilizzati nella difesa antiperonosporica. Il 23 aprile 2013, dopo un iter durato 11 anni, l'UE ha approvato all'uso come anticrittogamici i fosfonati di potassio (idrogenofosfonato di potassio e fosfonato di dipotassio). Infine,

nel 2014 è stato registrato in Italia il primo prodotto commerciale a base di fosfonato di potassio, che però non viene commercializzato da solo ma in confezione doppia con un altro antiperonosporico a base di ametoctradina.

Rimane da parlare della gran quantità di sostanze attive a sistemia locale, mesostemiche e soprattutto miste, che non possono essere classificate entro schemi rigidi. Infatti esistono notevoli variazioni per quanto riguarda sia la quantità di sostanza che è in grado di penetrare rispetto a quella che rimane sulla superficie esterna, sia il tipo di traslocazione a partire dal punto di penetrazione. Solo un cenno al gruppo chimico delle strobilurine per capire come la variabilità esista anche tra molecole affini: azoxystrobin viene in parte assorbita e traslocata nello xilema mentre le altre presentano una debole traslocazione translaminare ma hanno una forte affinità per le cere e alcune sono mesostemiche. La caratteristica più importante è il loro spettro d'azione: sono le uniche sostanze attive contro peronospora e oidio, ma hanno una buona azione anche nei confronti dell'escoriosi.

Le strategie

Due sono i criteri fondamentali sui quali si basa l'impostazione delle strategie antiperonosporiche: il primo considera il rischio di infezione sempre presente in vigneto e richiede quindi l'esecuzione dei trattamenti in funzione della presenza di tessuti recettivi alle infezioni (copertura continua); il secondo prevede che il processo infettivo si possa instaurare al verificarsi di determinati eventi climatici (lotta guidata).

La copertura continua presuppone l'esecuzione dei trattamenti in modo continuativo da quando il tralcio ha una lunghezza pari a 10 cm fino all'invaiatura, in funzione della persistenza dell'antiperonosporico utilizzato (trattamenti a calendario). È evidente che la copertura continua comporta l'esecuzione di un numero elevato di trattamenti con tutte le conseguenze negative che questo comporta. Tuttavia è di facile applicazione e può essere utile quando si debbano trattare estensioni di vigneto molto vaste.

La lotta guidata

La lotta guidata è stato il sistema di lotta più diffuso negli areali viticoli italiani del nord Italia negli anni

Tabella 5. Percentuale giornaliera di avanzamento del periodo d'incubazione di *Plasmopara viticola* in base a temperatura e umidità relativa medie giornaliere. (Da: Goidanich G., 1975 modificato).

Temperatura media in °C	% giornaliera del periodo d'incubazione	
	Umidità atmosferica <65%	Umidità atmosferica >65%
14	6,6	9,0
15	7,6	10,5
16	8,6	11,7
17	10,0	13,3
18	11,1	15,3
19	12,5	16,6
20	14,2	20,0
21	15,3	22,2
22	16,6	22,2
23	18,1	25,0
24	18,1	25,0
25	16,6	22,2
26	16,6	22,2

'80 e '90. Essa si basa sulla combinazione tra la regola dei tre dieci per la previsione delle infezioni primarie ed il metodo di calcolo del periodo di incubazione. Secondo questo metodo, in base alla temperatura ed all'umidità relativa medie, è possibile stabilire la progressione dell'infezione giorno per giorno a partire dal momento in cui avviene l'infezione (Tab. 5). Il calcolo del periodo d'incubazione inizia nel momento in cui ci sono le condizioni per un evento infettante, cioè un evento che può originare un ciclo d'infezione: la regola dei tre dieci per l'infezione primaria, e qualsiasi pioggia o bagnatura prolungata (almeno 2 ore) della vegetazione per le infezioni secondarie.

Il trattamento viene programmato in momenti diversi del periodo d'incubazione a seconda del tipo di fungicida utilizzato. Ci si riferisce naturalmente a quelli in commercio in quegli anni, ossia di copertura tradizionali ed endoterapici. Il prodotto di copertura deve essere distribuito allo scadere del periodo d'incubazione (dopo il raggiungimento dell'80%) in quanto non ha nessuna azione sull'infezione in corso ma serve a proteggere la vegetazione dalle nuove infezioni che eventualmente si produrrebbero in seguito. Se somministrato troppo presto la vegetazione cresciuta nel frattempo resterebbe priva di protezione ed inoltre aumenterebbe il rischio di dilavamento. Il prodotto endoterapico deve essere utilizzato entro il 40% del periodo d'incubazione in quanto deve agire sulla presunta infezione già avvenuta, prima che questa sia ormai troppo diffusa nei tessuti dell'ospite. Il metodo prevede inoltre l'esecuzione di tre trattamenti cautelativi, i quali devono essere eseguiti, anche in assenza di condizioni favorevoli per l'infezione, in corrispondenza degli stadi fenologici di: grappolini separati, prefioritura ed allegagione. La ragione che ha indotto all'inserimento di questi tre trattamenti risiede nella estrema recettività all'infezione dimostrata dalla vite, ed in particolare dai grappoli, in queste fasi.

L'applicazione della lotta guidata richiede quindi la disponibilità di dati climatici e conoscenze specifiche e non è esente da critiche. Nelle zone o nelle annate con rischio ridotto si ritiene che il numero di trattamenti sia comunque eccessivo rispetto alla reale consistenza della malattia in vigneto. Al contrario, nelle zone ad elevato rischio epidemico il numero dei trattamenti spesso non differisce da quello della lotta a calendario che però risulta più sicura. Inoltre, la recrudescenza degli attacchi di peronospora registrata alla fine degli

Tabella 6. Quadro riassuntivo della difesa antiperonosporica.

Fase fenologica	***Da germoglio 10 cm a prefioritura***	***Da prefioritura ad allegagione***	***Da allegagione a chiusura grappolo***	***Da chiusura grappolo a invaiatura***
	Vegetazione ridotta, basse temperature, scarso assorbimento	Tessuti giovani, attiva circolazione linfatica	Grappoli in accrescimento, tessuti fogliari senescenti, scarso assorbimento	Grappolo refrattario alle infezioni
Sostanze attive	S.a. di copertura tradizionali	S.a. con spiccate capacità di penetrazione e/o traslocazione (sistemici o locosistemici)	S.a. con elevata affinità per le cere cuticolari (mesostemici o misti)	Rameici, azione collaterale antibotritica
Trattamenti	Regola 3-10, allo scadere del periodo d'incubazione	Al verificarsi di eventi infettanti, prima dell'evento infettante		In base alla presenza o assenza di malattia in vigneto

anni 2000 un po' in tutta Italia, ha messo in evidenza i limiti di una difesa con approccio "curativo". Infatti, l'andamento climatico che da un lato ha favorito lo sviluppo epidemico della malattia, dall'altro ha ostacolato l'esecuzione tempestiva dei trattamenti ad infezione avvenuta. Si sono così creati pericolosi focolai d'inoculo che successivamente sono stati difficili da arginare con qualsiasi sistema.

Gli orientamenti attuali

Considerati i limiti della lotta guidata classica, attualmente si consiglia di evitare i trattamenti curativi prevenendo quanto più possibile le infezioni. Anche se si ha a disposizione un prodotto curativo non si attende il presunto evento infettante per trattare ma si interviene prima, facendo riferimento alle previsioni meteorologiche su scala locale. In questo modo si scongiura l'eventualità di non poter intervenire tempestivamente dopo l'avvenuta infezione. Secondo questo criterio tutti i prodotti, nuovi e vecchi, di copertura o endoterapici, vengono utilizzati a scopo preventivo. Chiaramente si deve tenere conto del periodo di protezione assicurato dai vari antiperonosporici, ma è rischioso arrivare ai limiti degli intervalli soprattutto se si prevede una perturbazione in arrivo. In questi casi è sempre meglio accorciare i tempi e trattare prima dell'arrivo della perturbazione.

Negli ambienti poco idonei allo sviluppo epidemico della peronospora, per esempio nel centro e sud Italia, si può fare un'eccezione a questo schema per il primo trattamento. In questo caso si attende il verificarsi della regola dei 3 dieci, quindi si lascia partire la prima infezione, e il trattamento viene programmato in momenti diversi del periodo d'incubazione a seconda del tipo di fungicida utilizzato, come descritto in precedenza. Sempre in queste zone possono capitare frequentemente lunghi periodi privi di perturbazioni che non richiedono trattamenti. Se però sono presenti sintomi in vigneti soggetti a rugiade persistenti, la malattia può progredire anche in assenza prolungata di piogge. In questo caso è meglio affidarsi ad una difesa a calendario poiché le bagnature non sono prevedibili.

In tabella 6 sono riassunte le indicazioni sulla difesa contro la peronospora con riferimento sia ai momenti di intervento sia al posizionamento ideale delle s.a. in base alle loro caratteristiche tecniche (descritte in precedenza) sia, infine, alle strategie antiresistenza.

È importante sottolineare che la difesa antiperonosporica potrebbe terminare alla chiusura del grappolo. Se però questa è scalare, soprattutto in annate critiche, è prudente proseguire fino ad inizio invaiatura con prodotti rameici che, a causa del loro effetto "indurente" sulla vegetazione, possono avere un'interessante azione collaterale contro le infezioni di muffa grigia. Estendere i trattamenti oltre la fase di invaiatura risulta del tutto inutile. Una difesa efficace deve scongiurare l'instaurarsi di focolai d'inoculo in vigneto all'inizio della stagione: il periodo che va da germogli di 10 cm alla fioritura è il momento più critico, quello che deve essere gestito con maggiore attenzione, in quanto la peronospora, come tutte le malattie policicliche, è difficilmente contenibile una volta che si stabilisce in vigneto. Arrivare all'invaiatura con la necessità di dover salvaguardare le femminelle per la presenza diffusa di sintomi, significa aver protetto in modo insufficiente la vegetazione nelle prime fasi e a quel punto di solito è troppo tardi.

Per concludere è necessario sottolineare che i trattamenti, siano essi effettuati a calendario o seguendo altri criteri d'intervento, devono essere eseguiti per tempo, senza ritardi, e ciò richiede la costante agibilità del vigneto. Le maggiori difficoltà a garantire la tempestività del trattamento si riscontrano nei vigneti privi di inerbimento, spontaneo o controllato, impiantati su terreni argillosi. Purtroppo, è proprio nei periodi più a rischio, caratterizzati da forti precipitazioni, che i mezzi meccanici per la distribuzione dell'agrofarmaco non riescono ad entrare in vigneto, e ciò causa gravi ripercussioni sull'efficacia della protezione conseguibile.

L'OIDIO

L'oidio della vite, causato da *Erysiphe necator*, è una delle malattie più distruttive della vite al pari della peronospora, ma è più diffuso e frequente in quanto si sviluppa entro ampi intervalli di temperatura ed umidità. Anche *E. necator* è un parassita obbligato in grado di attaccare solo organi verdi di specie della famiglia delle Vitacee; esso incide sia sulla quantità della produzione (riduce la fotosintesi ma anche la lignificazione dei tralci e quindi la sopravvivenza invernale delle gemme) che sulla qualità (aumento di acidità delle bacche infette, produzione di sostanze volatili che alterano l'aroma del vino, presenza di necrosi sulle uve da tavola). Inoltre, anche le bacche lievemente infette possono subire microfratture della buccia che favoriscono gli attacchi di marciume del grappolo.

LE CARATTERISTICHE DELLA MALATTIA

Il ciclo biologico

Il ciclo biologico (Fig. 11) si differenzia nella fase iniziale in base alla forma di svernamento. Il micelio, cioè il corpo vegetativo del fungo, può attraversare l'inverno all'interno delle gemme quiescenti. L'altra forma di svernamento è rappresentata da organi di resistenza, i cleistoteci, che si riparano tra le anfrattuosità della corteccia. Le due forme di svernamento non si escludono a vicenda ma possono coesistere sulla stessa vite.

Le gemme infette, dove ha svernato il micelio, si aprono leggermente più tardi di quelle sane. Subito dopo la loro apertura il micelio riprende la sua attività vegetativa e ricopre il germoglio sviluppandosi all'esterno dei tessuti dell'ospite. Questi germogli, detti germogli bandiera, sono spesso rattrappiti, grigiastri o imbiancati (Fig.12) e costituiscono veri e propri focolai della malattia. Le infezioni che consentono lo svernamento entro le gemme avvengono molto presto durante la stagione vegetativa quando le gemme sono ancora verdi piuttosto che in autunno, quando le gemme sono ormai lignificate.

I cleistoteci si possono formare a partire dalla tarda estate su tutti i tessuti infetti: foglie, tralci, grappoli. Quindi vengono dilavati dalle piogge autunnali e casualmente si incastrano tra le crepe della corteccia o cadono nel terreno (questi ultimi sopravvivono raramente). In primavera, se adeguatamente inumiditi, i cleistoteci si rompono ed espellono le ascospore che causano le infezioni primarie sui tessuti verdi.

Una volta avvenute le infezioni primarie il resto del ciclo non presenta differenze. Sui germogli e sulle foglie attaccate il fungo sporula producendo gli organi di diffusione della malattia, i conidi, che vengono trasportati dal vento. I conidi dispersi possono causare infezioni secondarie entro 24 h, se le condizioni sono favorevoli. Le infezioni secondarie proseguono per tutta la stagione finché le condizioni ambientali lo consentono.

Lo sviluppo dell'epidemia

Gli elementi che caratterizzano lo sviluppo epidemico dell'oidio sono gli stessi visti per la peronospora in quanto sono entrambe malattie policicliche.

Le infezioni primarie

La più alta suscettibilità delle gemme alle infezioni, che consentiranno poi lo svernamento del patogeno, si colloca nel periodo che va da 3 a 6 foglie distese, proprio quando i tralci bandiera sono più visibili. Il patogeno si introduce nei tessuti interni passando nei punti in cui le squame si sovrappongono. Oltre gli stadi suddetti, la suberizzazione e la lignificazione dell'epidermide delle squame rendono inaccessibile questo passaggio; in seguito possono infettarsi le gemme prossime all'apice vegetativo dei tralci, anche se in misura molto ridotta, ma queste gemme saranno quasi sicuramente eliminate con la potatura. Di conseguenza, la maggior quantità di gemme infette si ha in quei vigneti che subiscono forti attacchi precoci.

I germogli bandiera sono un'importante sorgente di inoculo secondario perché compaiono molto presto nella stagione vegetativa. Di conseguenza il fungo ha più tempo a disposizione per ultimare un numero maggiore di cicli secondari e dare luogo a scoppi epidemici consistenti. Per di più, alla diffusione precoce di conidi si sovrappone la successiva diffusione delle

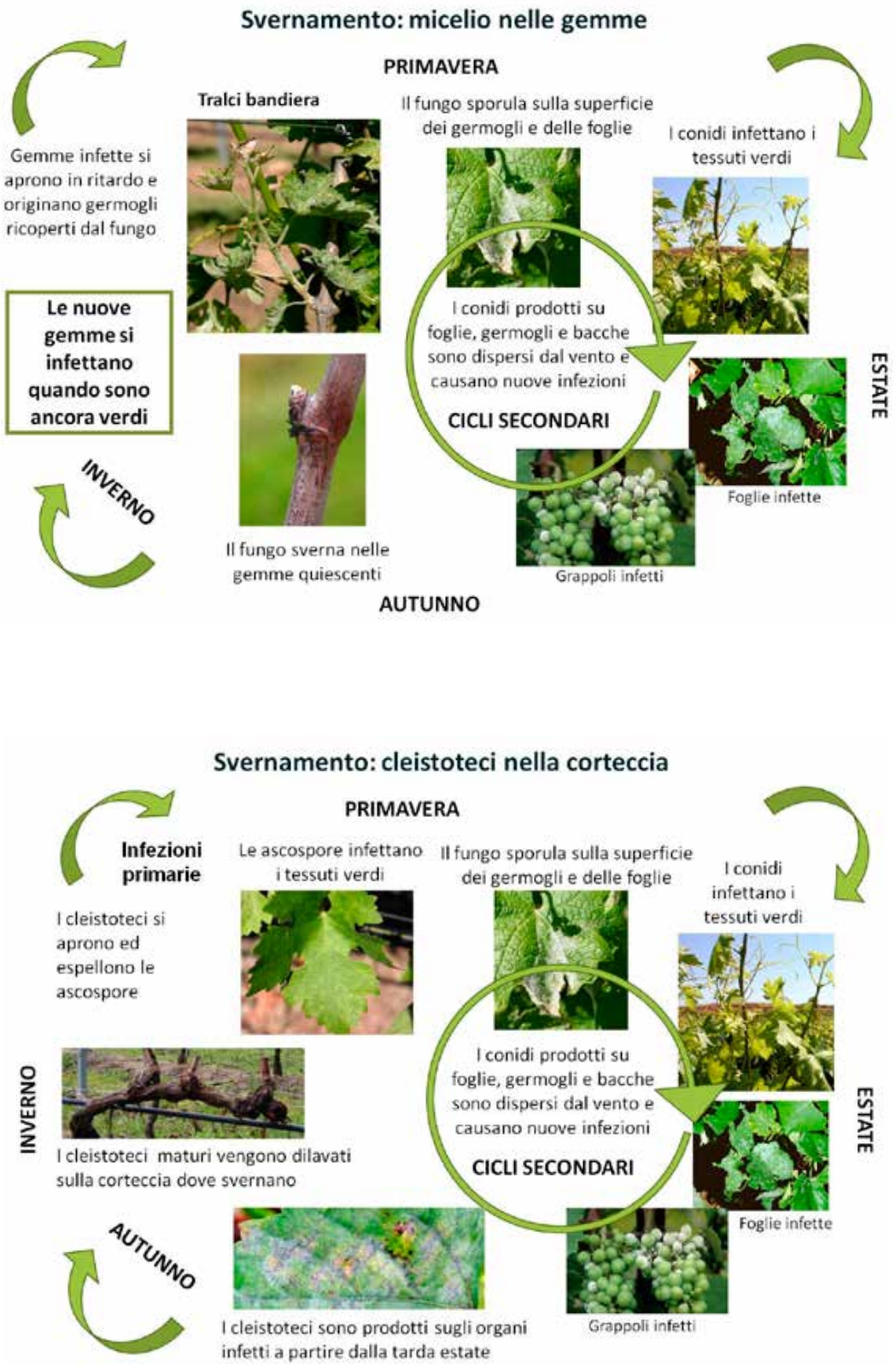
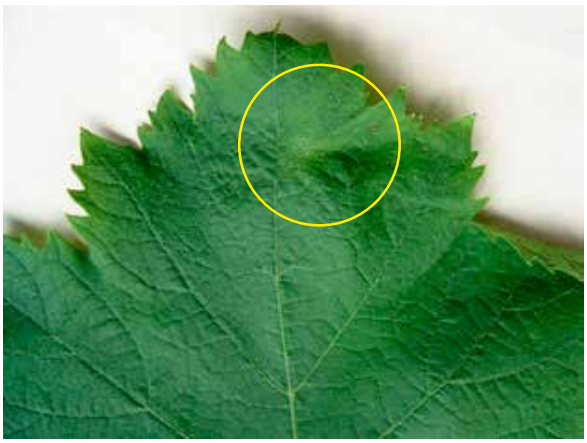


Figura 11. Ciclo biologico di *Erisyphe necator*: svernamento all'interno delle gemme (in alto) e tra le screpolature della corteccia (in basso).

Figura 12. Germogli o tralci bandiera. A sinistra germoglio rachitico e grigiastro completamente invaso dal patogeno; a destra germoglio più sviluppato ricoperto solo parzialmente dal fungo.



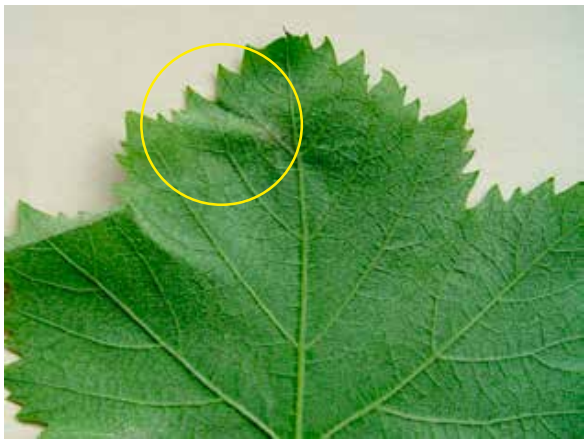


Figura 13. Leggera macchia clorotica (evidenziata dal cerchio giallo) su pagina superiore (a sinistra) ed inferiore (a destra) causata da infezione ascosporica.

Figura 14. Attacco di oidio su grappolo in fase di accrescimento degli acini.

Figura 15. Attacco di oidio su grappolo in pre-fioritura.

ascospore che incrementano ulteriormente il potenziale d'inoculo della malattia.

Le prime infezioni ascosporiche avvengono su germogli ben sviluppati ma sono difficilmente visibili (Fig. 13). È più comune osservare i primi sintomi sui grappoli dopo l'allegagione (Fig. 14), ma sono i conidi prodotti dalle infezioni su foglia ad attaccarli. Infatti l'oidio della vite ha la caratteristica di determinare grossi attacchi sui grappoli senza manifestazioni allarmistiche sulle foglie. Questo significa che si possono concludere diversi cicli secondari prima che siano rilevabili i sintomi in vigneto.

I parametri climatici

Contrariamente a quanto visto per la peronospora, le condizioni climatiche raramente costituiscono un elemento limitante per le epidemie di oidio, in quanto *E. necator* si sviluppa entro ampi intervalli di temperatura e soprattutto di umidità: è uno dei pochissimi funghi in grado di proliferare anche con tenori di umidità relativa inferiori al 50%. Per l'oidio è quindi più facile individuare i fattori sfavorevoli.

Temperature superiori ai 32-35°C inibiscono la germinazione dei conidi mentre oltre i 40°C i conidi muoiono. Tuttavia non sono sufficienti le normali oscillazioni giornaliere, ma la temperatura elevata deve persistere più a lungo.

La bagnatura che deriva dalla pioggia o dalla rugiada può determinare una germinazione ridotta o anormale e anche lo scoppio dei conidi. L'acqua inoltre, dilava i conidi e danneggia il micelio sulla superficie fogliare, anche se la crescita fungina continua perché il micelio è idrorepellente. Gli attacchi di mal bianco sono comunque favoriti dall'umidità atmosferica elevata (i tubuli germinativi sono più sensibili al secco dei conidi da cui derivano e la loro crescita è stentata al di sotto del 90-95% di umidità relativa) tanto da essere particolarmente gravi nelle parti più ombreggiate delle piante. In queste zone inoltre, il fungo trova riparo dalle radiazioni ultraviolette cui risulta costantemente esposto a causa del suo sviluppo sulla superficie esterna di foglie e grappoli.

La bagnatura rappresenta un ostacolo solo per le infezioni secondarie mentre è utile per le infezioni primarie. Infatti i cleistoteci si rompono ed espellono le ascospore solo in seguito o durante eventi piovosi superiori a 2,5 mm e con temperature medie intorno a 10°C (raramente con temperature più basse). Anche la nebbia o la rugiada persistente vengono associate a rilasci di ascospore, le quali germinano in un velo d'acqua ma anche in condizioni di umidità relativa prossime alla saturazione. Considerando che per il loro rilascio è necessaria la bagnatura dei cleistoteci, una volta che questo è avvenuto, le condizioni ambientali per la germinazione e l'infezione non dovrebbero essere critiche. Le ascospore infettano più frequentemente la pagina inferiore delle foglie che si trova più vicina alla corteccia ed è più ombreggiata.

La diffusione dei conidi è legata alle correnti d'aria: è sufficiente una velocità di 2,3 m/s anche se venti più intensi ne diffondono una maggiore quantità. Oltre che dal vento i conidi vengono dispersi da qualsiasi evento agiti la vegetazione, come l'inizio di una pioggia, la potatura verde, i trattamenti antiparassitari.

Lo sviluppo al di fuori dei tessuti dell'ospite fornisce ad *E. necator* un formidabile potenziale per la rapida riproduzione. Dopo un breve periodo di latenza, cioè l'intervallo di tempo che passa tra l'infezione e l'inizio della sporulazione (5-6 giorni a temperature comprese tra 23 e 30 °C), la sporulazione è continua sulle colonie in via di accrescimento.

la suscettibilità dell'ospite

Per quanto riguarda la suscettibilità dell'ospite, la presenza di foglie giovani è assicurata durante tutta la stagione vegetativa. Invece la recettività delle bacche è limitata nel tempo e si estende fino a 3-4 settimane dopo la fioritura, più o meno fino al periodo in cui si realizza la chiusura del grappolo. I sintomi visibili oltre le 3-4 settimane dalla fioritura, di solito sono sfuggiti ad osservazioni precedenti.

Il grappolo può essere attaccato anche prima della fioritura (Fig. 15). Tuttavia l'infezione della caliptra ha una scarsa importanza poiché quest'organo viene eliminato durante la fioritura. Al contrario, l'infezione del rachide può essere pericolosa perché da qui il fungo può rapidamente superare il pedicello e infettare la giovane bacca. Il rachide può rappresentare il tallone di Achille anche nelle fasi più avanzate di sviluppo del grappolo poiché, mentre la progressione dell'infezione sugli acini si arresta dopo 3-4 settimane dalla fioritura, sul rachide può proseguire fino a 12 settimane nelle uve da vino e fino alla vendemmia in quelle da tavola. Tuttavia, queste infezioni tardive sono ininfluenti sulle uve da vino, mentre sono da evitare su quelle da tavola in quanto determinano un danno estetico che deprezza il prodotto.

In base a quanto descritto l'oidio rappresenta la malattia crittogamica più diffusa e più pericolosa nelle diverse realtà viticole regionali (Fig. 16). Tuttavia, la gravità delle epidemie può variare sostanzialmente da anno ad anno, in base alla piovosità, e da zona a zona, in base alle caratteristiche microclimatiche (anche in Sardegna esistono zone con abbondanti rugiade). Importante anche la suscettibilità varietale: tutte le varietà europee sono soggette ad attacchi di oidio ma è possibile distinguere tra varietà più suscettibili e meno suscettibili. Tra le più suscettibili si annoverano Moscato, Carignano e Torbato tra le varietà locali, Chardonnay, Cabernet, Merlot e Pinot tra quelle internazionali.

LA DIFESA

Anche la lotta contro l'oidio si basa essenzialmente sui mezzi chimici, mentre i mezzi agronomici sono meno incisivi rispetto alla peronospora ma comunque utili per migliorare la difesa. Una chioma molto rigogliosa e fitta determina una maggiore umidità e soprattutto ampie zone di ombreggiamento che offrono riparo dalle radiazioni UV. Inoltre, non bisogna sottovalutare l'importanza dell'eccesso di azoto che rende gli organi erbacei più teneri, con una cuticola più sottile che viene attraversata facilmente dagli austori preposti alla nutrizione del fungo. Aumenta anche la quantità di composti azotati solubili che, migliorandone la nutrizione, favoriscono lo sviluppo del patogeno. Infine, la gestione della chioma rimane importante per garantire un'efficace distribuzione degli agrofarmaci.

Gli antioidici

L'antioidico per eccellenza è lo zolfo, considerato l'anticrittogamico più antico. Poiché agisce sotto forma di vapore, la temperatura, determinando la sua sublimazione, condiziona l'efficacia del trattamento: maggiore è la temperatura, maggiore è la sublimazione dello zolfo e quindi maggiore è la sua azione tossica. Questa si esprime al meglio tra i 20 ed i 30-32 °C; per temperature inferiori ai 10°C non si ha alcuna attività, oltre i 32 °C si può manifestare una certa fitotossicità. Anche l'umidità deprime l'azione dello zolfo che perciò darà le massime prestazioni nei climi asciutti. Naturalmente, maggiore la temperatura, maggiore la sublimazione, minore la persistenza. Agendo sulla respirazione cellulare, e quindi sulla produzione di molecole ricche di energia (ATP), l'azione principale dello zolfo è preventiva, in quanto il processo biologico che richiede più energia è la germinazione dei conidi. Tuttavia, poiché l'oidio si sviluppa esternamente, riesce ad avere anche una debole azione curativa.

Figura 16. Forte attacco di oidio su grappolo.

Il dinocap è stato il primo succedaneo dello zolfo nella lotta contro l'oidio della vite. Rispetto allo zolfo agisce a temperature più basse (da 4°C in su) ma oltre i 32°C può essere fitotossico. Attualmente è in commercio il meptildinocap che ha caratteristiche simili. Sono entrambi fungicidi di copertura con una buona azione preventiva e, con ridotti livelli di attacco (1-5% di superficie infetta), sono dotati di un'azione curativa superiore allo zolfo che consente di ridurre la progressione della malattia ma non di bloccarla. I trattamenti eradicanti però, aumentano il rischio di selezionare popolazioni resistenti: entrambe le molecole sono state inserite nella lista delle s.a. a rischio. Posseggono inoltre una buona affinità per le sostanze lipidiche ed una tensione di vapore molto bassa (poco volatili). Ciò li rende meno dilavabili e più persistenti dello zolfo.

I prodotti sistemici antioidici sono gli Inibitori Biosintesi Steroli (IBS). In realtà, la sistemia di queste sostanze è variabile e non è così spiccata come quella degli antiperonosporici; molti devono essere considerati a sistemia locale. Il gruppo degli IBS è costituito da composti chimicamente diversi ma attualmente è rimasto in commercio solo il gruppo dei triazoli. Gli IBS hanno un ampio spettro d'azione che però su vite è limitato ad oidio ed in minor misura a black-rot.

Anche per l'oidio abbiamo un nutrito gruppo di sostanze a biocinetica variabile per le quali valgono le stesse considerazioni fatte per gli antiperonosporici. Da segnalare boscalid ed il recentissimo fluopiram, che hanno lo stesso meccanismo d'azione, per la doppia efficacia contro oidio e muffa grigia.

Contro l'oidio viene commercializzato un fungicida microbiologico a base di *Ampelomyces quisqualis* (formulato commerciale AQ10). È un fungo ubiquitario, comunemente presente sia nelle colture agrarie che in ambienti naturali, parassita obbligato dell'oidio. Questo antagonista è attivo già a 12°C ma soffre con temperature elevate (sopra i 30°C è totalmente inefficace). Il suo ciclo biologico è strettamente legato all'acqua.

Raramente l'uso esclusivo del micoparassita risulta sufficiente a contenere efficacemente l'oidio. Il processo di distruzione delle colonie di oidio richiede diversi giorni e se la sporulazione dell'oidio è molto intensa raramente potrà essere arrestata completamente. Inoltre, *A. quisqualis* richiede un'umidità relativa molto elevata al contrario dell'oidio che può proliferare anche con livelli di umidità molto bassi. Di conseguenza, in queste ultime condizioni l'antagonista è svantaggiato rispetto al patogeno.

Il formulato viene distribuito con le normali irroratrici (con filtri non inferiori a 100 mesh) previa reidratazione in poca acqua. Si consiglia di miscelare il prodotto con olio vegetale alla dose di 0,1-0,2% in volume, allo scopo di mantenere una sufficiente umidità attorno ai conidi del parassita e garantire una migliore bagnabilità della sospensione.

Il successo della lotta con *A. quisqualis* è strettamente condizionato da numerosi fattori. Dal momento che i conidi dell'antagonista si attivano solo se posti a contatto o in prossimità del patogeno, è fondamentale una copertura ottimale della coltura. Si consiglia di trattare alla sera in modo da assicurare un periodo con elevata umidità il più lungo possibile. Sono necessarie applicazioni ripetute: il periodo di copertura assicurato da un trattamento può variare tra 7 e 10 giorni. Anche se come micoparassita necessita della presenza del suo ospite, cioè l'oidio, si consiglia di intervenire a livello preventivo, prima che siano visibili i sintomi della malattia. D'altronde l'oidio è sempre presente sulla coltura in diversi stadi del suo ciclo vitale. Anche in presenza di sintomi, i trattamenti con l'antagonista risultano efficaci se si interviene a bassi livelli d'infezione (<3% di superficie fogliare attaccata).

A. quisqualis può essere utilizzato anche contro i cleistoteci di *E. necator* sia per ridurre l'inoculo potenziale per l'anno successivo sia per incrementare la presenza dell'antagonista in vigneto. Poiché i cleistoteci vengono parassitizzati soprattutto quando non sono ancora completamente maturi, bisogna applicare il prodotto prima o dopo la vendemmia con 2 interventi a breve distanza.

Le strategie

La scarsa dipendenza dell'oidio dalle condizioni climatiche non consente di modulare un piano di difesa di tipo guidato come per la peronospora. Tuttavia le caratteristiche pedoclimatiche dell'area viticola, nonché il tipo di inoculo svernante, condizionano fortemente l'aggressività del patogeno e quindi caratterizzano il rischio infettivo di base di un determinato vigneto. Ciò determina una diversa programmazione dell'inizio dei trattamenti, che nelle zone a rischio devono mirare a prevenire l'insediamento del fungo in vigneto.

Le situazioni di rischio più gravi si riscontrano nei vigneti con duplice modalità di svernamento: micelio nelle gemme e cleistoteci nella corteccia. In questi casi i trattamenti devono iniziare subito dopo il germogliamento, allo stadio di 1-2 foglie distese, e continuare a calendario come indicato di seguito. L'inizio precoce dei trattamenti, meglio se accompagnato dalla rimozione dei germogli infetti, serve non solo a scongiurare attacchi rilevanti alla produzione, ma soprattutto ad evitare che si infettino nuove gemme. Dopo alcuni anni di questa pratica sarà possibile ridurre l'incidenza iniziale dei tralci infetti, fino ad eliminare completamente questa forma di svernamento.

In assenza di tralci infetti lo svernamento avviene solo sotto forma di cleistoteci. Le infezioni ascosporiche si concentrano tra la fase di germogli lunghi 10 cm e la fioritura per cui i trattamenti protettivi devono iniziare in questo periodo, tanto prima quanto maggiore è il rischio epidemico definibile in base all'ambiente.

I vigneti in collina e/o in pendio sono più soggetti agli attacchi perché il movimento delle masse d'aria riduce notevolmente il numero delle ore di bagnatura anche in presenza di precipitazioni non intense. Il rischio aumenta se il clima è favorevole: una lieve piovosità primaverile favorisce le infezioni primarie e l'umidità relativa medio alta in assenza di bagnature favorisce le infezioni secondarie. In questi casi è necessario iniziare i trattamenti sfruttando gli interventi programmati per la peronospora nella fase di germogli lunghi 10 cm. Se però non piove a sufficienza per intervenire contro la peronospora, il trattamento antioidico deve comunque essere garantito. In condizioni di scarso rischio (vigneti in pianura con bagnature persistenti della vegetazione, annate molto piovose) è

possibile far partire i trattamenti ad inizio della fioritura. Nel dubbio, è meglio iniziare i trattamenti prima della fioritura.

La prosecuzione dei trattamenti va fatta a calendario in base alla persistenza della s.a. utilizzata, all'accrescimento vegetativo e all'andamento epidemico (fattori climatici, presenza/assenza di sintomi) fino al termine del periodo di suscettibilità delle bacche (chiusura del grappolo). Oltre questa fase le bacche diventano refrattarie a nuove infezioni per cui, di solito, i trattamenti terminano all'invaiatura. Ulteriori interventi oltre questo periodo servono solo sulle uve da tavola per proteggere i rachidi. Come evidenziato per la peronospora, è meglio fare qualche trattamento in più all'inizio della stagione per limitare i primi focolai d'inoculo piuttosto che proseguire dopo l'invaiatura per cercare di correre ai ripari con risultati quasi sempre insoddisfacenti.

In tabella 7 sono riassunte le indicazioni sulla difesa contro l'oidio. Ad inizio stagione attenzione al binomio zolfo – temperatura. Temperature inferiori a 20°C limitano la sua efficacia ed è possibile che nei primi trattamenti ci sia questa condizione. In tal caso lo zolfo potrebbe essere sostituito o dal meptildinocap o dall'*A. quisqualis* che non ha problemi con le basse temperature. Questo è il periodo migliore per utilizzare il microrganismo antagonista in un contesto integrato, perché è più facile trovare temperature fresche ed elevata umidità necessarie per il suo sviluppo. In situazioni molto compromesse (presenza diffusa di germogli bandiera) si può ricorrere anche ai nuovi prodotti mesostemici, ma attenzione alla resistenza che può essere favorita dall'utilizzo su una popolazione fungina già sviluppata.

Quando si parla di difesa contro l'oidio, un argomento di discussione è rappresentato dai trattamenti

Tabella 7. Quadro riassuntivo della difesa antioidica.

<table>
<tr><td colspan="2">Fase fenologica</td><td>Da 1-2 foglie distese a germogli o 10 cm</td><td>Da germoglio 10 cm a prefioritura</td><td>Da prefioritura ad allegagione</td><td>Da allegagione a chiusura grappolo</td><td>Da chiusura grappolo ad invaiatura</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Vegetazione ridotta, basse temperature, scarso assorbimento</td><td>Tessuti giovani, attiva circolazione linfatica</td><td>Grappoli in accrescimento, tessuti fogliari senescenti, scarso assorbimento</td><td>Grappolo refrattario alle infezioni</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sostanze attive</td><td colspan="2">S.a. di copertura tradizionali, Ampelomyces quisqualis</td><td>S.a. con spiccate capacità di penetrazione e/o traslocazione (sistemici o locosistemici)</td><td>S.a. con elevata affinità per le cere cuticolari (mesostemici o misti)</td><td>Zolfo</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Trattamenti</td><td>Rischio alto[a] svernamento gemme</td><td>Iniziare in questa fase</td><td colspan="4">A calendario: modulare i trattamenti in base alla persistenza della s.a., all'accrescimento vegetativo, all'andamento epidemico</td></tr>
<tr><td>Rischio alto[a] svernamento corteccia</td><td></td><td>Iniziare in questa fase</td><td colspan="3">A calendario: modulare i trattamenti in base alla persistenza della s.a., all'accrescimento vegetativo, all'andamento epidemico</td></tr>
<tr><td>Rischio basso[b] svernamento corteccia</td><td></td><td></td><td>Iniziare con i primi fiori aperti</td><td colspan="2">A calendario: modulare i trattamenti in base alla persistenza della s.a., all'accrescimento vegetativo, all'andamento epidemico</td></tr>
</table>

a Sono considerati ad alto rischio epidemico i vigneti in zone collinari ventilate, con varietà suscettibili, in annate con alternanza piogge/asciutto.
b Sono considerati a basso rischio epidemico i vigneti in zone pianeggianti con rugiade persistenti, con varietà tolleranti, in annate molto piovose.

estintivi per ridurre l'inoculo primario. La più recente sperimentazione condotta in Italia ha messo a confronto trattamenti eseguiti dopo la vendemmia, contro i cleistoteci in fase di sviluppo, durante il riposo vegetativo, contro i cleistoteci svernanti sulla corteccia, e dopo il germogliamento, contro le ascospore rilasciate dai cleistoteci. I risultati migliori sono stati ottenuti proprio con questi ultimi trattamenti (da 5 a 7 in diversi vigneti nel periodo che va dal germogliamento all'allegagione), anche se alcuni prodotti (meptildinocap, boscalid + kresoxim metile e *A. quisqualis*) applicati dopo la vendemmia sono stati in grado di contenere da soli lo sviluppo della malattia rispetto al testimone non trattato. La rinuncia ai trattamenti primaverili però è molto rischiosa. Infatti, come per tutte le malattie policicliche, in condizioni ambientali favorevoli sono sufficienti poche infezioni primarie per dare origine ad andamenti epidemici molto gravi. D'altra parte se i trattamenti primaverili sono eseguiti correttamente, i trattamenti autunnali o invernali non migliorano l'efficacia della difesa, a meno che quest'ultima preveda solo l'impiego dello zolfo. In questo caso, l'aggiunta di due trattamenti in pre e post vendemmia con *A. quisqualis* migliora in modo significativo il risultato finale.

LA MUFFA GRIGIA

La muffa grigia, causata da *Botrytis cinerea*, è la principale causa di marciume del grappolo (Fig. 17). L'importanza della muffa grigia della vite è andata aumentando sempre più nell'ultimo trentennio, soprattutto a causa dell'adozione di tecniche colturali tendenti ad incrementare la produttività dei vigneti. Infatti, *B. cinerea* è un fungo saprofita che può diventare aggressivo solo in condizioni molto particolari, come verrà spiegato più avanti. È estremamente polifago potendo attaccare oltre 200 specie vegetali.

Figura 17. Marciume del grappolo causato da *Botrytis cinerea.*

Le infezioni di *B. cinerea* determinano perdite quantitative di produzione ma influiscono in modo piuttosto marcato anche sulla qualità dei vini. Nel corso della colonizzazione della bacca, infatti, il patogeno utilizza prevalentemente gli zuccheri, facendo sì che negli acini infetti aumenti percentualmente il contenuto di acidi. Inoltre, *B. cinerea* produce l'enzima laccasi che ossida i fenoli determinando il fenomeno della "casse ossidasica", cioè imbrunimento ed intorbidamento del vino. Infine, elevate percentuali di uve infette impartiscono al prodotto finale sapori sgradevoli e odore di muffa, provocando quindi la perdita delle caratteristiche organolettiche tipiche della bevanda.

LE CARATTERISTICHE DELLA MALATTIA

Il ciclo biologico

Il ciclo di *B. cinerea* è rappresentato in figura 18. A causa della sua natura di saprofita e della scarsa di-

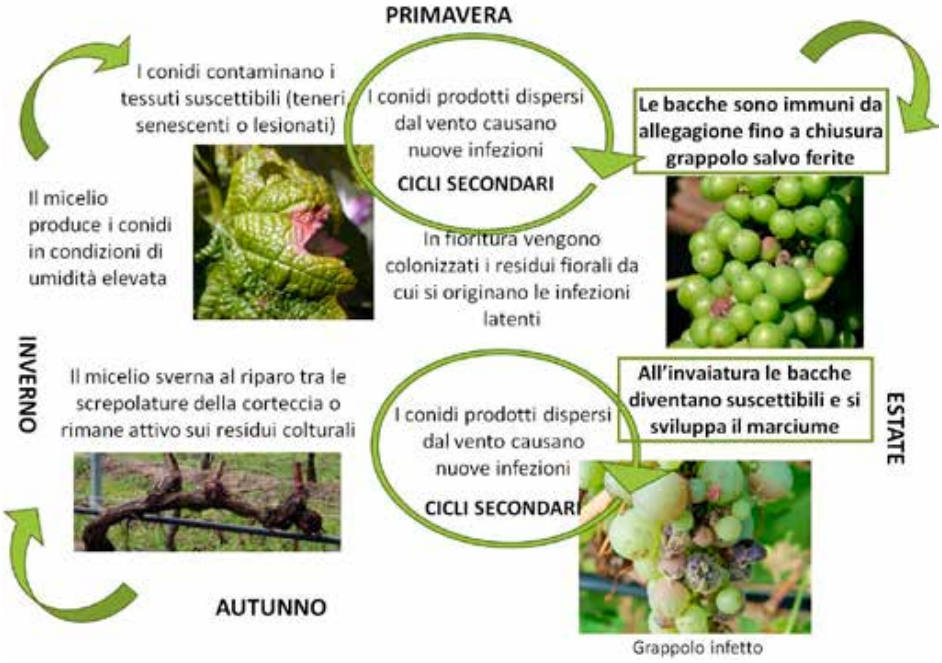


Figura 18. Ciclo biologico di *Botrytis cinerea.*

pendenza dalla temperatura, *B. cinerea* può trascorrere l'inverno in forma attiva sui residui colturali. Il fungo può anche svernare producendo organi di resistenza, gli sclerozi, o riparandosi nelle anfrattuosità della corteccia sotto forma di micelio. In ogni caso, in primavera il fungo sporula producendo gli organi di diffusione, i conidi, che dispersi dal vento e dalla pioggia possono causare le infezioni primarie se si verificano le condizioni necessarie per il processo infettivo: umidità relativa molto elevata e tessuti suscettibili. In questa prima fase possono essere attaccati tessuti molto teneri e succulenti come germogli e foglie molto giovani o grappolini, meglio se lesionati, e qualsiasi tipo di tessuto senescente. Di solito tali attacchi non danno luogo a danni consistenti. La sporulazione sugli organi attaccati può originare infezioni secondarie fino alla fioritura, durante la quale vengono colonizzati profusamente i residui fiorali. Il fungo si stabilisce all'apice dello stilo o nel punto di inserzione degli organi fiorali sul pedicello e rimane latente. Infatti, dall'allegagione fino all'invaiatura le infezioni si bloccano poiché i tessuti giovani scarseggiano e le bacche sono immuni, salvo ferite. Dall'invaiatura in poi la bacca diventa suscettibile e costituisce il principale organo attaccato da *B. cinerea*, che ne determina il marciume. Si assiste quindi ad una secondo periodo di infezioni secondarie che si protraggono per tutta la fase di maturazione fino alla vendemmia.

Lo sviluppo dell'epidemia

Pur essendo anch'esso un patogeno policiclico, *B. cinerea* si comporta in modo molto diverso dagli agenti di peronospora ed oidio. Esso, infatti, può crescere saprofiticamente su qualsiasi tipo di sostanza organica e sporulare abbondantemente se le condizioni di umidità lo consentono, anche in assenza dell'ospite. Per questo motivo *B. cinerea* è sempre presente nell'atmosfera del vigneto, come dimostrato dall'osservazione dei conidi nell'atmosfera anche quando l'ospite è privo di vegetazione. I concetti di infezioni primarie e secondarie assumono quindi un significato relativamente importante. Da un punto di vista quantitativo però, l'incremento del potenziale di inoculo è legato al successo delle infezioni sull'ospite, che a sua volta è condizionato dai parametri climatici e dalla suscettibilità varietale.

I parametri climatici

Per quanto riguarda la temperatura, essa non costituisce un fattore limitante in quanto il fungo può svolgere la sua attività parassitaria entro limiti molto ampi. Tuttavia, in assenza di ferite, la penetrazione diretta della cuticola avviene con temperature medie non inferiori ai 15°C.

Ciò che condiziona il successo delle infezioni è la durata della bagnatura degli organi infettabili, durata che è dipendente dalla fase fenologica dell'ospite. In particolare, inoculazioni sperimentali effettuate sulla bacca in diversi stadi fenologici, dall'allegagione alla vendemmia, hanno evidenziato che fino alla chiusura del grappolo compresa non si ha infezione su acini integri anche con 48 ore di bagnatura dopo l'inoculazione. Su organi lesionati e sottoposti ad almeno 8 ore di umettazione si notano invece necrosi puntiformi dalle quali, previa incubazione in camera umida, si sviluppa *B. cinerea*. All'invaiatura il patogeno è in grado di infettare acini apparentemente integri a seguito di almeno 16 ore di umettazione; il numero di acini infetti aumenta all'aumentare delle ore di bagnatura cui sono sottoposti. La durata minima dell'umettazione necessaria per avere infezione su acini lesionati si riduce a 4 ore. Alla maturazione, 16 ore di bagnatura si riconfermano necessarie per avere infezione su organi apparentemente sani, mentre su organi lesionati si sviluppa marciume anche senza umettazione.

La suscettibilità dell'ospite

Come specificato nel ciclo biologico, *B. cinerea* è in grado di attaccare solo tessuti molto teneri e succulenti, oppure vecchi non più attivi. La presenza di ferite però, rende attaccabile qualsiasi tipo di tessuto.

Per quanto riguarda il principale organo attaccato, la bacca, esiste un periodo, dall'allegagione all'invaiatura, in cui non si può avere infezione su tessuti integri. Tale periodo è noto come periodo di latenza ed ha cause molteplici e complesse legate ai meccanismi di resistenza che la vite mette in atto per contrastare l'infezione. Tra questi citiamo lo spessore, la struttura e l'integrità della buccia, l'elevata acidità dell'acino e dei suoi essudati nutritivi, che in questa fase sono piuttosto limitati, l'elevata concentrazione di sostanze tossiche ed inibitrici accumulate nell'epidermide o associate alle cere cuticolari. È ovvio che la presenza di lesioni, anche microscopiche, consente al patogeno di sottrarsi a questi meccanismi.

L'azione dei fattori di resistenza è massima nell'acino immaturo e inizia a decrescere dopo l'invaiatura. A partire da questa fase la degenerazione degli stomi crea microfratture attraverso cui si incunea il micelio del fungo; l'assottigliamento della cuticola provoca un

aumento degli essudati nutritivi disponibili per il patogeno, essudati che diventano sempre più ricchi di zuccheri e quindi favoriscono il meccanismo d'infezione; infine cala la concentrazione delle sostanze tossiche e inibitrici presenti nella buccia.

Nella suscettibilità agli attacchi di muffa grigia esiste una grande differenza varietale. Le varietà suscettibili sono spesso identificabili in base alla morfologia del grappolo. Il grappolo compatto favorisce sia il passaggio del fungo da un acino all'altro sia la formazione di microfratture per effetto della pressione esercitata dalle bacche in accrescimento. Nei casi più eclatanti, l'acino si stacca dal pedicello e rimane intrappolato costituendo un pericoloso focolaio d'infezione. Inoltre, nelle zone di contatto tra gli acini manca lo strato ceroso (che contiene molte sostanze inibitrici di *B. cinerea*) e si riduce lo spessore della cuticola. Infine, i grappoli compatti trattengono più a lungo l'umidità creando le condizioni favorevoli all'infezione. La suscettibilità aumenta in modo considerevole in quelle varietà che trattengono i residui fiorali all'interno del grappolo (Fig. 19): essendo costituiti da tessuti in disfacimento, come già detto, sono facilmente colonizzabili dal fungo. Alla suscettibilità del grappolo si affianca la suscettibilità della singola bacca. Quest'ultima è legata al ridotto spessore della buccia che facilita le microlesioni e l'emissione di essudati nutritivi. Tuttavia, in condizioni di campo bacche a buccia sottile in grappoli spargoli si infettano più difficilmente di bacche con buccia grossa in grappoli compatti.

Nella definizione di varietà suscettibile il ruolo più importante è svolto però dalla concentrazione di sostanze tossiche e inibitrici, che subisce un vero e proprio crollo dopo l'invaiatura. Una di tali sostanze, il resveratrolo, cala durante la maturazione fino a valori non rilevabili nelle bacche di varietà suscettibili, mentre nella foglia la produzione, pur calando, risulta 10 volte maggiore. Infine è molto importante il rapporto acidi/zuccheri: varietà che tendono ad accumulare molti zuccheri sono più suscettibili.

Figura 19. Grappolo di Chardonnay con bacche infette da *Botrytis cinerea* prima dell'invaiatura, probabilmente a causa di lesioni. Si notino i numerosi residui fiorali ancora presenti tra gli acini.

B. cinerea è quindi un patogeno policiclico anomalo e le sue epidemie non rappresentano la norma in tutti gli areali viticoli italiani. Il ruolo maggiore nell'evoluzione dell'epidemia è senza dubbio esercitato dalla suscettibilità dell'ospite ed in seconda battuta dalle pratiche colturali. Queste ultime sono fondamentali per creare un ambiente sfavorevole al patogeno e ridurre le lesioni degli organi infettabili.

LA DIFESA

Mentre per la difesa dalla peronospora e dall'oidio l'impiego dei mezzi chimici è fondamentale, nel caso della muffa grigia possiamo dire che la scelta varietale e l'adozione di particolari tecniche agronomiche può determinare o meno la necessità di una difesa chimica, almeno nelle uve da vino. La scelta varietale è spesso una scelta obbligata ed è dettata da motivazioni economiche di mercato. Ma anche in questo caso bisogna orientarsi verso cloni meno suscettibili e fare ricorso a combinazioni con portainnesti che risultino poco vigorose per limitare il rigoglio vegetativo. La scelta di una varietà suscettibile implica la consapevolezza dei rischi cui va incontro la produzione e diventa obbligatorio quindi evitare le condizioni ambientali predisponenti alla malattia.

La gestione agronomica del vigneto

Un'adeguata gestione agronomica del vigneto può consentire di proteggere la produzione senza interventi chimici. In particolare bisogna attuare tutte quelle operazioni ed accorgimenti che limitano l'instaurarsi di un elevato grado di umidità all'interno della vegetazione, non ultimo scegliere per l'impianto zone ventilate e non soggette a rugiade persistenti o a ristagni di umidità nel terreno.

Per limitare il numero di ore di bagnatura all'interno della vegetazione è necessario utilizzare forme di allevamento e sesti di impianto che consentano un buon arieggiamento ed evitino reciproci ombreggiamenti (è stato dimostrato che la cuticola è più spessa nei grappoli esposti al sole). Quindi bisogna eseguire potature invernali ed estive atte a favorire l'illuminazione e l'arieggiamento dell'uva. Una potatura in-

vernale lunga dà origine a grappoli meno compatti e favorisce la ventilazione riducendo la vigoria della pianta. È molto importante eseguire la potatura verde eliminando le foglie basali e cimando le femminelle nella zona dei grappoli. La sfogliatura, sia manuale che meccanica, risulta importante soprattutto nei vigneti caratterizzati da elevata copertura fogliare dei grappoli. Ciò, insieme alla legatura dei tralci, ha anche le scopo di esporre i grappoli al trattamento chimico.

La riduzione dell'apporto di azoto rappresenta uno dei fattori agronomici più incisivi nel contenere gli attacchi di muffa grigia. Gli effetti benefici non si realizzano solamente con una maggiore circolazione dell'aria all'interno di una chioma meno fitta, ma si traducono anche nella robustezza dei tessuti che diventano più refrattari all'azione degli enzimi maceranti prodotti dal fungo. Viceversa, un eccesso di azoto rende i grappoli più voluminosi e compatti con una cuticola sottile e facilmente fessurabile. Inoltre, è stata trovata una correlazione positiva tra eccesso di azoto e riduzione della sintesi del resveratrolo.

Tra gli altri interventi agronomici che possono incidere sull'entità degli attacchi, ricordiamo un'adeguata protezione da attacchi parassitari che causano lesioni della buccia, in particolare tignole, cocciniglie ed oidio. Attacchi, anche contenuti, di questi parassiti possono portare su certe varietà ed in certe condizioni climatiche a danni rilevanti per attacchi successivi di muffa grigia.

Infine è necessario rispettare l'epoca ottimale di vendemmia. Oltre tale periodo la concentrazione di zuccheri diventa molto alta e in condizioni climatiche favorevoli si possono scatenare attacchi molto intensi. Perciò, la vendemmia potrà essere ritardata solo in condizioni di tempo asciutto e uva sana, mentre con tempo umido e attacchi in corso deve essere effettuata prima possibile.

Gli antibotritici

Con una buona gestione agronomica del vigneto l'uso del mezzo chimico potrà essere limitato alle condizioni ambientali e varietali più a rischio.

Tra i prodotti tradizionali solo il folpet ha una buona efficacia diretta, ma i suoi residui sull'uva possono avere un effetto negativo sulla fermentazione. Per questo motivo non si usa nei trattamenti durante la fase di maturazione. Tuttavia, utilizzato come antiperonosporico nella fase di fioritura, anche in miscela con altre s.a., consente di ridurre la colonizzazione dei residui fiorali senescenti e quindi di limitare il numero di infezioni latenti. Il rame utilizzato dopo l'allegagione ha un effetto indiretto: agisce contenendo la vegetazione e provocando l'ispessimento della buccia.

Tutti gli antibotritici specifici hanno un meccanismo d'azione unisito e sono a rischio di resistenza. Tra i prodotti di copertura troviamo l'iprodione, l'unica dicarbossimide ancora autorizzata su vite. Le anilino pirimidine sono state la prima novità nella difesa antibotritica dopo le dicarbossimidi. Si tratta di sostanze penetranti (si ricorda però che la mobilità nel grappolo è sempre ridotta) utilizzate prevalentemente contro gli agenti di marciumi dei frutti tra cui la muffa grigia. Boscalid e fluopiram hanno azione anche nei confronti dell'oidio, fenexamid ha un intervallo di sicurezza di soli 7 gg. Di recente è stato autorizzato contro la muffa grigia della vite fluazinam, una vecchia s.a. che si inserisce bene in una strategia antiresistenza poiché a basso rischio.

Esistono due formulati a base di batteri del genere *Bacillus* con caratteristiche molto simili. Il primo, SERENADE MAX, è a base di *Bacillus subtilis* ceppo QST 713; il secondo, AMYLO-X, è a base di *Bacillus amyloliquefaciens* ceppo D747. Entrambi sono attivi su vite contro muffa grigia e marciume acido e agiscono competendo efficacemente per le sostanze nutritive e per lo spazio, anche grazie alla produzione di lipopeptidi che inibiscono la crescita del tubetto germinativo dei funghi e la moltiplicazione dei batteri.

Hanno un tempo di carenza di 3 giorni, un'azione strettamente preventiva e non influiscono sui processi di fermentazione e vinificazione. Rispetto agli altri biofungicidi possono essere stoccati a temperatura ambiente per 3 anni poiché i batteri del genere *Bacillus* producono spore di resistenza.

I prodotti possono essere utilizzati durante tutti i periodi di suscettibilità, ma fondamentalmente in fioritura per contenere la moltiplicazione del patogeno sui residui fiorali senescenti e limitare così le infezioni latenti. D'altronde, tali residui sono facilmente colonizzabili perché costituiscono un nutrimento abbondante e facilmente disponibile; gli acini un po' meno, soprattutto se immaturi, a causa della scarsità di essudati nutritivi. È sconsigliabile trattare nelle ore più calde della giornata per evitare l'azione inibente dei raggi UV e la scarsa umidità relativa.

Contro *B. cinerea* e marciume acido si trova in commercio un altro prodotto, BOTECTOR, a base di

Aureobasidium pullulans, ceppi DSM 14940 e DSM 14941. Si tratta di lieviti che competono efficacemente per le sostanze nutritive se distribuiti preventivamente. Infatti sono in grado di crescere rapidamente sulle micro ferite degli acini formando una barriera protettiva prima di quanto non riescano a fare i patogeni. Questa crescita rapida è poco dipendente dalla temperatura e non risente della bassa umidità e delle radiazioni UV. Si consiglia di trattare durante la fase di maturazione con lo scopo di proteggere le eventuali microferite sugli acini.

Le strategie

Le strategie di difesa contro la muffa grigia sono sostanzialmente invariate dagli anni '80 e sono due: il metodo fenologico ed il metodo climatico.

Il metodo fenologico prevede l'applicazione dei fungicidi in prossimità di fasi fenologiche critiche. Il sistema completo prevede 4 trattamenti:

A) fine fioritura, per contrastare l'incremento del potenziale d'inoculo sugli organi fiorali senescenti e le infezioni latenti;

B) pre – chiusura del grappolo, per proteggerne l'interno, dove possono esserci residui fiorali infetti o infezioni latenti, prima che diventi inaccessibile;

C) invaiatura, quando il grappolo torna ad essere suscettibile;

D) un certo numero di giorni prima della vendemmia, a seconda dell'intervallo di sicurezza dell'antibotritico utilizzato.

Il metodo climatico prevede l'esecuzione dei trattamenti non appena si verifica la regola dei due 15:

1) almeno 15°C di temperatura media;

2) almeno 15 ore di bagnatura della vegetazione.

Entrambi i metodi hanno dei limiti. Il primo non tiene in considerazione il manifestarsi delle condizioni climatiche necessarie per le infezioni, il secondo non considera che la suscettibilità dell'ospite è legata alla fenologia: dall'allegagione all'invaiatura, anche in condizioni di bagnatura e temperatura favorevoli, la bacca è resistente alle infezioni, salvo ferite. Successivamente, in presenza di ferite il tempo di bagnatura

Tabella 8. Quadro riassuntivo della difesa antibotritica. In ogni fase fenologica deve essere eseguito un solo trattamento.

<table>
<tr><td colspan="2">Fase fenologica</td><td>A. Fine fioritura</td><td>B. Pre-chiusura grappolo</td><td>C. Invaiatura</td><td>D. Pre-vendemmia</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Il fungo si insedia sui residui fiorali senescenti</td><td>Il grappolo è refrattario, presenza di infezioni latenti</td><td colspan="2">Il grappolo torna suscettibile e la suscettibilità aumenta fino alla vendemmia</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sostanze attive chimiche</td><td colspan="4">Qualsiasi</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sostanze attive microbiologiche</td><td>Prodotti a base di Bacillus</td><td></td><td colspan="2">Prodotti a base di Aureobasidium pullulans</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Trattamenti</td><td>Rischio alto[a]</td><td>Solo se piove su cv che trattengono i residui fiorali entro il grappolo</td><td>Fondamentale, soprattutto su cv a grappolo serrato</td><td>In base alla regola dei due quindici</td><td>In base al periodo di carenza della s.a.[b]</td></tr>
<tr><td>Rischio basso[c]</td><td></td><td></td><td colspan="2">Facoltativo in presenza di malattia su cv a suscettibilità media al verificarsi della regola dei due quindici</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pratiche colturali</td><td colspan="3">Cimatura, sfogliatura, legatura tralci</td><td>Vendemmia tempestiva</td></tr>
</table>

[a] Sono considerati ad alto rischio epidemico i vigneti in zone umide, con cv suscettibili, in annate piovose.
[b] In annate poco piovose e su cv precoci il trattamento in fase C può essere posticipato fino a farlo coincidere con quello in fase D.
[c] Sono considerati a basso rischio epidemico i vigneti in zone ventilate, con varietà tolleranti, in annate asciutte.

sufficiente per l'infezione si riduce notevolmente fino ad annullarsi alla vendemmia. In definitiva, la soluzione migliore è l'utilizzo di un metodo integrato fenologico – climatico (Tab. 8).

Nella maggior parte dei casi, anche nelle zone a rischio (con ristagni di umidità e/o cv suscettibili soprattutto in annate piovose), la strategia completa dei 4 trattamenti non viene mai applicata. Il trattamento a fine fioritura può essere giustificato solo in periodi piovosi sulle cultivar che trattengono i residui fiorali entro il grappolo (es. Chardonnay). Il trattamento che precede la chiusura del grappolo, invece, risulta fondamentale su tutte le cultivar ma soprattutto su quelle a grappolo compatto per proteggere una zona che poi non sarà più accessibile né per i prodotti di copertura né per quelli penetranti, che hanno una ridotta mobilità sul grappolo. Questi ultimi possono contribuire al contenimento delle infezioni già installate nella bacca, anche se latenti, solo se distribuiti al momento giusto.

Il trattamento all'invaiatura può essere spostato in avanti finché non si verificano le condizioni climatiche favorevoli alle infezioni. Così, in annate asciutte e soprattutto su cultivar precoci, in assenza di lesioni o attacchi in atto, il trattamento all'invaiatura può essere rimandato fino a farlo coincidere col trattamento in pre-vendemmia. Quindi, anche nelle zone a rischio è possibile difendere adeguatamente il vigneto con due soli trattamenti. Naturalmente devono essere fatte salve tutte le pratiche agronomiche che consentono la circolazione dell'aria e irrobustiscono i tessuti. È necessario sottolineare che, in condizioni di rischio, i trattamenti dopo l'invaiatura hanno uno scarso peso nel contenimento dell'epidemia in assenza del trattamento in pre – chiusura.

Nelle zone a basso rischio (ventilate ed esposte al sole, cv poco suscettibili soprattutto in annate poco piovose), se non si effettuano pratiche agronomiche tali da favorire l'eccessivo rigoglio vegetativo, i trattamenti chimici possono essere omessi oppure ridotti ad uno, da effettuarsi durante la maturazione solo se le condizioni climatiche sono critiche e se c'è presenza della malattia in vigneto.

L'assenza di s.a. multisito (tradizionali) utilizzabili contro *B. cinerea* pone problemi nella gestione delle strategie antiresistenza, anche perché questo patogeno seleziona con estrema facilità popolazioni resistenti. Se la linea di difesa prevede 2-3 trattamenti a stagione si consiglia di cambiare il meccanismo d'azione della s.a. ad ogni intervento. Se invece si effettua un solo trattamento all'anno, si alternano s.a. con diverso meccanismo d'azione da un anno all'altro.

L'ESCORIOSI

L'escoriosi, causata da *Phomopsis viticola*, è una malattia fungina diffusa ovunque ma solitamente considerata una malattia secondaria rispetto a quelle già descritte. L'incidenza degli attacchi è molto variabile, anche nelle stesse zone, in base all'andamento climatico dell'annata: diventa pericolosa nelle zone e nelle annate con piogge frequenti nel periodo del germogliamento.

Contrariamente alle malattie fungine quali oidio, peronospora e marciumi del grappolo, non preoccupa tanto per gli effetti negativi sulla produzione dell'anno, ma soprattutto per la perdita di vitalità della pianta caratterizzata da un marcato disordine vegetativo. Infatti infezioni ripetute causano un ridotto sviluppo dei tralci, la morte delle gemme basali e il conseguente sviluppo di gemme latenti o avventizie che, nell'arco di alcuni anni, può determinare un aspetto cespuglioso della vegetazione ed una ridotta vigoria (Fig. 20). Solo in alcuni areali extraeuropei vengono segnalati forti attacchi alla produzione a causa del marciume degli acini.

LE CARATTERISTICHE DELLA MALATTIA

Il ciclo biologico

Il ciclo è illustrato in figura 21. Il fungo sverna come micelio nei tessuti dei tralci infetti o in forma

Figura 20. Vite stentata e cespugliosa in seguito a ripetuti attacchi di escoriosi.

Figura 21. Ciclo biologico di *Phomopsis viticola.*

di picnidi, i suoi corpi fruttiferi. In primavera i picnidi presenti sui tralci erompono attraverso l'epidermide e producono cirri mucosi in condizioni di elevata umidità. I cirri sono delle piccole masse gelatinose di colore giallo crema, lunghe e filamentose oppure a forma di goccia, che contengono i conidi, gli organi di propagazione del patogeno, i quali vengono trasportati dagli schizzi d'acqua sulla vegetazione recettiva. Le prime infezioni sono molto precoci e avvengono subito dopo l'apertura delle gemme; il fungo penetra attraverso ogni sorta di ferita, tra cui le punture di insetto e le cicatrici dei peli fogliari rotti, ma anche attraverso gli stomi delle foglie e del germoglio. Dopo un adeguato periodo di incubazione, sugli internodi dei germogli in accrescimento compaiono lesioni scure allungate (Fig. 22), mentre le infezioni fogliari danno luogo a macchie puntiformi (Fig. 23) che però non causano danni e hanno solo valore diagnostico. Le infezioni proseguono finché ci sono tessuti giovani e le condizioni climatiche lo consentono (umidità relativa molto elevata e temperatura moderata). Normalmente durante l'estate il fungo non è attivo se non in condizioni particolari (vigneti irrigui a tendone).

In ogni caso si tratta sempre di infezioni primarie che derivano dai picnidi che hanno svernato: *Ph. viticola* non dà luogo ad infezioni secondarie poiché il fungo si riproduce solo durante il successivo periodo di riposo vegetativo, quando sulle lesioni dei tralci si differenziano i picnidi che consentono lo svernamento del patogeno. I picnidi sono presenti soprattutto sulla corteccia del legno di un anno, raramente si formano sul legno più vecchio, sia sulla pianta (capi a frutto) che sui residui di potatura a terra.

Ph. viticola ha anche una fase di sviluppo sistemico, non visibile all'esterno. Una volta penetrato nei tralci il patogeno invade i tessuti legnosi perimidollari e midollari e ciò permette una rapida ed estesa diffusione del fungo negli internodi contigui, specie in quelli più distali, che però rimangono asintomatici.

Lo sviluppo dell'epidemia

Ph. viticola è un patogeno monociclico, cioè svolge un solo ciclo nel corso della stagione vegetativa dell'ospite. Di conseguenza l'andamento epidemico di questi funghi è meno esplosivo rispetto ai patogeni

Figura 22. Lesioni scure che interessano la corteccia dei germogli in seguito ad attacco di escoriosi.

policiclici e l'intensità della malattia aumenta di anno in anno per l'accumularsi progressivo degli organi di propagazione, i picnidi. Per i patogeni monociclici l'entità dei danni dipende esclusivamente dal numero di infezioni primarie che a sua volta è legato al numero di corpi fruttiferi presenti in vigneto nonché all'andamento climatico e alla presenza di tessuti suscettibili.

Le infezioni primarie

Il numero di picnidi in grado di causare infezione è legato sia all'entità dell'attacco in primavera, sia al numero di anni nei quali il fungo ha avuto modo di moltiplicarsi. Le condizioni peggiori si trovano in quei vigneti nei quali le condizioni ambientali e varietali sono favorevoli all'attacco della malattia ma la difesa non viene eseguita correttamente, o non viene eseguita affatto, consentendo anno dopo anno l'accumulo in vigneto di numerosi corpi fruttiferi, sia sulla pianta che a terra sui residui colturali.

I conidi vengono rilasciati dai picnidi nel periodo che va dalla rottura delle gemme all'allegagione. Man mano che la vegetazione cresce però, cala la probabilità che l'inoculo possa originare nuove infezioni per il mutare delle condizioni climatiche e la crescita della vegetazione, come descritto nei successivi paragrafi.

I parametri climatici

Il fungo predilige temperature fresche ma è fortemente condizionato dall'acqua e dall'umidità. A temperatura ottimale (circa 21 °C) la sporulazione cresce col crescere delle ore di bagnatura raggiungendo il massimo con almeno 47 ore. La sporulazione si attesta ai livelli minimi sotto le 12 ore di bagnatura, oppure a temperature inferiori a 10 °C o superiori a 30°C.

Le condizioni necessarie per la sporulazione sono simili a quelle utili per la germinazione dei conidi e l'infezione. In condizioni ottimali di temperatura (circa 20 °C), umidità prossime alla saturazione consentono la germinazione dei conidi entro un ora. È sufficiente che l'umidità scenda al 90% perche questo processo richieda ben 22 ore. In generale, le condizioni climatiche favorevoli alla sporulazione consentono la successiva infezione, purché non ci siano bruschi e repentini cambiamenti di temperatura e umidità.

In base a quanto detto, le epidemie di *Ph. viticola* sono strettamente legate alla pioggia. Primavere particolarmente fresche e piovose sono molto favorevoli allo sviluppo della malattia: da un lato creano condizioni di bagnatura e umidità tali da provocare un abbondante rilascio di conidi e la loro germinazione, dall'altro rallentano la crescita vegetativa dell'ospite che rimane suscettibile più a lungo. Le piogge, inoltre, sono indispensabili per la dispersione dei conidi. È solo grazie agli schizzi d'acqua che i conidi emessi dai corpi fruttiferi sui tralci (sui capi a frutto o a terra) vengono trasportati sui giovani tessuti del germoglio in accrescimento. Infine, le piogge possono avere una certa importanza anche durante l'estate favorendo lo sviluppo sistemico del parassita all'interno dei tralci. Al contrario, le infezioni si arrestano se il tempo è caldo e asciutto.

La suscettibilità dell'ospite

Le infezioni ai germogli avvengono maggiormente tra l'apertura gemme e lo stadio 10-15 cm. Oltre questa fase, le infezioni sono ostacolate anche dall'aumento della distanza tra la sorgente di inoculo e l'apice del germoglio, dove sono situati i tessuti più suscettibili. Rachidi e bacche si infettano precocemente, da

Figura 23. Macchie clorotiche puntiformi col centro necrotico tipiche degli attacchi di *Phomopsis viticola.*

Figura 24. Rachide colpito da escoriosi.

quando vengono esposti fino a due settimane dopo la fioritura (Fig. 24). Tuttavia, in base a studi recenti, sembrerebbe che il grappolo possa essere infettato durante tutto il suo periodo di sviluppo. Nei nostri climi però, queste infezioni sono fortemente limitate dall'andamento climatico solitamente caldo e asciutto nel periodo estivo.

Esiste un'ampia variabilità di suscettibilità al patogeno fra le diverse cultivar. Tra le più suscettibili, oltre a diverse cv da tavola (Cardinal, Regina, Vittoria, Red globe, ecc.), citiamo Sangiovese e Vermentino. Secondo quanto osservato da Prota in Sardegna negli anni '60, non è stato possibile stabilire una scala di suscettibilità tra le altre cv locali. Su Cannonau, Carignano, Pascale, Malvasia, Vernaccia, ecc., la malattia si manifesta sporadicamente e la sua intensità è legata alla contemporanea presenza nello stesso vigneto di attacchi su Vermentino.

La forte influenza dell'umidità spiega perché la malattia si presenti con intensità variabili negli stessi siti in annate diverse e perché sia più frequente e dannosa in zone umide, valli, litorali marittimi o lacustri e nei vigneti irrigati abbondantemente con forme di allevamento a tendone o a pergola.

Mentre in campo la malattia di solito rimane localizzata intorno alla fonte d'inoculo, poiché il principale mezzo di diffusione sono gli schizzi dell'acqua piovana, l'impiego di materiale di propagazione infetto consente la diffusione a lunga distanza. Infatti, i tralci dell'anno possono risultare infetti anche senza mostrare le tipiche lesioni primarie sugli internodi. Di solito queste infezioni latenti avvengono attraverso le pieghe basali presenti nelle zone d'inserzione del germoglio sul legno vecchio o mediante l'infezione delle gemme avventizie nella parte basale dei germogli (raramente, per passaggio diretto dai tessuti infetti del legno vecchio).

LA DIFESA

La protezione della vite da *Ph. viticola* è alquanto difficoltosa e, se la malattia costituisce un problema, i soli trattamenti chimici non consentono di conseguire livelli di protezione molto elevati. Perciò la prevenzione è essenziale, a cominciare dalla scelta del materiale di propagazione il cui legno può essere già infetto anche se non sintomatico. L'uso di barbatelle certificate è sempre consigliabile: anche se la certificazione riguarda le virosi e le fitoplasmosi, questo materiale è prodotto in condizioni sanitarie migliori.

La potatura riveste un'importante azione preventiva. Nei vigneti dove la malattia è presente va eseguita con attenzione, rimuovendo per quanto possibile il legno infetto riconoscibile per la presenza di screpolature alla base del tralcio, associate o meno a sbiancature (Fig. 25). Inoltre, poiché il fungo può sopravvivere nei residui di potatura, bisogna evitare di trinciare ed interrare gli scarti per evitare un progressivo incremento dell'inoculo.

La corretta gestione della chioma risulta fondamentale anche per questa malattia ed in particolare sono da evitare tutte le pratiche che provocano un eccessivo rigoglio vegetativo, il quale favorisce il perdurare dell'umidità e della bagnatura e rende i tessuti più teneri prolungando la loro recettività alle infezioni.

Le s.a. fungicide più efficaci sono folpet e ditiocarbammati (a dosi doppie nei primi due trattamenti). Dubbia l'azione dello zolfo: l'incostanza dei risultati è probabilmente ascrivibile alla sua scarsa persistenza e alla temperatura che nelle prime fasi vegetative può essere troppo bassa per garantire la sua efficacia. Inefficace il solfato di rame. Nei vigneti biologici si può utilizzare il polisolfuro di calcio che, anche se meno efficace dei fungicidi di sintesi, ha dimostrato un'azione migliore rispetto a zolfo e rame. Al momento però, questa s.a. è autorizzata su vite solo per l'utilizzo in vivaio.

Tra i fungicidi più recenti, gli IBS hanno dimostrato una ridotta efficacia sia in soli trattamenti proteggenti che in seguito ad un trattamento invernale eradicante. Invece sono provvisti di un'efficacia paragonabile al folpet gli analoghi delle strobilurine, cioè azoxystrobin, kresoxim-metile, trifloxistrobina e pyraclostrobin. Solo per quest'ultimo però, l'efficacia contro l'escoriosi è riportata in etichetta. Gli analoghi delle strobilurine insieme al folpet sono i più idonei ad essere utilizzati nei primi trattamenti, in un periodo che di solito è piovoso, a causa della loro maggiore resistenza al dilavamento. L'efficacia delle strobilurine può essere sfruttata come azione collaterale nel periodo in cui vengono utilizzate contro altre malattie (oidio e peronospora). Infatti, soprattutto nei vigneti irrigui allevati a tendone, è stato dimostrato che la malattia può progredire ulteriormente durante il periodo estivo.

Per quanto riguarda la strategia di lotta chimica, i trattamenti devono essere specifici contro l'escoriosi solo in quei vigneti dove costituisce un reale pro-

blema. Nel passato la protezione del vigneto poteva prevedere interventi eradicanti, da eseguire su piante in riposo contro i picnidi, e proteggenti, da eseguire su piante in vegetazione allo scopo di limitare le nuove infezioni. Tutti i prodotti utilizzati per interventi eradicanti (mercuriorganici, derivati dell'arsenico e DNOC, che per altro non era efficace) non sono più in commercio. Trattamenti con altri prodotti non sembrano sortire un miglioramento sull'efficacia della difesa rispetto a quanto si ottiene con i soli trattamenti proteggenti, che per questo motivo sono attualmente gli unici praticabili.

Un programma di lotta specifico prevede da 2 a 4 trattamenti a partire dalle prime fasi dello sviluppo vegetativo con cadenza di 7-10 giorni. Molto importante posizionare correttamente il primo trattamento: questo deve essere eseguito subito dopo il risveglio vegetativo, da rigonfiamento ad apertura gemme. Alcuni lo considerano alla stregua di un trattamento al bruno in quanto riduce il numero di picnidi maturi e di conseguenza il numero di conidi in grado di causare infezione. È però anche un trattamento proteggente nei confronti del germoglio nascente, in quanto la crescita del germoglio può essere molto rapida e ciò rende difficoltoso posizionare il trattamento entro lo stadio di 2-3 cm. Un inizio dei trattamenti oltre questa fase può compromettere il buon esito della difesa a prescindere dal numero di trattamenti eseguiti successivamente. Bisogna considerare infatti, che tutte le s.a. efficaci hanno azione esclusivamente preventiva, ma anche s.a. dotate di azione curativa (IBS, tiofanato-metile) si sono dimostrate completamente inefficaci quando distribuite dopo l'infezione.

Figura 25. Screpolature della corteccia causate da escoriosi sui tralci lignificati.

Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 della Regione Sardegna

Misura 111 – Progetto esecutivo STDR/PSR/111/2013/10

"Azioni informative per l'innovazione del comparto vitivinicolo in Sardegna"

UNIONE EUROPEA
Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
Repubblica Italiana
REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE PSR sardegna 2007/2013