

GLI ANTIOIDICI

Vittorio Rossi, Tito Caffi

In passato i rimedi proposti da studiosi ed appassionati per il controllo dell'oidio andavano dall'uso della calce, a quello della cenere, al sapone sciolto nell'acqua e ad altri miscugli stravaganti. Fortunatamente l'uso dello zolfo in polvere, reso noto ad opera di Duchartre nel 1848, si rivelò molto efficace: nel 1853 e 1854 vi furono le prime applicazioni in campo di zolfo in polvere e già nel 1862 il suo impiego era largamente diffuso in tutta Europa. Curiosamente, l'impiego massiccio di zolfo fu la causa della migrazione di molti viticoltori europei che, inorriditi dall'idea di mettere sostanze chimiche sulle proprie vigne, partirono verso il Sud America.

Negli anni '40 la difesa si basava per lo più sull'uso dello zolfo in polvere. La prima solfo-razione doveva essere applicata non appena i germogli erano sbocciati, un secondo trattamento durante la fioritura (per lo più con solfato di rame) e poi altri sui grappoli, quando l'andamento stagionale diveniva più favorevole alla malattia. Negli anni '60, si diffuse l'impiego di zolfo bagnabile e del dinocap, quest'ultimo

dotato (a differenza dello zolfo) di buona efficacia anche a basse temperature sui primi focolai di infezione. La difesa prevedeva un primo intervento con gli zolfi bagnabili più fini o il dinocap stesso tra la fase di foglie libere e la formazione dei grappolini, ripetuto poi all'inizio della fioritura. Sempre lo zolfo bagnabile era utilizzato dopo l'allegagione per finire poi, poco dopo lo stadio di mignolatura (acini del diametro di 4-6 mm), con lo zolfo in polvere. Questo calendario era consigliato in caso di utilizzo di soli prodotti cuprici per la difesa dalla peronospora, confidando su una certa efficacia del rame sull'oidio. Nel caso invece che si fosse fatto ricorso ad antiperonosporici organici (ditiocarbamma-

ti) era prassi aggiungere una piccola quantità di zolfo bagnabile ad ogni intervento contro la peronospora.

Con l'avvento di nuovi principi attivi organici, come gli inibitori degli steroli (IBS) quali fenarimol, appartenente al gruppo chimico delle pirimidine, e triadimefon, della famiglia dei triazoli, la difesa antioidica subì ulteriori cambiamenti. Questi principi attivi, dotati di attività preventiva oltre che curativa, e di sistemica, come il triadimefon, vennero impiegati soprattutto dove l'oidio era più aggressivo e spesso su epidemie già in atto. Successivamente comparvero vari prodotti appartenenti al gruppo

forse più opportuno sottolineare alcuni concetti generali, utili a guidare la scelta dei prodotti da impiegare e per una loro corretta ed efficace applicazione.

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

In riferimento ai classici fungicidi, il MoA definisce la modalità (sito e meccanismo) di azione di una sostanza attiva nei confronti degli organismi bersaglio. Per esempio, lo zolfo agisce

sottraendo acqua alla cellula fungina e bloccandone i processi respiratori sostituendosi all'ossigeno. In questo modo porta alla formazione di acido solfidrico con conseguenti danni strutturali alla parete e alla disidratazione della cellula fun-

gina. Inoltre, causa la denaturazione di diverse proteine e la formazione di chelati con metalli pesanti all'interno della stessa. Queste caratteristiche lo rendono un classico esempio di prodotto multisito. Altri fungicidi, invece, hanno un unico MoA e sono pertanto detti monosito, come per esempio i triazoli (o IBS, Inibitori della Biosintesi degli Steroli) che agiscono specificatamente sulla demetilazione di un singolo enzima durante la sintesi delle sostanze strutturali della parete fungina. Le informazioni sui MoA possono essere reperite sul sito internet del Fungicide Resistance Action Committee (FRAC; www.frac.info).

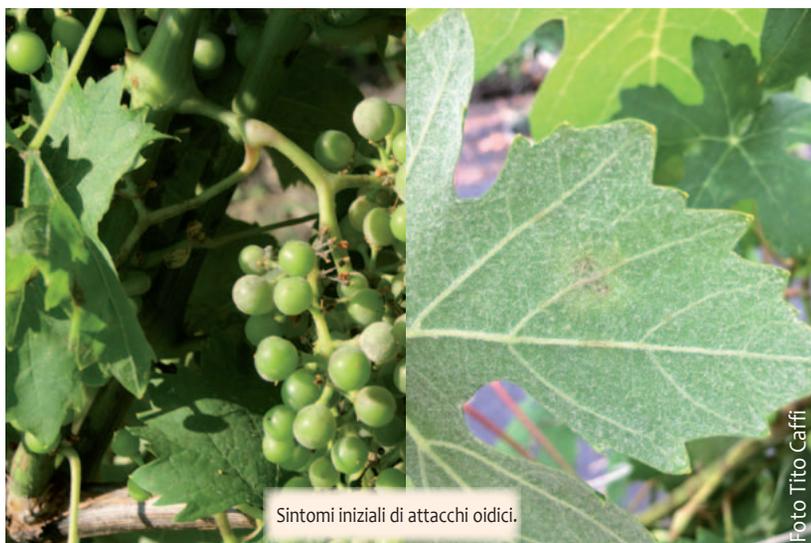
Il PMoA è un aspetto meno noto del MoA, ma altrettanto importante.



Dopo oltre 170 anni d'impiego, lo zolfo in polvere conserva tutta la sua efficacia.

chimico degli Inibitori della Biosintesi degli Steroli (IBS) estremamente efficaci. Alla fine degli anni '90 si aggiunsero i primi principi attivi del gruppo degli analoghi delle strobilurine (QoI), quali azoxystrobin e kresoxim-metyl, tryfloxistrobin e successivamente il quinoxyfen, appartenente al gruppo chimico delle quinoline, estremamente attivo soprattutto nella protezione del grappolo, e la spiroxamina, del gruppo delle spirochetalamine, indicato per i trattamenti precoci.

La disponibilità dei prodotti fitosanitari da impiegare nelle diverse fasi fenologiche è ampia e i disciplinari di produzione integrata regionali o specifiche pubblicazioni possono fornire una panoramica dettagliata. Invece è



Sintomi iniziali di attacchi oidici.

Foto Tito Caffi

Il PMoA, infatti, definisce tutte quelle caratteristiche che influenzano l'uso pratico del fungicida quali:

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

La conoscenza del PMoA permette di sfruttare le caratteristiche del fungicida, posizionandolo al meglio all'interno della strategia di difesa o, più in generale, nelle fasi fenologiche/periodi dove questo è in grado di fornire la migliore prestazione.

Le strategie anti-resistenza, infine, completano il quadro delle conoscenze per un corretto impiego dei

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

Zolfo

Lo zolfo è attivo contro tutti gli agenti del mal bianco delle piante, tanto da assumere il ruolo di antioidico per eccellenza. L'azione fungicida è svolta come zolfo elementare, a livello delle pareti e membrane semipermeabili delle cellule fungine. Agisce per contatto e soprattutto in fase di vapore; la sua attività aumenta pertanto con l'innalzarsi della temperatura, ma diminuisce con l'elevarsi dell'umidità relativa. Con temperatura superiore a 15°C lo zolfo inizia a sublimare, agendo così anche allo stato gassoso.

La temperatura ottimale per il suo impiego è compresa fra 25 e 30°C, mentre l'attività si riduce sotto i 18°C. Studi recenti hanno comunque indicato che l'efficacia preventiva ed anche curativa dello zolfo (micronizzato) varia più in funzione della dose d'impiego che della temperatura, se questa è maggiore di 15°C, e del grado di copertura dei tessuti vegetali. Lo zolfo inibisce la germinazione di tutte le spore (ascospore e conidi) di *E. necator* con un meccanismo di azione ancora poco chiaro. Grazie alla sua liposolubilità viene assorbito dalla cellula fungina e metabolizzato al posto dell'ossigeno, con la formazione di acido solfidrico anziché acqua, così da determinare una notevole perdita di energia con conseguente morte cellulare. L'attività dello zolfo su micelio sviluppato è ridotta, anche se alcune prove di laboratorio con inoculazione artificiale evidenziano un'elevata efficacia anche con applicazioni eseguite su colonie di 7 e 14 giorni di età. Il rischio di danni alla coltura per fitotossicità varia in funzione della dimensione delle particelle e della temperatura.

I sintomi di fitotossicità sui tessuti vegetali sono causati dall'acido solforico che si forma a contatto con l'acqua nelle camere ipostomatiche dopo che lo zolfo penetra negli stomi stessi.



Oidio in fase di attivo sviluppo.

I prodotti più pericolosi sono quelli che contengono più del 15% di particelle di diametro inferiore ad 1 micron. Si considera che il rischio aumenti con temperature oltre i 30°C. In realtà la fitotossicità dello zolfo dipende anche dal livello di umidità relativa; recenti studi hanno dimostrato che fenomeni fitotossici (con zolfo micronizzato concentrato all'80% usato alla dose di 600 g/hl) possono avvenire con temperature superiori a 40°C, quando l'umidità supera il 70%.

Inibitori della Biosintesi degli Steroli (IBS)

Si tratta di un ampio raggruppamento di sostanze attive appartenenti a diversi gruppi chimici accomunati dal meccanismo d'azione diretto alla biosintesi degli steroli, componenti essenziali della membrana cellulare. Interferiscono nella sintesi di ergosterolo a partire da acetil-CoA. Sono suddivisi in tre gruppi a seconda degli enzimi coinvolti nel blocco della biosintesi degli steroli e, generalmente, dopo la distribuzione sulla pianta vengono rapidamente assorbiti risultando quindi scarsamente influenzati dal dilavamento ad opera delle piogge. La velocità di assorbimento è influenzata soprattutto dalla temperatura: temperature comprese tra i 10 e i 25°C garantiscono un adeguato assorbimento del principio attivo entro poche ore dal trattamento ed il successivo movimento all'interno della pianta è sia translaminare che acropeto.

Autorizzati per l'uso nei confronti dell'oidio della vite sono gli Inibitori della Demetilazione (DMI) e, tra questi, i triazoli (es. propiconazole, penconazole, myclobutanil, tebuconazole, ecc.) considerati dal FRAC a rischio medio di resistenza e le Spiroketalamine (spiroxamine) a rischio medio-basso. Nonostante le molteplici segnalazioni di ridotta sensibilità/resistenza riportata in tutto il mondo anche dopo pochi anni di utilizzo, nella realtà la resistenza ai DMI non ha condotto a sostanziali diminuzioni di efficacia in campo e ancora oggi, do-



po più di 30 anni, se utilizzati alle dosi consigliate, in alternanza a sostanze a diverso meccanismo di azione, con gli adeguati intervalli tra i trattamenti e con non più di 4 trattamenti/anno, essi sono dei prodotti affidabili per la difesa dall'oidio della vite.

Ampelomyces sp.

I funghi usati come agenti di biocontrollo si avvalgono di tre principali meccanismi d'azione: la parassitizzazione diretta (chiamata anche micoparassitizzazione), la produzione di antibiotici e la competizione per i nutrienti e/o lo spazio. Nel caso degli oidi, data la natura biotrofica di questi



patogeni vegetali, risultano efficaci solo i primi due meccanismi d'azione. Gli ascomiceti appartenenti al genere *Ampelomyces* sono i micoparassiti naturali degli oidi meglio conosciuti. Le loro ife e i loro picnidi sono comunemente ritrovati all'interno delle ife, dei rami conidiofori, dei conidi e degli ascocarpi di molte specie appartenenti alla famiglia delle *Erysiphales*.

In presenza del micelio di oidio, i conidi di *Ampelomyces* germinano e penetrano le ife dell'ospite

per mezzo di un tubetto germinativo. Dopo un primo stadio, che può essere ritenuto biotrofico, il micoparassita diventa necrotrofo e provoca la morte delle cellule parassitizzate per degenerazione del citoplasma. Il micoparassita è in grado di ridurre anche la sporulazione dell'ospite generando un picnidio sulla catenella conidica dell'oidio, benché non sia in grado di sopprimerla totalmente, soprattutto quando il tasso di sporulazione dell'ospite è molto elevato. In questi casi, il micoparassita può solo seguire la diffusione della malattia riducendone la gravità e gli effetti negativi sulle piante. In generale, quindi, quando si usa un micoparassita non è pensabile ottenere un controllo totale dell'oidio, dato che il micoparassita stesso riesce a svilupparsi solo se è presente un certo grado d'infezione e, quando le condizioni sono molto favorevoli per l'oidio, il micoparassita non riesce a svilupparsi con la stessa rapidità dell'oidio stesso. Per questo motivo è fondamentale applicare il micoparassita quando le condizioni ambientali sono più favorevoli al parassita che all'oidio e quando quest'ultimo non è in fase di ampia diffusione. Recenti sperimentazioni in vigneto hanno dimostrato che ciò si verifica a cavallo tra l'estate e l'autunno, quando le temperature scendono, l'umidità aumenta e l'oidio progressivamente cessa di produrre conidi per iniziare a sviluppare i corpi fruttiferi svernanti. L'*Ampelomyces* è peraltro molto efficace nel parassitizzare i giovani cleistoteci, impedendo così

Boscalid

Principio attivo facente parte alla famiglia delle anilidi. Possiede un ampio spettro d'azione, ha infatti una buona efficacia sia nel controllo della Muffa Grigia (*Botrytis cinerea*) e sia dell'Oidio della vite (*Erysiphe necator*). Il meccanismo d'azione di questo p.a. riguarda l'inibizione delle funzionalità del complesso. Il (succinato-ubichinone ossido-riduttasi) nella respirazione mitocondriale, bloccando la germinazione delle spore, la crescita del micelio e l'allungamento del tubulo germinativo. Ha proprietà translaminari ed è molto utile anche in fase di prechiusura grappolo dove esplica la sua doppia azione.

Bupirimate

Il bupirimate è un ingrediente attivo con effetto fungicida, attivo contro l'oidio della vite (*E. necator*). Appartiene alla famiglia chimica dei solfammati pirimidinici, ha mobilità translaminare e traslocazione sistemica nello xilema, il meccanismo d'azione causa l'inibizione dell'enzima adenosin-deaminasi, coinvolto nella sintesi degli acidi nucleici nella cellula.

Cyflufenamid

Fungicida appartenente alla famiglia delle amidossime. Si caratterizza per un'elevata attività nei confronti dell'oidio su diverse colture oltre la vite. Il meccanismo d'azione di questa molecola non è noto, si è comunque osservato che agisce sulla formazione degli austori e sulla crescita del micelio, ma non sulla germinazione dei conidi; ha una spiccata capacità di fissarsi alle cere della cuticola, attività translaminare e lunga persistenza d'azione. Inoltre, cyflufenamid, ha un basso profilo ecotossicologico e bassa tossicità per l'uomo. Il FRAC consiglia l'adozione di adeguate strategie di utilizzo per ridurre al minimo la possibile insorgenza di resistenza.

Fluxapyroxad

Antioidico per la vite di ultima genera-

zione, appartenente alla famiglia delle carbossammidi, gruppo FRAC 7.

Il meccanismo di azione agisce a livello dell'enzima Succinato Deidrogenasi (SDHI), a livello del complesso II della catena di trasporto degli elettroni nei mitocondri, con conseguente arresto della produzione di ATP nelle cellule fungine. L'elevata efficacia specifica si manifesta con una spiccata attività preventiva abbinate a una ottima persistenza nel tempo. Il rapido assorbimento e la resistenza al dilavamento permettono di controllare l'oidio in ogni condizione. Efficace anche a basse temperature.

Idrogeno Carbonato di Potassio

Principio attivo ad ampio spettro, attivo su *B. cinerea* oltre che su *E. necator*.

Chimicamente è un sale di potassio dell'acido carbonico che a temperatura ambiente si presenta allo stato solido, di colore bianco e incolore.

Classificato dal FRAC come prodotto dal meccanismo d'azione non noto, agisce per contatto, variando la pressione osmotica, innalzando il pH e rilasciando anioni bicarbonato; inattiva gli enzimi idrolitici fungini, inibisce la crescita del micelio e inoltre disidrata la ife del patogeno. Recenti studi hanno anche evidenziato una certa attività curativa. Questi effetti sui funghi suggeriscono un'attività multisito, quindi con un rischio di insorgenza di resistenze molto bassa. Possiede un basso profilo tossicologico ed eco-tossicologico.

Kresoxim-metile

Fungicida di copertura appartenente alla famiglia degli analoghi delle strobilurine. Molto utile se utilizzato a inizio stagione in quanto possiede attività preventiva ed antisporulante. Evidenzia una protezione di lunga durata. È selettivo per api ed artropodi utili e non determina rugginosità sui frutti.

Metrafenone

Molecola ormai ampiamente utilizzata per il controllo dell'oidio, fa parte della

famiglia dei benzofenoni. Il sito d'azione è tuttora sconosciuto, si è osservato che inibisce gli stadi del ciclo patogenico che coinvolge la penetrazione del micete all'interno dei tessuti vegetali. Possiede una buona resistenza al dilavamento ed elevata attività in fase di vapore, inoltre è in grado di penetrare la cuticola e traslocare lungo i bordi delle foglie.

Proquinazid

Fungicida appartenente alla famiglia dei quinazolinoni, l'azione principale di Proquinazid si manifesta bloccando la formazione dell'appressorio delle spore in fase di germinazione e inibendo la germinazione delle spore stesse. Ha un'elevata affinità alle cere e grazie a questa caratteristica si lega tenacemente alla componente lipidica dell'epidermide delle foglie e degli acini. Proquinazid è dotato di attività preventiva, è caratterizzato da attività translaminare ed è in grado di ridistribuirsi in fase di vapore, fissandosi sulle cere di foglie ed acini e garantendo così anche nelle parti più interne del grappolo una protezione adeguata dall'oidio. È selettivo sugli insetti utili, sui fitoseidi e sugli organismi del terreno.

Pyriofenone

Anticrittogamico di nuova generazione appartenente alla famiglia delle benzoylpyridine efficace su tutti i funghi patogeni appartenenti alla famiglia delle *Erisifaceae*. Il meccanismo d'azione di questa molecola, se usata in trattamenti preventivi, determina una crescita anomala della parte apicale delle ife, dovuta dalle interferenze che si creano a questo livello sulla localizzazione della actina, del β -glucano e del trasporto delle vescicole. Non si esclude però che il meccanismo d'azione del pyriofenone sia legato ad altri tipi di meccanismi. In laboratorio è stata osservata anche una interessante azione curativa, unita alla rapidità di azione e prolungata attività biologica. Sono consigliati un massimo di 3 trattamenti durante la stagione a partire dalla fioritura, con cadenze di 10-14 giorni.

a cura di Viten

la produzione di ascospore da parte dell'oidio e riducendo di conseguenza l'inoculo primario per la stagione successiva. I recenti studi propongono, quindi, una nuova strategia per l'utilizzo dell'*Ampelomyces* rispet-

to a quella proposta in passato che considerava la migliore collocazione dell'antagonista dal germogliamento alla fioritura (con 2 trattamenti) e dalla chiusura grappolo all'invaiaura (2-3 interventi).

Vittorio Rossi, Tito Caffi
Dipartimento di Scienze della Produzioni Vegetali
Sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza
tito.caffi@unicatt.it
vittorio.rossi@unicatt.it

Foto originali Vit.En.