

D. Angeli, I. Pertot

L'oidio della vite

SAFE**CROP**



Istituto Agrario di San Michele all'Adige
SafeCrop Centre

Produzione integrata

Il Centro SafeCrop, dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige (TN), promuove e divulga i risultati delle sue attività di sperimentazione per mezzo di una collana di **pubblicazioni gratuite**, dedicate all'imprenditore agricolo e al personale tecnico. Esse presentano gli ultimi aggiornamenti sulla biologia ed epidemiologia di vari patogeni che interessano la vite e la fragola. Nei volumi sono descritte **le malattie e le tecniche di difesa integrata**, le strategie a basso impatto impiegabili in agricoltura biologica e i risultati di alcune sperimentazioni effettuate in Trentino e in altre regioni italiane. Questo documento è disponibile:

1. in **formato elettronico** sul sito web di SafeCrop
2. in **formato cartaceo** (libretto) direttamente presso il Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige oppure compilando il **modulo di richiesta**, scaricabile dal sito web di SafeCrop, indicando quali pubblicazioni si desiderano e inviandola, assieme al corrispondente francobollo di posta prioritaria per i soli costi di spedizione, al *Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, via Mach 1, 38010 S. Michele all'Adige (TN)*

Collegamento per scaricare il modulo di richiesta:

http://www.safecrop.org/download/free_publications/richiesta_publicazioni.pdf

D. Angeli, I. Pertot

L'oidio della vite

Angeli, Dario

L'oidio della vite / D. Angeli, I. Pertot. – [San Michele all'Adige (TN)] : Istituto Agrario di San Michele all'Adige, 2007. – 86 p. : ill., tab. ; 24 cm. – (Produzione integrata)

In testa al front.: SafeCrop

ISBN 978-88-7843-007-5

1. Oidio della vite 2. Oidio della vite - Lotta biologica 3. Oidio della vite - Lotta integrata I.

Pertot, Ilaria III. SafeCrop

634.8243

L'oidio della vite

Prima edizione febbraio 2007

© SafeCrop Centre, Via Mach 1 - 38010 San Michele all'Adige

© Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Via Mach 1 - 38010 San Michele all'Adige

È vietata la riproduzione con qualsiasi mezzo essa venga effettuata

Ideazione, progetto e coordinamento editoriale

Ilaria Pertot

Testi

Dario Angeli, Ilaria Pertot

Fotografie e grafici

Archivio SafeCrop Centre

Progetto grafico ed editing

Palma & Associati sas

Stampa

Litotipografia Alcione srl

ISBN 978-88-7843-007-5

Indice

9	Introduzione
10	Cenni storici
12	Sintomatologia e danni
12	Sintomi su foglia
13	Sintomi su tralcio e germoglio
15	Sintomi su grappolo
16	Danni causati dalla malattia
19	Fattori che influiscono sulla gravità delle infezioni
20	Il macro e microclima
21	I sistemi di allevamento
21	Le pratiche agronomiche
22	La sensibilità varietale
22	La quantità di inoculo svernante
24	Agente causale e ciclo biologico
24	Agente causale
24	Ciclo biologico
25	Le forme di svernamento
27	Le infezioni primarie
28	Le infezioni secondarie
30	Epidemiologia della malattia
32	Difesa contro l'oidio
32	La prevenzione della malattia
32	Il controllo dei sintomi: alcuni suggerimenti pratici
34	La gestione della difesa contro l'oidio
36	Aree a basso rischio di infezione
36	Aree ad alto rischio di infezione

38	La difesa integrata
40	Zolfo
43	I fungicidi chimici di sintesi
43	Inibitori della biosintesi degli steroli
44	Strobilurine
44	Quinxifen
45	Spiroxamina
46	La difesa biologica
46	L'agricoltura biologica
47	<i>Ampelomyces quisqualis</i> : un nemico naturale dell'oidio
49	I prodotti impiegabili in viticoltura biologica
50	Le alternative allo zolfo: i prodotti commerciali
50	<i>Ampelomyces quisqualis</i>
52	Le alternative allo zolfo: i prodotti sperimentali
52	Bicarbonati di sodio e potassio
53	Silicati di sodio e potassio
53	Polisolfuro di calcio
54	Oli minerali e di origine vegetale
56	Induttori della resistenza della pianta
56	Composti derivati dal latte
57	Microorganismi antagonisti
60	Lo svernamento dell'oidio in Trentino
60	Il ruolo dei cleistoteci svernanti
61	Il monitoraggio dei cleistoteci nei vigneti
64	Strategie per ridurre l'impiego dei prodotti chimici
64	La diffusione di <i>Ampelomyces quisqualis</i> in Trentino
64	I primi studi sulla presenza di <i>Ampelomyces quisqualis</i>
64	Il monitoraggio di <i>Ampelomyces quisqualis</i> nei vigneti
66	Strategie per la riduzione dell'uso di zolfo nei vigneti biologici

74	Potenziali alternative all'uso dello zolfo e dei fungicidi di sintesi
74	Prospettive future per la difesa contro l'oidio
76	Risultati sperimentali sull'efficacia di microrganismi antagonisti
77	Integrazione di diversi meccanismi d'azione per migliorare l'efficacia
79	Prodotti di origine naturale
81	Prospettive future
82	Ringraziamenti
83	Letteratura citata
86	Note biografiche

Introduzione

L'oidio della vite, conosciuto anche con il nome di “mal bianco”, è normalmente presente nei vigneti della penisola italiana, ma causa problemi soprattutto nell'Italia meridionale ed insulare, dove è in genere più diffuso della peronospora. Negli ultimi anni l'oidio ha subito un forte incremento anche in provincia di Trento stando, in certe annate, maggior preoccupazione della peronospora, considerata tradizionalmente la malattia più frequente nei vigneti del nord Italia.

L'oidio, al pari della peronospora, può avere un impatto disastroso sulla produzione viticola, sia in termini quantitativi, sia qualitativi. Ciò è spiegabile principalmente dalle caratteristiche biologiche del fungo che lo rendono, da un lato poco dipendente dalle condizioni climatiche e dall'altro gli conferiscono un'elevata capacità di moltiplicazione e diffusione rendendo impegnativa la difesa contro questa malattia.

Il libro nasce con l'obiettivo primario di riassumere preziose informazioni per l'agricoltore su diversi aspetti relativi alla malattia. In particolare saranno trattati aspetti utili a pianificare una corretta gestione dell'oidio, come la biologia del patogeno, le modalità di manifestazione e di sviluppo della malattia, gli agrofarmaci ed i mezzi tecnici disponibili, e saranno presentate le ultime novità dalla ricerca effettuata dal Centro SafeCrop dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige.

L'esperienza maturata dai ricercatori del Centro SafeCrop, in collaborazione con il Centro per Assistenza Tecnica, ha permesso di aggiungere ulteriori preziosi tasselli nello sviluppo di tecnologie atte a limitare gli input chimici nella difesa contro l'oidio della vite e di conseguenza a ridurre l'impatto sull'ambiente e sulla salute dell'operatore e del consumatore.

Cenni storici

D. Angeli

Nel 1847 la malattia fu segnalata in Francia (Parigi) e da allora si diffuse rapidamente nelle varie regioni viticole europee, al punto che negli anni 1850-51 era presente in tutto il bacino del Mediterraneo, dove determinò ingenti danni alla produzione.

In seguito la malattia fu studiata accuratamente da Berkeley che ne descrisse le principali caratteristiche e identificò l'agente patogeno specifico come *Oidium tuckeri*. Questo fungo ascomicete è un parassita obbligato delle Vitaceae ed, al pari della peronospora, è da considerare una malattia che ha gravi ripercussioni sulle potenzialità produttive della vite.

In Italia, le prime segnalazioni della comparsa della malattia risalgono al 1850 nelle regioni meridionali. In seguito la malattia si diffuse in modo generalizzato su tutto il territorio provocando gravi danni ai vigneti di tutta la Penisola e ad una riduzione delle produzioni di vino. Risultarono particolarmente rilevanti la mancan-

za di precise conoscenze relative al patogeno e di organi di informazione in grado di illustrare ai viticoltori le tecniche che si stavano sperimentando in tutta Europa per combattere la malattia.

I primi esiti positivi nella difesa dall'oidio della vite furono ottenuti già nel 1853, a pochi anni dalla sua comparsa in Italia, grazie all'uso dello zolfo. I trattamenti di solforazione delle viti attuati mediante l'impiego di macchine impolveratrici dimostrarono negli anni successivi un'ottima efficacia nel contenimento di questa malattia.

Le conoscenze sulla biologia del patogeno sono state approfondite nel corso degli anni.

I primi studi sull'oidio, risalenti agli anni '30, riguardavano soltanto la forma assessuata (micelio e conidi), mentre i corpi fruttiferi derivanti dal processo sessuale (cleistotecii) furono rinvenuti solo 40 anni più tardi (Yosifovitch, 1923). Ciò potrebbe essere



dipeso dall'iniziale introduzione di uno solo dei due tipi di compatibilità sessuale.

Ai cleistoteci è stato attribuito per lungo tempo un ruolo epidemiologico marginale, anche a causa del fallimento dei numerosi tentativi di riprodurre la malattia mediante inoculazioni artificiali con le ascospore da essi prodotte (Yossifovitch, 1923; Weltzien e Weltzien, 1962).

Attualmente i cleistoteci sono stati segnalati in tutte le aree viticole di Stati Uniti, Europa, Australia e Africa (Diehl e Heintz, 1987; Pearson e

Gadoury, 1987; Gadoury e Pearson, 1988, 1990, 1991; Banihashemi e Parvin, 1995; Cortesi *et al.*, 1995, 1997a,b, 1999; Viccinelli *et al.*, 1996; Abu Blan e Khalil, 2001; Halleen e Holz, 2001). Nello Stato di New York, come probabilmente anche in altre regioni, essi sembrano essere la sola fonte di inoculo primario (Pearson e Gadoury, 1987).

Nonostante le informazioni sin qui acquisite, numerosi aspetti legati alla biologia ed all'epidemiologia dell'oidio devono ancora essere chiariti e sono attualmente oggetto di studio.

Sintomatologia e danni

D. Angeli, I. Pertot

Fig. 1 - Sintomi iniziali: aree più chiare con comparsa di patina biancastra



Sintomi su foglia

I sintomi sulle foglie sono costituiti da aree più chiare sulle quali compare inizialmente una patina biancastra evanescente (Fig. 1) ed in seguito un'efflorescenza polverulenta (Fig. 2). In caso di forti attacchi e con l'evolvere della malattia compaiono imbrunimenti delle nervature e punteggiature necrotiche (Figg. 3 - 4). Nelle fasi iniziali i sintomi non sono

sempre facilmente visibili, perciò bisogna prestare molta attenzione nell'osservazione ed eventualmente avvalersi di una lente. Osservando in controluce il tessuto fogliare in corrispondenza delle lesioni, esso appare decolorato e traslucido (Fig. 5).

Con la progressione della malattia la lamina fogliare si piega verso l'alto assumendo la tipica conformazione "a coppa" (Fig. 6). In seguito la foglia

Fig. 2 - Efflorescenza polverulenta sulle foglie



Fig. 3 - Macchie e punteggiature necrotiche sulla pagina inferiore



Fig. 4 - Macchie e punteggiature necrotiche sulla pagina superiore



Fig. 5 - Macchie traslucide e necrosi in corrispondenza degli attacchi del patogeno (in controluce)



ingiallisce, necrotizza e cade anticipatamente (Fig. 7).

L'oidio si manifesta su entrambe le superfici della foglia, sulla pagina inferiore l'oidio si può sviluppare molto precocemente con la formazione di macchie traslucide ricoperte da una lieve muffa di color bianco-avorio (Fig. 8). Poiché sulla pagina inferiore le macchie risultano in genere più facilmente individuabili, nei controlli di

inizio stagione è utile concentrare le osservazioni in questa posizione.

Sintomi su tralcio e germoglio

L'oidio può colpire anche i tessuti giovani dei tralci.

Negli stadi iniziali dell'infezione il sintomo non è facilmente visibile,

Fig. 6 - La lamina fogliare si piega verso l'alto "forma a coppa"



Fig. 7 - Stadio finale: ingiallimenti e necrosi con caduta anticipata delle foglie



Fig. 8 - Macchie ricoperte da muffetta sulla pagina inferiore della foglia



Fig. 9 - Sintomo iniziale sul tralcio

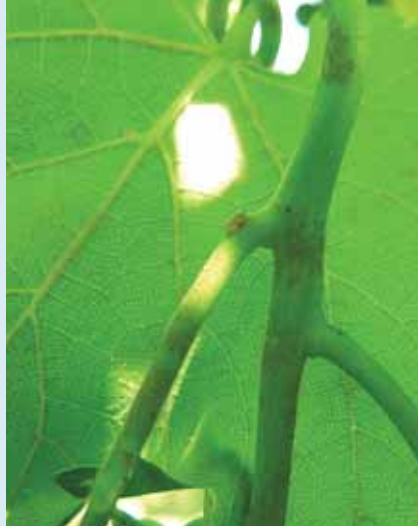


Fig. 10 - Aree brune sul tralcio lignificato



Fig. 11 - Tipico "germoglio a bandiera"



Fig. 12 - Foglie sviluppatasi sul "germoglio a bandiera"



Fig. 13 - Attacco precoce di oidio sull'infiorescenza





Fig. 14 - Necrosi su acini colpiti dall'oidio

in quanto è costituito da un micelio rado e scarsa sporulazione (Fig. 9). In seguito alla necrosi delle cellule superficiali dovuta all'azione del patogeno compaiono delle aree brune dall'aspetto reticolato che rimangono visibili anche dopo la lignificazione (Fig. 10).

I sintomi sul tralcio sono più frequenti in caso di forti attacchi alla vegetazione. In autunno in corrispondenza dei sintomi possono comparire anche le strutture di conservazione del fungo (cleistotecii).

Sui germogli il sintomo è causato dalla rapida colonizzazione dei tessuti da parte del micelio svernante protetto dalle perule all'interno delle gemme. In primavera i germogli infetti sono precocemente ricoperti da un'abbondante muffa biancastra polverulenta e, poiché lo sviluppo della lamina fogliare è ridotto dall'attività del patogeno, assumono un aspetto particolare che è valse loro la denominazione di "germogli a bandie-

ra" dal termine inglese "flag-shoots" (Fig. 11). (Sall and Wrisinsky, 1982; Pearson and Gartel, 1985; Cortesi *et al.*, 1997a). In Italia la loro presenza è sporadica e limitata a pochi vigneti principalmente nelle regioni meridionali (Fig. 12) (Vicinelli e Brunelli, 1993; Cortesi *et al.*, 1995, 1997a).

Sintomi su grappolo

I sintomi più gravi della malattia si hanno sulle infiorescenze che sono suscettibili già prima della fioritura.

Gli attacchi precoci causano l'aborto e la caduta dei fiori od inibiscono la crescita dei grappolini (Fig. 13).

In seguito ad infezioni post-fiorali le cellule dell'epidermide degli acini colpiti dal patogeno necrotizzano (Fig. 14), non riescono ad assecondare la crescita in volume della polpa e di conseguenza si spaccano aprendo la strada ad altre infezioni (Fig. 15 - 16 - 17).



Fig. 15 - Spaccature sugli acini causate dall'oidio

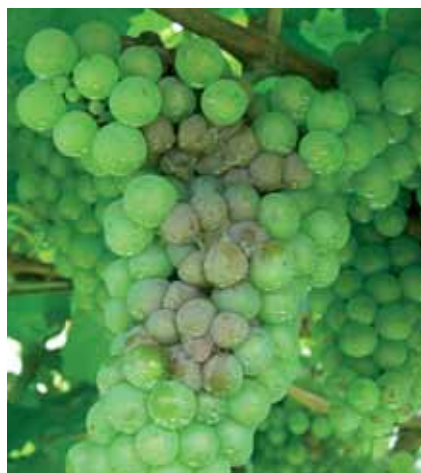
Fig. 16 - Particolare delle spaccature sugli acini

In caso di attacchi deboli o più tardivi, sugli acini si formano punteggiature e imbrunimenti, accompagnati dalla classica efflorescenza biancastra (Figg. 18 - 19).

I grappoli e gli acini sono molto sensibili all'infezione, in particolare gli acini sono suscettibili durante il periodo compreso tra l'allegagione e la "chiusura" dei grappoli. I conidi di oidio (comunemente chiamati anche

spore) sono in grado di germinare e dare avvio all'infezione degli acini fino a che questi ultimi raggiungono un contenuto zuccherino di 8° Brix (corrispondenti a circa 6 mm di diametro). Se le infezioni hanno preso avvio il fungo può svilupparsi e sporulare sino al raggiungimento di 15° Brix. Sull'acino lo sviluppo dell'oidio è molto lento e spesso le infezioni avvenute in giugno possono manifestarsi visivamente soltanto in agosto (Benuzzi e Vacante, 2004).

Fig. 17 - Nelle spaccature degli acini possono insediarsi altri patogeni come la muffa grigia



Danni causati dalla malattia

I danni diretti od indiretti sono molteplici e sono determinati dalla capacità del patogeno di colpire tutti i tessuti verdi della vite. Gli attacchi di oidio, anche se molto gravi, non portano mai direttamente alla morte della pianta, ma ne riducono fortemente la produttività e lo sviluppo



Fig. 18
Efficacia biancastra sul grappolo

Fig. 19
Efficacia biancastra su un grappolo dopo l'invaiaitura

vegetativo, favorendo altri patogeni o rendendola più sensibile agli stress ambientali.

I germogli ed i tralci infetti non si sviluppano adeguatamente, sono cioè deboli ed irregolarmente lignificati, mentre le foglie hanno minore capacità fotosintetica e di accumulo dei fotosintati, a causa del continuo depauperamento da parte dell'azione parassitaria del fungo. La minore disponibilità di zuccheri ed altri metaboliti limita la crescita dei tessuti della pianta. Se da un lato l'azione parassitaria del fungo riduce la fotosintesi, dall'altro, a causa dell'infezione, aumentano respirazione e traspirazione dei tessuti con conseguente ulteriore depauperamento delle sostanze nutritive.

La riduzione dell'accumulo di zuccheri si ripercuote direttamente sullo sviluppo della pianta e sull'accumulo di riserve energetiche per la stagione successiva, ma anche sulla produzione, con vistose riduzioni del grado

zuccherino delle uve alla raccolta. I danni si fanno ancora più pesanti se c'è filloptosi (caduta delle foglie infette) anticipata.

I danni diretti più rilevanti sono quelli a carico dei fiori che, in seguito all'infezione, si deformano, producono poco polline e di conseguenza perdono fertilità dando origine a grappoli con pochi acini (Fig. 20).

I danni al grappolo possono limitarsi alla comparsa di reticolature necrotiche brunastre sugli acini oppure, in seguito alla perdita di elasticità dell'epidermide a causa della morte delle cellule superficiali, evidenziarsi con spaccature che aumentano il rischio di infezioni di muffa grigia e marciume acido.

Gli attacchi più gravi possono portare alla perdita totale della produzione dovuta alla degenerazione ed al disseccamento del grappolo (Fig. 21).

Uno dei danni indiretti, legato soprattutto al depauperamento delle sostanze nutritive della pianta da parte

Fig. 20 - Infezioni precoci che originano grappoli con pochi acini



Fig. 21 - Perdita di produzione dovuta a gravi attacchi al grappolo



del fungo, è il ritardo di maturazione dell'uva con conseguenti ripercussioni negative sulla qualità del vino.

Altrettanto grave è l'attacco al rachide e ai peduncoli che porta frequentemente alla caduta degli acini e quindi a perdita di produzione (Figg. 22 - 23).

Le uve da tavola risultano fortemente deprezzate dalla presenza dei sintomi della malattia sul grappolo, sino

a rendere impossibile, in casi gravi, la loro commercializzazione. Le uve da vino con grappoli colpiti dall'oidio hanno una resa in mosto inferiore a quelle sane, con una percentuale di zuccheri più elevata ed una maggiore presenza di acidità volatile che predispongono il vino a gravi alterazioni organolettiche. I vigneti colpiti in modo grave dalla malattia sono potenzialmente predisposti ad attacchi più

Fig. 22 - Infezioni di oidio al rachide



Fig. 23 - Infezioni di oidio al peduncolo



precoci e intensi nell'anno successivo, sono più sensibili ai freddi invernali ed agli attacchi di altri patogeni.

Fattori che influiscono sulla gravità delle infezioni

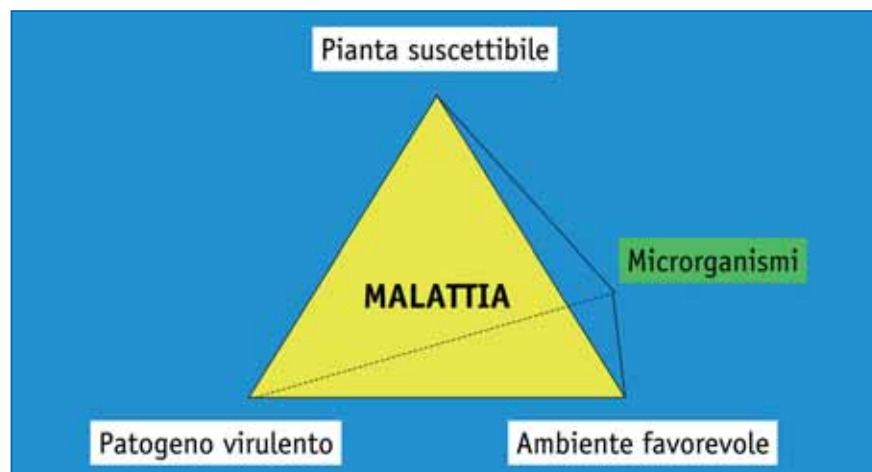
Una malattia è sempre il risultato dell'interazione di tre fattori: pian-

ta suscettibile, patogeno virulento e condizioni ambientali favorevoli alle infezioni (Fig. 24).

Anche i microrganismi presenti nell'ambiente partecipano nell'interazione agendo direttamente sul patogeno come antagonisti, sulla pianta inducendo resistenza o modificando l'ambiente rendendolo inadatto allo sviluppo della malattia.

In teoria, agendo su uno dei tre fattori

Fig. 24 - Fattori che influiscono sullo sviluppo della malattia





del triangolo è quindi possibile ridurre o prevenire la malattia: ad esempio eliminando completamente l'inoculo svernate dell'oidio, coltivando un vitigno resistente o portando le temperature a valori inadatti allo sviluppo delle infezioni, potremmo evitare lo sviluppo della malattia.

Nella realtà del vigneto questo è praticamente impossibile. Rimane, però, un ampio spazio di manovra che può aiutare l'agricoltore a ridurre il rischio di infezioni gravi e quindi a semplificare la difesa contro l'oidio.

Gli elementi che interagiscono a determinare la gravità delle infezioni di oidio sono molteplici.

Ne riportiamo in seguito quelli di maggior rilievo.

Il macro e microclima

Come per altre malattie (es. la peronospora), le condizioni climatiche della regione costituiscono un fattore intrinseco di rischio. È noto che

in climi mediterranei, con primavere calde ed estati poco piovose, prevale l'oidio, mentre le zone più fresche e piovose durante l'estate favoriscono lo sviluppo della peronospora. Questa generalizzazione è mediamente valida su ampie zone considerando lunghi intervalli di tempo (numerosi anni).

Il microclima invece esercita un ruolo determinante sulla gravità delle infezioni nel singolo vigneto nella stagione in corso o su quelle immediatamente successive.

In particolare, la quantità, l'intensità e la distribuzione delle precipitazioni, l'andamento dell'umidità e della temperatura registrato nel corso della stagione nel vigneto incidono in maniera rilevante sulla evoluzione dell'oidio. Le zone calde e asciutte soprattutto in primavera, come le aree collinari o quelle con buona ventilazione dove le piogge asciugano velocemente, sono molto favorevoli agli attacchi di oidio, mentre quelle più



Fig. 25 - Pergola trentina (sistema di allevamento)

fredde e piovose, come ad esempio le zone di fondovalle, risultano poco soggette alla malattia.

Il microclima del singolo vigneto può essere migliorato rendendolo sfavorevole alle infezioni agendo direttamente sui sistemi di allevamento e scegliendo pratiche agronomiche adatte (Cozzolino, 2004).

I sistemi di allevamento

Generalmente tutte le forme di allevamento che favoriscono la formazione di un ambiente microclimatico con ristagni di umidità e ombreggiamento agevolano lo sviluppo della malattia. Infatti, se da un lato la ventilazione velocizza i tempi di asciugatura delle foglie dopo le piogge, riducendo l'effetto inibitorio dell'acqua sulla germinazione dei conidi, e favorendo le infezioni, dall'altro l'umidità elevata nell'apparato vegetativo protratta per periodi lunghi favorisce anch'essa lo sviluppo delle infezioni.

Il sole, grazie all'azione dannosa degli ultravioletti, riduce la vitalità dei conidi.

Il sistema di allevamento più diffuso in Trentino (la pergola trentina) può favorire lo sviluppo dell'oidio a causa dell'ombreggiamento, dell'accumulo di umidità tra le foglie e della difficoltà nell'effettuare una distribuzione uniforme dei prodotti fitosanitari su tutti gli organi della pianta sensibili alle infezioni (Fig. 25).

Altre forme di allevamento, quali il guyot oppure il cordone speronato (basso e alto), grazie alla loro conformazione a spalliera, risultano essere meno suscettibili agli attacchi, in quanto riducono le sopramenzionate problematiche della pergola (Fig. 26).

Le pratiche agronomiche

Tutte le operazioni che favoriscono un vigoroso sviluppo vegetativo rendono la vite più sensibile all'oidio in



Fig. 26 - Guyot
(sistema di
allevamento)

quanto, come già detto per i sistemi di allevamento, favoriscono ombreggiamento e scarso ricambio d'aria. Gli interventi estivi di potatura, quali l'asportazione dei germogli e la sfogliatura, creano condizioni meno favorevoli alla malattia e migliorano la distribuzione dei prodotti fitosanitari. L'esposizione dei grappoli alla luce diretta inibisce la germinazione dei conidi di oidio, favorendo nel contempo uno sviluppo ottimale degli acini.

Le modalità e la corretta esecuzione dei trattamenti fitoiatrici, il momento di intervento ed il tipo di prodotto fitosanitario interferiscono in modo determinante sulla gravità delle infezioni di oidio.

La sensibilità varietale

Esistono diversi gradi di tolleranza e suscettibilità all'oidio nel panorama varietale mondiale. Considerando i vitigni di maggior diffusione in Trenti-

no ricordiamo che le varietà più sensibili sono: Schiava, Teroldego, Müller Thurgau, Nosiola e Chardonnay. Pinot Grigio, Pinot Nero, Merlot, Cabernet, e Moscato sono invece meno predisposti agli attacchi di oidio.

La quantità di inoculo svernante

Sulla gravità delle infezioni della stagione in corso incide in maniera importante anche la presenza di patogeno ad inizio stagione che è conseguenza della quantità di inoculo svernante (cleistotecie all'interno delle screpolature della corteccia e/o di micelio nelle gemme infette).

I cleistotecie, come sarà spiegato accuratamente nei capitoli seguenti, sono responsabili delle infezioni primarie primaverili e la loro maturazione è influenzata direttamente dalle condizioni climatiche che si verificano nella parte finale della stagione (Cortesi *et al.*, 1997a,b; Viccinelli e Bru-

neli, 1993; Viccinelli *et al.*, 1996). In linea generale, quanto più le condizioni climatiche di fine stagione favoriscono l'insorgenza di oidio, tanto maggiore sarà la quantità di cleistoteci e/o di gemme svernanti infette che si formano e, di conseguenza, l'inoculo per l'annata successiva.

Gli abbassamenti di temperatura a fine estate e inizio autunno anticipano la formazione dei cleistoteci, mentre abbondanti piogge tendono a dilavarli dalla pianta.

Le basse temperature invernali possono provocare la morte del micelio svernante all'interno della gemma.

Agente causale e ciclo biologico

D. Angeli, I. Pertot



Fig. 27
Catenelle di conidi

Agente causale

L'oidio della vite è causato da un fungo ascomicete, *Erysiphe necator* Schwein. nella sua forma gamica (precedentemente noto con il nome di *Uncinula necator* [Schwein.] Burrill) e di *Oidium tuckeri* Berk. in quella agamica. Ricordiamo che un ascomicete produce corpi fruttiferi contenenti gli aschi con le ascospore nella fase gamica o ascofora, mentre forma i conidi nella fase agamica o conidiofora.

Le due fasi sono note rispettivamente con i termini di teleomorfo e anamorfo. Entrambe le forme dell'oidio compaiono nel vigneto.

L'oidio della vite è un ectoparassita obbligato, cioè sviluppa il suo micelio all'esterno dei tessuti colpiti entro cui invia degli austori, formazioni che assorbono le sostanze nutritive della cellula vegetale e non può sopravvivere in assenza dell'ospite vegetale.

A partire dalle ife del micelio si formano i rami conidiofori che daranno

origine alle catenelle di conidi responsabili della diffusione della malattia (Fig. 27).

L'insieme di ife, conidiofori e conidi costituisce quello che è l'aspetto macroscopico del patogeno e cioè la caratteristica muffa polverulenta biancastra che riveste i tessuti (Fig. 28).

Ciclo biologico

L'agente causale dell'oidio della vite può svernare in due diverse forme: asessuata, cioè come micelio nelle gemme infette, oppure sessuata, attraverso i corpi fruttiferi.

Il micelio svernante dà origine a nuovi conidi, mentre i cleistoteci origineranno le ascospore responsabili delle infezioni primarie. Sulle lesioni delle infezioni primarie si produrranno a loro volta i conidi.

I conidi sono responsabili delle infezioni secondarie che si ripeteranno più volte durante l'estate.



Fig. 28 - Micelio del fungo che costituisce la muffa biancastra

A fine estate (in funzione delle condizioni climatiche) si avrà la fase sessuata con formazione dei cleistoteci e/o la colonizzazione delle gemme che germoglieranno l'anno successivo (Fig. 29).

Le forme di svernamento

La modalità di svernamento del patogeno assume una particolare importanza, poiché può incidere in maniera rilevante sull'evoluzione della malattia durante la stagione.

Fig. 29 - Ciclo biologico dell'oidio della vite



Fig. 30 - Le gemme possono essere colonizzate dal micelio svernante



Come già detto l'oidio può trascorrere l'inverno in duplice forma:

- micelio all'interno delle gemme infette (Fig. 30);
- corpi fruttiferi (cleistoteci) (Fig. 31).

Il micelio presente sull'apparato fogliare, in tarda estate-inizio autunno può infettare le future gemme durante la loro formazione e rimanere latente, protetto all'interno delle perule, fino alla primavera successiva.

Fig. 31 - Cleistoteci sulle foglie infette



Dopo il germogliamento esso riprende la sua crescita e moltiplicazione e dà avvio alla colonizzazione della nuova vegetazione. I germogli attaccati assumono la particolare conformazione a bandiera ed iniziano subito a produrre un'elevata quantità di conidi che, distribuiti dal vento, possono originare nuove infezioni, diffondendo la malattia.

La pericolosità dei germogli a bandiera è data dal fatto che costituiscono dei veri e propri focolai di infezione. In genere questa forma di svernamento è tipica delle regioni con inverni molto miti ed è fortemente ostacolata dalle basse temperature invernali. Temperature inferiori a -12°C possono, infatti, provocare la morte del micelio di oidio all'interno della gemma (Hill, 1990).

I cleistoteci sono corpuscoli sferici con diametro di circa 0,1 mm; negli stadi giovanili sono trasparenti e successivamente diventano gialli, marroni e, quando completamente maturi, neri



Fig. 32 - Cleistoteci a diversi stadi di maturazione: gialli (giovani), marroni (stadio intermedio) e neri (maturi)

Fig. 33 - Cleistoteco aperto con aschi che contengono le ascospore

(Fig. 32). Ciascun cleistoteco contiene 6 aschi, ciascuno dei quali produce 4-8 ascospore (Fig. 33).

I cleistoteci cominciano a formarsi in massiccia quantità a partire dal mese di agosto sui tessuti infetti, in particolare su foglie e tralci (Fig. 34). Il vento e le piogge autunnali li disperdono nell'ambiente circostante. Le screpolature della corteccia delle piante rappresentano i migliori luoghi di svernamento, ove i cleistoteci riescono a mantenersi vitali ed in grado di germinare nella primavera successiva, con un grado di successo che può raggiungere il 40% (Cortesi e Bisiach, 1999).

Condizioni climatiche autunnali caratterizzate da assenza di piogge e da temperature miti (superiori a 10°C) favoriscono la maturazione e formazione di cleistoteci. Durante il periodo invernale questi corpi fruttiferi riescono a resistere agevolmente alle condizioni avverse, incluse le temperature molto rigide.

Lo svernamento attraverso i cleistoteci è tipico di tutte le zone con inverni freddi.

Le infezioni primarie

I cleistoteci trasportati all'interno delle screpolature della corteccia si conservano sino alla primavera successiva allorché, non appena la temperatura raggiunge i 10°C, in presenza di leggera pioggia (2,5 mm) e con 15-20 ore di bagnatura, si aprono e gli aschi in essi contenuti liberano le ascospore, deputate alla propagazione e diffusione della malattia.

Non appena uscite dagli aschi, se le condizioni climatiche si mantengono favorevoli, le ascospore germinano producendo prima un pre-micelio ed in seguito il micelio vero e proprio che, dopo essere aderito alla superficie delle cellule mediante gli appressori, invia gli austori nelle cellule iniziando il processo parassitario (Gadoury e Pearson, 1998).



Fig. 34 - Infezioni di oidio sul tralcio

Dopo un periodo d'incubazione, variabile secondo la temperatura tra i 7-8 e i 10-12 giorni, l'infezione diventa visibile sotto forma del tipico micelio biancastro dal quale si differenziano conidiofori e conidi che daranno il via alle infezioni secondarie estive. Le infezioni primarie si esauriscono nella prima parte della stagione. I conidi sono invece responsabili delle infezioni secondarie tipiche della stagione estiva ed autunnale. I rispettivi ruoli quantitativi, sia dello svernamento gemmario, sia dello sviluppo dei cleistoteci, non sono ancora stati quantificati (Viccinelli *et al.*, 1996). Generalmente l'infezione primaria interessa le foglie basali dei germogli che si sviluppano nella parte più bassa della pianta. In annate particolarmente favorevoli ed in presenza di elevato inoculo svernate, le infezioni primarie possono sviluppare pericolosi focolai già ad inizio stagione. L'oidio può infettare i tessuti delle foglie fin dal germogliamento (Fig. 35).

Gli attacchi precoci di oidio possono essere responsabili della gravità della malattia durante la stagione.

Le infezioni secondarie

Queste infezioni possono prendere origine dai conidi prodotti sia dal micelio svernante, sia dal micelio derivante dalle infezioni primarie. I conidi sono delle spore asessuate di circa $28 \times 14 \mu$, dalla forma tonda e leggermente allungata.

Le infezioni secondarie sono favorite dal verificarsi di specifiche condizioni climatiche:

- periodi privi di piogge per più di 6-7 giorni;
- assenza di piogge consistenti (> 25 mm);
- temperature medie variabili tra 20 e 30°C.

Mentre le piogge non favoriscono il progredire della malattia, poiché sono responsabili del dilavamento dei conidi dalle foglie e dell'inibizione della



Fig. 35
Il germoglio può essere attaccato fin dagli stadi iniziali

loro germinazione, l'umidità relativa non rappresenta invece un ostacolo allo sviluppo del fungo: valori compresi tra 40 e 99 % sono sufficienti a consentire la germinazione dei conidi (Hallen e Holz, 2001).

Gli attacchi di oidio, esclusi quelli primaverili da micelio svernante, avven-

gono in estate con una temperatura ottimale di 25-26°C e con un tasso di umidità media atmosferica superiore al 40-50% (Cozzolino, 2004). Con condizioni climatiche favorevoli le infezioni secondarie possono causare gravi danni alla produzione (Fig. 36).

Fig. 36 - Danni dovuti alle infezioni secondarie

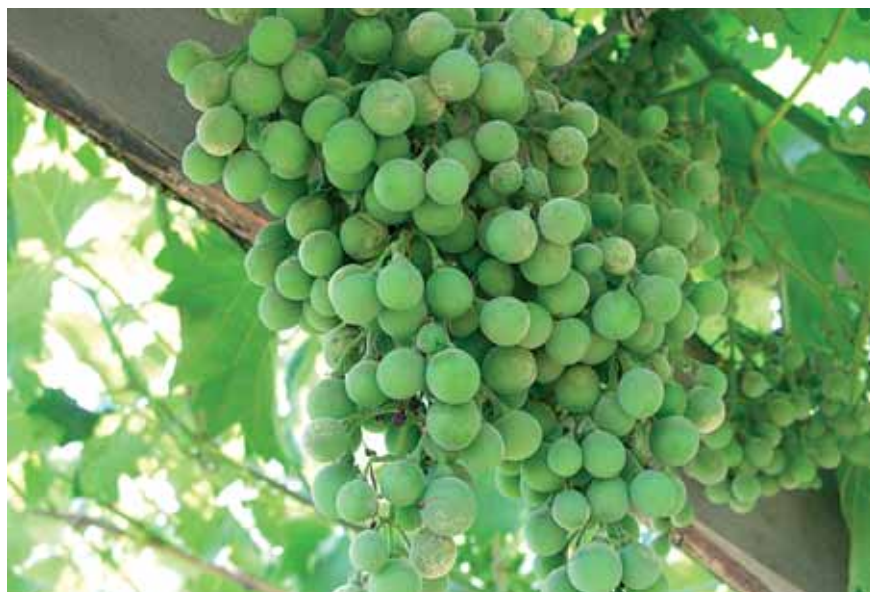




Fig. 37 - L'oidio sverna come cleistotecii o come micelio nelle gemme

Epidemiologia della malattia

Pur essendo una malattia di rilevanza mondiale e nota da tempo, le conoscenze sull'epidemiologia della malattia sono piuttosto carenti, perché l'impossibilità di coltivare il fungo su substrati artificiali e le sue caratteristiche biologiche hanno sempre reso difficoltosa la ricerca. Ad esempio, non è chiaro quali sono, nei diversi ambienti, le modalità prevalenti di svernamento del patogeno, se in forma di cleistotecii e/o di micelio nelle gemme, e qual è il contributo quantitativo della forma di svernamento sulle infezioni estive.

Per lungo tempo si è ritenuto che il fungo svernasse prevalentemente come micelio nelle gemme e che questa forma fosse determinante nell'avvio delle infezioni in primavera, ma negli ultimi anni sono state sempre più numerose le segnalazioni sull'importanza dei cleistotecii come forma di svernamento e fonte di inoculo per

la stagione successiva (Cortesi e Bisiach, 1999) (Fig. 37). Studi condotti con marcatori molecolari, inoltre, hanno rivelato l'esistenza nella specie di due biotipi che sembrano riferibili alle due forme di svernamento. Restano però sconosciuti l'importanza relativa dei due biotipi ed il loro ruolo nell'avvio e nell'evoluzione delle epidemie (Vicinelli *et al.*, 1996).

Nella valutazione del rischio in uno specifico vigneto è importante considerare tutti i fattori che interferiscono con la gravità delle infezioni. In linea generale possiamo distinguere due diversi ambienti:

- aree a basso rischio di infezione (aree fredde in cui sono frequenti e prolungati i tempi di bagnatura);
- aree ad alto rischio di infezione (aree in cui c'è scarsità di pioggia e temperatura medio/alta).

Nelle aree a basso rischio (tipiche di molte zone di pianura e di fondovalle dell'Italia settentrionale) l'oidio si manifesta sporadicamente e la gra-

vità delle infezioni è legata principalmente alla varietà coltivata. In quelle ad alto rischio (in zone settentrionali di collina ed in quelle meridionali) il fungo si manifesta invece in maniera epidemica in quasi tutti gli anni, ma con due tipi di comportamento caratterizzati dalla presenza o l'assenza di germogli a partire dal micelio

svernante. Nelle regioni meridionali si osservano spesso germogli a bandiera nei vigneti sin dalla ripresa vegetativa. Tale situazione è tanto più frequente quanto più elevata era la gravità della malattia nell'anno precedente. Nelle regioni collinari settentrionali si osserva la quasi assenza di germogli a bandiera nei vigneti.

Difesa contro l'oidio

D. Angeli

La prevenzione della malattia

Prima di attuare le misure dirette di controllo è opportuno applicare tutte le misure di profilassi a disposizione (protezione indiretta delle colture) per contrastare, o perlomeno ritardare, la diffusione della malattia all'interno del vigneto.

Tra le più importanti ricordiamo la scelta di varietà meno sensibili alla

malattia, di forme di allevamento che permettono la penetrazione della luce del sole e l'arieggiamento dei grappoli, nonché l'esecuzione di pratiche colturali volte a ridurre il vigore vegetativo. Fondamentale importanza rivestono le normali operazioni agronomiche "a verde", e cioè le operazioni di diradamento dei germogli e di sfogliatura. È importante il mantenimento di un ottimale equilibrio vegeto-produttivo nel vigneto, pertanto tutte le pratiche di forzatura, quali eccessivi apporti idrici e concimazioni abbondanti, favoriscono indirettamente la diffusione di questa patologia.

Fig. 38 - Infezioni agli acini



Il controllo dei sintomi: alcuni suggerimenti pratici

Il controllo in campo è fondamentale nella prevenzione di questa malattia fungina.



Fig. 39 - Prefioritura

L'elevata sensibilità degli acini alla malattia costituisce l'aspetto più problematico della difesa antioidica della vite, anche con riferimento alla difficoltà di prevedere un'epidemia nei vigneti in cui non si osservano germogli a bandiera. In tale situazione, infatti, l'oidio può manifestarsi repentinamente con infezioni ai grappoli, anche se precedentemente non si erano rilevati sintomi visibili (Fig. 38).

In linea generale, il periodo di prefioritura (Fig. 39) coincide con la comparsa dei primi "germogli a bandiera" oppure dei primi sintomi fogliari che danno l'avvio alla difesa antioidica. Sempre tenuto conto di quanto detto precedentemente, in genere se non ci si trova in zone ad alto rischio, non è opportuno dare inizio agli interventi prima della comparsa della quinta o sesta foglia.

A partire da questo stadio è opportuno verificare la presenza di oidio nel vigneto.

Le modalità di osservazione consistono nel controllo di 50-100 foglie per appezzamento, preferendo quelle basali dei germogli prossimi al legno vecchio.

Il controllo va eseguito osservando la pagina inferiore, poiché è in questa posizione che le macchie sono in genere più facilmente visibili (Mattedi e Varner, 2000) (Fig. 40). Nel periodo che va dalla fioritura all'allegagione

Fig. 40 - Il controllo è facilitato se eseguito sulla pagina inferiore





Fig. 41
La massima suscettibilità va dalla fioritura all'allegagione

si registra la massima pericolosità dell'oidio (Fig. 41). In particolare, il momento di massima sensibilità per la pianta è identificato con la fine della fioritura, quando gli acini giovani, appena formati, si liberano dei cappucci fiorali e quindi rimangono senza protezione. In questa fase è perciò molto importante assicurare una corretta copertura con prodotti fungicidi.

La fase tra l'allegagione e l'invaia-tura, quando gli acini si accrescono rapidamente, è anch'essa piuttosto suscettibile (Fig. 42).

Il tipo di principio attivo e la durata dell'intervallo tra i trattamenti variano in funzione della pressione della malattia, delle condizioni meteorologiche e dell'accrescimento vegetativo.

Raggiunta la fase fenologica dell'invaia-tura, gli acini non sono più infettabili dall'oidio se non nelle loro parti ancora verdi (Fig. 43).

Soprattutto in annate con maturazio-

ne ritardata, sui grappoli delle varietà sensibili può verificarsi un attacco relativamente tardivo e perciò le piante devono essere trattate fino a tardi nella stagione.

La gestione della difesa contro l'oidio

Le caratteristiche biologiche del fungo (duplice modalità di conservazione durante l'inverno e ampi limiti climatici per lo sviluppo), unite all'azione devastante delle infezioni ai grappoli ed alla difficoltà di individuare i primi sintomi, rappresentano un ostacolo alla realizzazione di criteri razionali di intervento contro l'oidio. Ciò conduce frequentemente ad una difesa di tipo essenzialmente "preventivo-cautelativo", con trattamenti più o meno cadenzati a partire dalla ripresa vegetativa.

Come per la peronospora, anche per l'oidio della vite numerose sono state



Fig. 42 - Tra allegagione ed invaiatura i grappoli sono ancora sensibili

Fig. 43 - L'acino maturo non è più suscettibile

le proposte di modelli di previsione della malattia basati sull'andamento dei parametri climatici; tuttavia la complessa biologia ed epidemiologia del patogeno ha sempre reso difficile la loro applicazione al di fuori della regione in cui erano stati sviluppati, ostacolando la diffusione e l'utilizzazione pratica di questo approccio. Il punto di partenza nella pianificazione della difesa contro l'oidio è dato

dall'attribuzione del livello di rischio cui è soggetto il vigneto in questione; questo può essere preventivamente stabilito in base ai parametri pedoclimatici della zona di coltivazione e biologici del fungo (presenza o assenza di germogli infetti per via gemmaria), ma deve essere supportato da una profonda conoscenza del vigneto e dell'andamento della malattia negli anni precedenti.

Fig. 44 - I vigneti di fondovalle costituiscono in genere aree a basso rischio



Fig. 45 - I vigneti nelle zone collinari esposte al sole costituiscono in genere aree ad alto rischio



Nelle due tipologie di rischio precedentemente descritte troviamo vigneti in cui, per le caratteristiche pedoclimatiche, l'oidio costituisce normalmente un problema secondario e quindi facilmente gestibile (aree a basso rischio), e vigneti in cui invece esso si manifesta in modo epidemico, costantemente in tutti gli anni (aree ad alto rischio). Nei seguenti capitoli si riportano gli aspetti più generali dell'impostazione della difesa, con particolare riferimento alla situazione trentina.

Aree a basso rischio di infezione

Attualmente, nelle zone a basso rischio (pianura e fondovalle) (Fig. 44), la gravità delle infezioni di oidio comporta una difesa pianificata senza una rigida imposizione preventivo-cautelativa, ma adattata nel corso della stagione in base all'evoluzione della malattia del vigneto.

In questi vigneti l'oidio è da considerare una malattia secondaria rispetto ad altri patogeni come ad esempio la peronospora, pertanto la difesa è costituita dalla modulazione degli interventi in base alla durata della protezione assicurata dai prodotti utilizzati, alla compatibilità e agli effetti collaterali dei trattamenti effettuati contro i patogeni/parassiti principali.

Aree ad alto rischio di infezione

Nelle aree ad alto rischio (collinari) (Fig. 45) si possono distinguere due situazioni distinte secondo le modalità di svernamento del patogeno:

- assenza di germogli a bandiera alla ripresa vegetativa;
- presenza di germogli a bandiera alla ripresa vegetativa.

La prima è la situazione più diffusa negli ambienti favorevoli alla malattia ed è caratterizzata da un quadro epidemiologico di difficile previsione.

L'aspetto più controverso riguarda i trattamenti di prefioritura: se da un lato i primi centri di infezione possono passare inosservati e costituire la premessa per attacchi epidemici difficilmente arrestabili, dall'altro diverse esperienze hanno dimostrato che gli attacchi epidemici avvengono solo raramente prima della fioritura (Cozzolino, 2004). Di conseguenza in tale fase si può programmare l'inizio della difesa.

Le linee guida spesso consigliate prevedono la protezione cautelativa a partire dalla fase di fioritura, definendo il momento iniziale di intervento in base a diversi elementi specifici del vigneto in questione, quali l'an-

damento climatico della stagione, la presenza di sintomi precoci ed il potenziale d'inoculo (entità degli attacchi dell'anno precedente).

La presenza nel vigneto di centri di infezione costituiti da "germogli bandiera" rappresenta invece, sul piano fitoiatrico, la situazione più "semplice", in quanto il precoce insediamento del patogeno e la sua elevata capacità di diffusione costringono ad una protezione continua delle piante. Il problema si riduce, per tutto il periodo di suscettibilità dei grappoli (fioritura-invaiaitura), ad un corretto posizionamento degli interventi in base alla durata della copertura protettiva offerta dai prodotti impiegati.

La difesa integrata

D. Angeli

La difesa integrata è un metodo di coltivazione che consiste nell'integrazione di metodi biologici, tecnici e chimici per la protezione contro insetti e malattie nel rispetto e salvaguardia dell'uomo, dell'ambiente e dell'entomofauna utile.

La difesa integrata fa uso delle tecniche biotecnologiche più evolute per il controllo dei parassiti e ricorre alla chimica solo quando è necessario, avendo però l'accortezza di impiegare composti a basso impatto ambientale in grado di degradarsi e di non lasciare residui a pochi giorni dall'applicazione. Le popolazioni di patogeni e parassiti sono costantemente tenute sotto controllo mediante accurati monitoraggi in campo (Fig. 46). Questi controlli sono fondamentali per attuare correttamente la lotta integrata e si basano oltre che sulle osservazioni anche su precisi metodi scientifici e/o approcci innovativi (es. trappole a feromoni). I dati ambientali, come temperatura, umi-

dità, pioggia, ore di sole, sono raccolti dalle centraline meteorologiche ed elaborati.

Questi dati possono essere utilizzati per lo sviluppo di modelli matematici in grado di simulare il ciclo di sviluppo di patogeni e parassiti e prevederne l'evoluzione e il grado di rischio (es. tabella di Mills, R.I.M., per la ticchiolatura del melo).

Per combattere naturalmente i parassiti delle piante si cerca di favorire l'instaurarsi dell'equilibrio biologico tra popolazioni dannose ed utili. Questo principio, cardine della difesa integrata, nasce dal fatto che l'uso indiscriminato di principi attivi ad ampio spettro elimina i nemici naturali di patogeni e parassiti favorendone la proliferazione e aumenta il rischio di sviluppo nella popolazione di ceppi resistenti agli antiparassitari, con conseguente perdita di efficacia di un prodotto chimico. Questo fenomeno costringe prima ad aumentare le dosi dei trattamenti e poi a sostituire



Fig. 46 - Le osservazioni nel vigneto sono fondamentali per l'attuazione della difesa integrata

il prodotto chimico ormai inefficace con molecole diverse.

Nell'impostazione di corretti programmi di difesa integrata, l'adozione di specifiche strategie assume un'importanza rilevante al fine di evitare l'insorgenza dei fenomeni di resistenza. Tali strategie consistono nell'impiegare in maniera alternata vari principi attivi caratterizzati da diversi meccanismi d'azione per impedire il consolidamento di ceppi resistenti nella popolazione del fungo. La strategia anti-resistenza deve necessariamente iniziare prima che il principio attivo perda efficacia. Va tenuto in considerazione anche il meccanismo d'azione di una molecola: i principi attivi che agiscono su un "singolo sito" (es. bloccando uno specifico enzima) sono più predisposti ad indurre lo sviluppo di popolazioni resistenti rispetto a quelli che invece agiscono su più siti (es. denaturando le proteine). Un ulteriore aspetto importante della difesa integrata è accettare i

danni al di sotto di una determinata soglia (soglia di tolleranza).

Questa soglia è costituita dal livello di danno economicamente accettabile che si ha quando il costo della perdita di produzione che si avrebbe senza il trattamento eguaglia il costo dell'intervento che si andrebbe a effettuare. Al superamento della soglia di tolleranza, per non compromettere il raccolto, si preferisce intervenire con principi attivi selettivi, in grado cioè di colpire lo specifico parassita, ma di non intaccare l'equilibrio biologico.

In Trentino, la lotta nei confronti dell'oidio è generalmente eseguita tenendo conto anche della peronospora al fine di risparmiare sul costo dei trattamenti.

La scelta del principio attivo cade spesso su prodotti efficaci nei confronti delle due malattie oppure si fanno coincidere gli interventi antioidici con quelli antiperonosporici (Fig. 47). I fungicidi antioidici attualmen-



te disponibili sul mercato si possono raggruppare in due grandi categorie:

- prodotti di copertura con azione preventiva (es. prodotti a base di zolfo);
- prodotti endoterapici con attività curativa e/o eradicante, in grado cioè di bloccare infezioni di oidio in atto (es. inibitori della biosintesi degli steroli). Questi ultimi possono essere dotati di azione translaminare (applicati su un lato della foglia, possono attraversare i tessuti) o sistemica (sono traslocati seguendo i flussi della linfa nella pianta, comprendo ad esempio la vegetazione in fase di sviluppo).

Zolfo

Lo zolfo è stato impiegato contro l'oidio sin dalla seconda metà del XIX secolo e rappresenta ancor oggi il mezzo più economico ed utilizzato in agricoltura (Hewitt, 1998) (Fig. 48).

Lo zolfo agisce allo stato elementare come vapore sul micelio e sulle spore del parassita.

La sua azione danneggia diversi aspetti della biologia del fungo (meccanismo d'azione "multisito") non permettendo, di conseguenza, l'insorgere di fenomeni di resistenza. Penetra nella cellula fungina grazie alla sua liposolubilità ed agisce danneggiando la membrana cellulare e determinando la fuoriuscita dell'acqua. La morte del fungo avviene quindi principalmente per disidratazione.

L'azione anticrittogamica dello zolfo varia in funzione della temperatura, dell'umidità relativa ambientale e della finezza delle particelle. Poiché lo zolfo funziona in fase di vapore, le basse temperature e l'elevata umidità relativa ne riducono l'efficacia. Con temperature elevate (oltre i 25°C) lo zolfo sublima velocemente e garantisce una copertura per tempi limitati (4 o 5 giorni), mentre con temperature più basse l'azione è prolungata



Fig. 47 - In Trentino i trattamenti antioidici estivi si fanno spesso coincidere con quelli antiperonosporici

Fig. 48 - Grappolo trattato con zolfo

(fino a 6 o 7 giorni). L'azione fungicida dello zolfo inizia ad esplicarsi a 10-12°C con zolfi fini e a 18-20°C con quelli più grossolani.

Lo zolfo utilizzato nei trattamenti liquidi (composti da particelle più fini), sono più efficaci dei corrispondenti polverulenti che devono essere utilizzati a dosaggi più elevati; questi ultimi garantiscono però una migliore penetrazione all'interno della massa verde ed un'efficacia elevata soprattutto ad alte temperature (Muccinelli, 2000).

Lo zolfo è un prodotto non compatibile con oli minerali e antiparassitari a reazione alcalina (polisolfuri, poltiglia bordolese, ecc.) ed ha un'azione secondaria contro gli acari. Sul mercato è disponibile una vasta gamma di prodotti contenenti zolfo in diverse formulazioni.

- *Zolfo bagnabile* - è un anticrittogamico idrosospensibile.
- *Zolfo bagnabile e cere terpeniche* - si tratta di un fungicida contenente

zolfo bagnabile con l'aggiunta di alcoli terpenici per migliorare l'adesività e la persistenza del prodotto, riducendo nel contempo i rischi di fitotossicità.

- *Zolfo micronizzato* - la formulazione è polvere bagnabile ed è costituito da particelle di 3 - 5 μ che si ottengono per macinazione di zolfi sublimati.
- *Zolfo polverulento ventilato* - è formulato come polvere secca e la distribuzione deve essere eseguita con impolveratori meccanici ad erogazione regolabile per ottenere una nube che investa la vegetazione, ricoprendola uniformemente. Vanno evitati i trattamenti nelle ore più calde a causa del rischio di fitotossicità.
- *Zolfo colloidale* - è costituito da particelle molto fini con caratteristiche colloidali. Esistono, inoltre, prodotti di questo tipo in cui lo zolfo è mescolato ad altre sostanze di varia natura quali composti rameici

o composti proteici (proteinato di zolfo). In genere, gli zolfi colloidali sono più fitotossici e meno persistenti rispetto alle formulazioni polverulente.

- *Zolfo bentonitico* - si ottiene facendo adsorbire lo zolfo fuso da argilla bentonitica. È una formulazione poco conosciuta e diffusa a causa del complesso processo di produzione.

Attualmente, a differenza di quanto è avvenuto per il rame in agricoltura biologica, non esiste una limitazione all'impiego dello zolfo in viticoltura. Tuttavia le discussioni sono frequenti a causa dei suoi noti effetti tossici nei confronti dell'uomo e dell'entomofauna utile, la sua fitotossicità nei confronti dei tralci in presenza di temperature elevate ed i problemi di interferenza sul processo di fermentazione, soprattutto nel caso di vitigni bianchi a maturazione anticipata. Relativamente alle strategie di impiego dello zolfo, sono da preferire applica-

zioni con zolfo polverulento nel periodo antecedente la fioritura ed in fase di prechiusura grappolo, limitandone al massimo l'uso nell'ultimo periodo della stagione al fine di evitare inconvenienti durante la vinificazione. Una considerevole presenza di zolfo sulla superficie dei grappoli determina, infatti, l'alterazione dei processi di fermentazione; in particolare i lieviti impiegati, in determinate condizioni, trasformano lo zolfo in acido solfidrico attraverso una reazione di riduzione. Se la quantità di acido solfidrico rimane limitata essa è eliminata in parte per volatilità ed in parte per precipitazione con il rame, mentre se si verificano degli eccessi della stessa si hanno alterazioni organolettiche del vino (percezione di odori anomali e sgradevoli) (Fig. 49). Frequentemente, nella linea di difesa adottata per il controllo di questa crittogama, nelle zone soggette ad alto rischio e dove si produce vino di "qualità", si usa alternare lo zolfo con i nuovi prodotti chi-



Fig. 49 - Eccessivo uso di zolfo può causare problemi al vino

mici a minore impatto (triazoli, strobilurine, quinoline e spiroxamine).

I fungicidi chimici di sintesi

Inibitori della biosintesi degli steroli

Detti anche Inibitori della Biosintesi dell'Ergosterolo (IBE), sono prodotti endoterapici con azione preventiva e curativa. Tra gli IBS si annoverano una serie di sostanze tra cui i triazoli (penconazolo, esaconazolo, tetrakonazolo, tebuconazolo, difenoconazolo, fenbuconazolo, flusilazolo, cyproconazolo, myclobutanil, triadimefon, triadimenol), le pirimidine (fenarinol, nuarimol), le piridine (pyrifenox), i derivati delle piperazine (triforine). Tali sostanze sono estremamente efficaci contro diversi funghi fitopatogeni quali l'oidio della vite, l'oidio e la ticchialatura del melo, l'oidio del pesco,

l'oidio delle colture orticole e floreali. Agiscono sul fungo inibendo lo sviluppo del micelio e dei rami conidiofori. In particolare sono capaci di inibire la sintesi di un enzima implicato nella biosintesi dell'ergosterolo, alterando così la sintesi della membrana cellulare a causa della sua carenza. A conseguenza dell'inibizione si verifica un accumulo di precursori degli steroli che sono tossici per il metabolismo del fungo (Pertot *et al.*, 2006). Gli IBS sono dotati di una parziale sistemica e cioè la maggior parte del principio attivo viene assorbito dalla vite nelle due o tre ore successive all'applicazione e traslocato. Un alto grado di umidità relativa dell'aria e temperature comprese fra i 15-20°C rappresentano le condizioni ottimali per il loro assorbimento nella pianta. Sono consigliati in fase di post-fioritura e si possono impiegare fino alla prechiusura del grappolo soltanto in caso di gravi attacchi. Per questi fungicidi esiste il pericolo dell'insorgenza

di fenomeni di resistenza, perciò è bene utilizzarli non più di tre volte all'anno, alternandoli con principi attivi con diversi meccanismo d'azione.

Strobilurine

Le strobilurine sono un gruppo di composti noto come fungicidi a meccanismo QoI STAR (Strobilurin Type Action and Resistance) i cui principi attivi sono azoxystrobin, trifloxystrobin e kresoxim-methyl. La struttura delle strobilurine di sintesi è molto simile a molecole naturali prodotte da un fungo (*Strobilurus tenacellus*). Agiscono esclusivamente sul processo di respirazione inibendo la catena di trasporto degli elettroni a livello dei mitocondri, con conseguente arresto della produzione di energia. Il principio attivo non ha attività sistemica, ma si fissa sulle cere dei tessuti trattati ed ha un'azione preventiva. La loro persistenza d'azione raggiunge gli 8-10 giorni. Le strobilurine hanno un

ampio spettro d'azione e sono efficaci anche a dosaggi molto bassi. A causa del meccanismo di azione "a singolo sito", anche per loro sussiste il pericolo di insorgenza di fenomeni di resistenza del patogeno, perciò non possono essere distribuite più di tre volte nel corso della stagione e mai oltre due applicazioni consecutive. Generalmente su vite se ne consiglia l'uso in due trattamenti consecutivi come antioidici nel corso del periodo successivo alla fioritura.

Quinoxifen

Sono degli antioidici specifici appartenenti alla nuova famiglia delle fenossiquinoline. Il quinoxifen appartenente a questa famiglia di molecole svolge un'azione esclusivamente preventiva inibendo la germinazione delle spore e dei conidi. Attualmente il suo preciso meccanismo d'azione non è ancora stato chiarito, anche se è emerso che differisce da quello de-



Fig. 50
Prefioritura

gli IBS e delle strobilurine, conferendo a questa molecola un ruolo utile nelle strategie antiresistenza (può costituire una molecola da alternare a IBS e strobilurine). È caratterizzata da un'elevata lipofilia che gli consente di accumularsi nelle cere cuticolari ed è anche in grado di penetrare nei tessuti vegetali, ma con una limitata capacità di traslocazione. Il quinoxifen è molto resistente al dilavamento ed è in grado di agire anche a basse temperature. Ha una buona azione preventiva e pertanto può essere impiegato nella fase di prefioritura con cadenza di 8-10 giorni (Fig. 50).

Spiroxamina

La spiroxamina è una nuova sostanza attiva appartenente alla famiglia delle Spiroketalamine, registrata in Trentino nel protocollo d'intesa il 25 ottobre 2005. La spiroxamina è in grado di agire bloccando quattro enzimi del fungo, intervenendo in più punti del

suo metabolismo. Esse agiscono sul ciclo di biosintesi degli steroli, ma su enzimi diversi rispetto ai triazoli. Questo assume una notevole importanza nelle strategie anti-resistenza, in quanto non presenta fenomeni di resistenza incrociata con triazoli, strobilurine, pirimidine e fenossiquinoline. La spiroxamina penetra rapidamente nei tessuti della pianta ed è caratterizzata da attività preventiva, curativa ed eradicante. Essa, infatti, agisce inibendo la germinazione delle spore e la formazione di appressori ed austori, ostacolando lo sviluppo del micelio prima dell'emissione dei rami conidiofori e determinando il collasso degli organi vegetativi (ife) e riproduttivi (conidiofori e conidi). Il suo impiego è consigliato negli stadi fenologici iniziali, all'allegagione e nella fase finale della stagione o, in alternativa, intervallandola agli IBS nella fase di maggior pericolo per la pianta che è quella che va dalla fioritura alla pre-chiusura del grappolo (ingrossamento acino).

La difesa biologica

D. Angeli, I. Pertot



L'agricoltura biologica

L'agricoltura biologica costituisce un metodo particolare di produzione che si basa sul concetto che in natura tutti gli elementi di un ecosistema, e quindi anche quello dell'azienda agraria, sono in equilibrio e fintanto che esso è preservato non è necessario utilizzare interventi diretti.

L'agricoltura deve perciò operare cercando di rispettare gli equilibri biologici ed intervenire con mezzi naturali solo nelle situazioni in cui essi sono alterati da cause non direttamente controllabili. Il metodo di difesa biologico si basa quindi prevalentemente sull'impiego corretto di pratiche colturali per prevenire le avversità, privilegiando tecniche agronomiche e scelta varietale all'impiego diretto di mezzi tecnici. Ovviamente esclude l'utilizzo di tutti i prodotti chimici di sintesi.

Il Regolamento CEE n. 2092/91 e successive modifiche ed integrazioni costituiscono il quadro normativo co-

munitario in materia di produzione, etichettatura e controllo per la tutela della coltura biologica. Nell'allegato II, parte B (ultima modifica col Regolamento n. 1488/97) sono elencati tutti i mezzi tecnici ad azione antiparassitaria impiegabili in agricoltura biologica. Tra questi troviamo la lecitina, gli oli vegetali ed i microrganismi. In agricoltura sono anche ammessi il polisolfuro di calcio, gli oli minerali, il permanganato di potassio, la sabbia di quarzo, lo zolfo ed il rame (Pertot *et al.*, 2005). L'incremento della domanda da parte del consumatore di prodotti biologici, ma anche semplicemente sani e sicuri, sta spingendo la ricerca verso l'individuazione di nuovi approcci o prodotti naturali a bassissima tossicità e velocemente degradabili. Poiché i modelli di previsione dell'oidio non sono sufficientemente affidabili o sono scarsamente informativi, anche la difesa biologica si basa sui concetti precedentemente esposti, con la differenza che i prin-

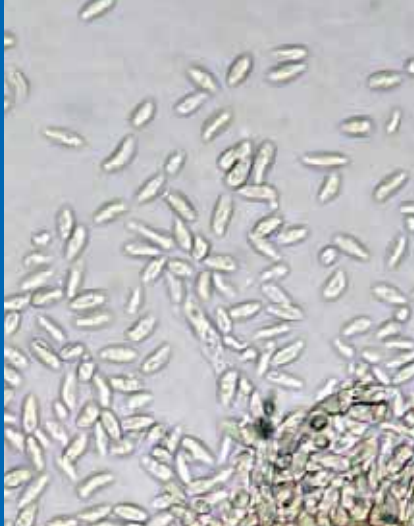


Fig. 51
Ampelomyces quisqualis

Fig. 52
Particolare dei conidi di *Ampelomyces quisqualis*

cipi attivi ivi applicabili sono molto limitati e di conseguenza gli aspetti climatici, agronomici e varietali sono da tenere in primaria considerazione.

Ampelomyces quisqualis: un nemico naturale dell'oidio

Ampelomyces quisqualis Ces. è un microrganismo comunemente presente sia nelle colture agrarie che in ambienti naturali (Fig. 51).

A. quisqualis è un fungo deuteromicete appartenente alla famiglia delle *Dematiaceae*. Il microrganismo è noto sin dal secolo scorso, ma la sua attività di parassitizzazione dell'oidio è stata riconosciuta soltanto negli anni trenta. *A. quisqualis* è un micoparassita specifico degli oidi (*Erysiphaceae*) e potendo vivere a spese di numerosi funghi appartenenti a questa famiglia ha uno spettro di azione

molto vasto nei confronti di oidi di numerose specie vegetali. In letteratura sono segnalate più di 64 specie di oidio suscettibili all'attacco dell'antagonista tra cui i generi *Sphaerotheca*, *Uncinula*, *Podosphaera*, *Erysiphe* e *Brasilomyces*.

A differenza di altri antagonisti, come *Trichoderma* spp., che producono sostanze antimicrobiche, inducono resistenza nella pianta o competono per nutrienti e spazio con il patogeno, *A. quisqualis* agisce come vero e proprio iperparassita vivendo a spese del fungo patogeno.

A. quisqualis invade il citoplasma delle cellule dell'oidio causandone una rapida degenerazione. Cresce internamente a ife, conidiofori e giovani cleistoteci dell'oidio, distruggendo quindi sia lo stadio sessuato che quello asessuato dell'oidio e producendo i suoi corpi fruttiferi (picnidi) (Falk *et al.*, 1995a,b).

I conidi (Fig. 52) di *A. quisqualis* sono prodotti all'interno dei picnidi



Fig. 53
Cleistotecio
parassitizzato da
*Ampelomyces
quisqualis*

che si sviluppano intercellularmente al micelio dell'oidio. I conidi sono unicellulari, ialini, guttulati e immersi in una matrice mucillaginosa all'interno del picnidio. In presenza d'acqua la matrice si gonfia ed i conidi sono rilasciati attraverso un forellino in forma di cirro. In circa 10-20 ore, in condizioni di elevata umidità (presenza di un velo di acqua) ed una temperatura tra 20 e 30°C, i conidi possono germinare e penetrare all'interno di ife di oidio presenti nelle vicinanze (Kiss, 1998).

A. quisqualis riconosce la presenza di oidio e la germinazione delle spore è favorita dalla presenza di metaboliti dell'oidio stesso.

La penetrazione è sia enzimatica che meccanica: nel punto di penetrazione si forma una specie di appressorio e vengono prodotti enzimi litici. Dopo la penetrazione *A. quisqualis* continua la sua crescita internamente alle ife dell'oidio producendo i suoi picnidi dopo circa 5-8 giorni.

L'umidità relativa elevata favorisce anche la crescita e la sporulazione, oltre che la germinazione. I conidi di *A. quisqualis* sono dispersi sulla pianta dalle gocce di pioggia, ma possono anche compiere grandi distanze, trasportati all'interno di conidi di oidio parassitizzati (Sztejnberg *et al.*, 1990; Kiss *et al.*, 2004).

Le colonie di oidio parassitizzate assumono un aspetto bianco-grigiastro, ma sono tuttavia molto difficili da riconoscere ad occhio nudo. Durante la stagione si possono verificare diversi cicli biologici di *A. quisqualis* a carico dell'oidio. In condizioni naturali la presenza di *A. quisqualis* si può rilevare fino a tardi nella stagione.

Non ci sono molte informazioni sullo svernamento di *A. quisqualis*, ma in genere si ritiene che esso avvenga all'interno dei cleistoteci parassitizzati (Szentivanyi e Kiss, 2003) (Fig. 53).

Le nuove infezioni a carico dell'oidio nella stagione seguente avvengono con il rilascio dei conidi dai cleisto-

teci parassitizzati in primavera. In generale quando si usano micoparassiti come agenti di controllo biologico bisogna tollerare un certo grado di presenza della malattia.

La parassitizzazione di *A. quisqualis* nei confronti dell'oidio causa una riduzione degli effetti negativi della malattia sulla pianta ospite, ma il suo utilizzo esclusivo nei confronti dell'oidio della vite non è sufficiente a controllarla in modo soddisfacente (Angeli *et al.*, 2006a).

A. quisqualis non produce composti fungitossici, ma distrugge lentamente le colonie di oidio, processo che richiede non meno di 5-7 giorni. Se la sporulazione dell'oidio è molto intensa difficilmente *A. quisqualis* è in grado di fermarla completamente. Bisogna tenere presente che esiste anche un intervallo di tempo tra l'attacco di *A. quisqualis* e l'effetto sulla colonia di oidio. Un altro fattore limitante è l'elevata umidità relativa richiesta da *A. quisqualis*: le condizioni asciutte

che favoriscono lo sviluppo dell'oidio non sono favorevoli per l'azione dell'iperparassita. *A. quisqualis* è compatibile con numerosi fungicidi come triforine, triadimefon, myclobutanil e altri fungicidi e tollera anche la miscela estemporanea con diversi acaricidi ed insetticidi, favorendone l'utilizzo anche nella difesa integrata. *A. quisqualis* sembra non interferire con nessun altro fungo al di fuori degli oidi e non ha nessun effetto sulla fermentazione (Kiss *et al.*, 2004).

I prodotti impiegabili in viticoltura biologica

Attualmente l'unica sostanza attiva pienamente efficace nel controllo dell'oidio è lo zolfo, le cui caratteristiche sono state descritte nel precedente capitolo. Lo zolfo è di utilizzo tradizionale nell'agricoltura e per questo è stato inserito tra i prodotti impiegabili in agricoltura biologica. Al momento

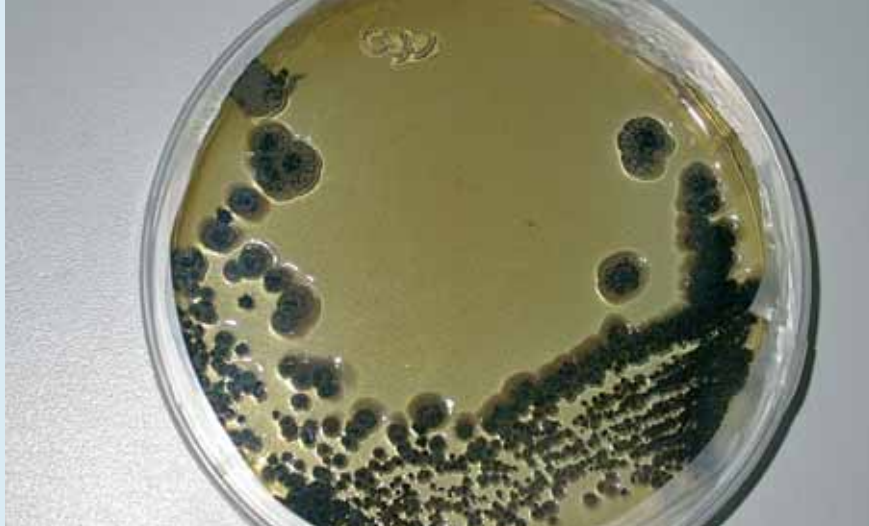


Fig. 54
Colonia di
*Ampelomyces
quisqualis* su
substrato artificiale
in laboratorio

non esistono limitazioni all'impiego dello zolfo se non quelle dettate da alcuni noti rischi e problemi, come la fitotossicità nei confronti dei giovani tralci, la tossicità nei confronti di acari predatori o i problemi di interferenza sul processo di fermentazione. In alternativa allo zolfo, in agricoltura biologica si possono utilizzare alcuni prodotti che non sono stati ancora valutati in modo esaustivo. Negli ultimi due anni l'attenzione degli agricoltori si è rivolta in particolare verso l'unico prodotto attualmente registrato per l'uso biologico, il fungo micoparassita *A. quisqualis*. In ambito sperimentale invece si stanno ancora valutando sali (bicarbonati di sodio e potassio), complessi enzimatici, estratti vegetali od oli ed infine composti induttori di resistenza della pianta. In realtà si tratta di prodotti che da soli non sono tuttora in grado di assicurare un'adeguata protezione delle colture, ma possono contribuire alla riduzione dei quantitativi di zolfo impiegati attra-

verso la loro combinazione in strategie di difesa, sostituendo lo zolfo nei momenti in cui la malattia si manifesta con minor aggressività.

Le alternative allo zolfo: i prodotti commerciali

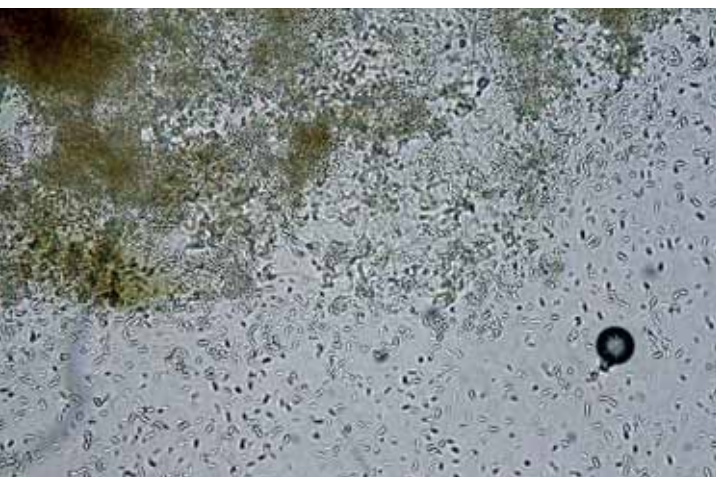
Ampelomyces quisqualis

Uno specifico ceppo di *A. quisqualis* (Fig. 54), isolato in Israele, è stato formulato e commercializzato con il nome di AQ10. Questo prodotto, che contiene i conidi di *A. quisqualis*, (Fig. 55) rappresenta l'unico fungicida attualmente disponibile sul mercato che può essere utilizzato contro l'oidio della vite in alternativa allo zolfo. AQ10 è impiegabile durante tutto l'arco della stagione, ma è consigliato in condizioni di medio-bassa pressione della malattia (< 3% di superficie fogliare colpita) e soprattutto in prossimità dell'invaiaitura e della

raccolta, col duplice scopo di ridurre il problema dei residui di zolfo durante i processi di vinificazione e non danneggiare la conservazione degli aromi tipici del vino. L'interesse verso l'impiego di questo micoparassita assume una particolare importanza nel periodo pre e post vendemmia allorché i trattamenti sono indirizzati contro le forme di svernamento dell'oidio. Nella lotta biologica, l'impie-

go di AQ10 può essere attuato con una serie di trattamenti inoculativi volti ad aumentare la popolazione dell'antagonista fino a livelli tali da garantire un livello di oidio accettabile economicamente. In realtà tenendo conto della fase fenologica della vite e della pressione della malattia, è auspicabile un impiego integrato di zolfo ed AQ10, poiché il solo micoparassita non garantisce un'efficace protezione della vegetazione (Angeli *et al.*, 2006a). Questo mezzo di controllo biologico dell'oidio presenta una molteplicità di vantaggi rispetto al tradizionale zolfo: è in grado di attaccare i cleistoteci svernanti, è selettivo nei confronti degli ausiliari (fitoseidi), non è fitotossico, non lascia residui, non interferisce in alcun modo con i processi di vinificazione ed infine è assolutamente sicuro sia per l'operatore agricolo, sia per l'ambiente. Una forte limitazione nelle applicazioni di AQ10 nel vigneto è però rappresentata dalla esigenza

Fig. 55 - *Ampelomyces quisqualis* (AQ10)



dell'organismo di particolari condizioni climatiche, in particolare non tollera temperature troppo elevate ed esige alta umidità relativa. Per tal motivo il prodotto commerciale deve essere miscelato con un olio estivo o con un coadiuvante per evitare la disidratazione delle spore (Benuzzi, Baldoni, 2000).

Le alternative allo zolfo: i prodotti sperimentali

Bicarbonati di sodio e potassio

Il bicarbonato di sodio è una sostanza naturale. Si tratta di un sottoprodotto della soda che presenta una buona azione contro l'oidio. Non è tossico e non è considerato un antiparassitario. Il sale di potassio invece è un prodotto sintetizzato partendo dall'idrossido di potassio. Esperienze positive si sono avute nel campo della viticoltura con

l'utilizzo di concimi fogliari a base di potassio che in molti casi hanno evidenziato un'attività pari a quella dei normali prodotti antioidici di sintesi. L'azione dei bicarbonati sembra dovuta al danneggiamento della membrana delle cellule nelle spore e dall'innalzamento del pH a livello della superficie fogliare che crea un ambiente inadatto alla germinazione delle spore del patogeno (Pertot *et al.*, 2005). I cristalli di bicarbonato formano una barriera meccanica per le ife germinanti, ritardando lo sviluppo del micelio ed incrementando la flora batterica. Questi prodotti hanno un meccanismo ad azione preventiva: il momento e la dose di utilizzo sono molto importanti. Un uso non corretto del bicarbonato di sodio può, infatti, comportare la comparsa di ustioni fogliari e accumulo di sodio nel suolo con conseguente alterazione del pH e rallentamento della crescita delle piante (Quarles, 2004). Generalmente i bicarbonati si impiegano alla dose



Fig. 56 - Sintomi di fitotossicità in seguito all'applicazione di prodotti sperimentali

di 0,5-1,0% prima della fioritura e 1,0-1,5% dopo la fioritura, evitando di miscelarli con preparati acidi. L'attività del bicarbonato di sodio non è molto persistente; viene, infatti, facilmente dilavato anche da abbondanti rugiade. Per favorirne la corretta distribuzione sulle foglie è spesso applicato alla pianta con l'aggiunta di un bagnante. Dato che i bicarbonati di sodio e potassio non sono degli antiparassitari, possono essere applicati liberamente in agricoltura biologica (circolare del ministero dell'agricoltura), anche se non specificatamente indicati nell'allegato II B.

Silicati di sodio e potassio

Sono composti a base di sali dell'acido salicilico derivante dalla fusione di sabbia di quarzo con soda (silicato di sodio) e potassio (silicato di potassio). Sono prodotti cosiddetti "di arresto, poiché formano un film di protezione meccanica e incrementa-

no la resistenza al patogeno attraverso l'irrobustimento delle cellule dell'epidermide, svolgendo una duplice azione: preventiva e protettiva.

Tali prodotti sono utilizzabili ad un dosaggio variabile tra i 3 e 5 kg/ha, normalmente in combinazione con zolfo. Si consiglia di non concentrare questi prodotti più di 2,5 volte e di impiegarli durante il periodo di fioritura. Esiste il rischio che si manifestino sintomi di fitotossicità sulle foglie più vecchie (Fig. 56) e sull'uva sottoforma di necrosi e ritardi di maturazione sulle varietà sensibili.

Polisolfuro di calcio

Il polisolfuro di calcio è un composto inorganico a base di zolfo e calcio dotato di proprietà insetticida e fungicida. È stato inserito nell'allegato II B del Regolamento 2092/91 sotto la dicitura di zolfo calcico. È un prodotto semplice che, una volta esplicata la sua azione, subisce processi di de-

gradazione elementari senza lasciare residui nell'ambiente e quindi non è pericoloso per l'uomo, gli animali e gli insetti utili. Il polisolfuro di calcio agisce essenzialmente per contatto in quanto è dotato di un'azione caustica a carico della strato ceroso della epicuticola degli insetti, con conseguenti fenomeni di disidratazione e disseccamento delle cellule. L'azione fungicida si ha invece a carico di alcune crittogame fra cui corineo, bolla, oidio e ticchiolatura. Contro l'oidio l'azione tossica è espletata dallo zolfo attivo (mono e polisolfurico) e coadiuvata dalla naturale causticità del prodotto. Il polisolfuro, infatti, sulla pianta libera zolfo allo stato nascente, derivante cioè da una reazione di scissione molecolare dei solfuri, a seguito di fenomeni ossidativi delle molecole degli stessi. Lo zolfo elementare, che si libera dalla reazione, agisce tal quale e come idrogeno solforato, il quale risulta assai tossico per molti insetti e funghi. I dosaggi generalmente uti-

lizzati in inverno sono fitotossici per la vegetazione, perciò nei trattamenti dopo la fioritura è necessario ridurre le dosi (Benuzzi e Vacante, 2004). La capacità antiparassitaria del polisolfuro dipende soprattutto dalla tipologia di zolfo combinato sotto forma polisolfurica (bi-tri-tetra-pentasolfuro di calcio, ecc.). Lo zolfo monosolfurico è il meno attivo rispetto alle altre forme, poiché è più fortemente legato chimicamente al calcio e quindi si libera con più difficoltà.

Oli minerali e di origine vegetale

Oli minerali (invernali ed estivi) e di origine vegetale trovano impiego per contrastare gli attacchi di insetti e funghi. Gli oli probabilmente ostacolano lo sviluppo dei patogeni tramite un'azione idrorepellente che rende difficile l'apporto di acqua al fungo e di conseguenza la sua crescita. (Quarles, 2004).

Oli minerali

Gli oli minerali derivano dalla distillazione del petrolio e trovano impiego nella difesa contro patogeni e parassiti agendo per contatto ed asfissia. Sono in grado di inibire la germinazione delle spore e prevenire le infezioni. Una copertura omogenea della vegetazione è molto importante per garantire l'efficacia dei trattamenti; per questo si consiglia la distribuzione tramite l'uso di ugelli in grado di fornire una micronizzazione uniforme. Si consiglia inoltre di non miscelare o far seguire gli oli minerali con prodotti a base di zolfo. L'insorgenza di fenomeni di fitotossicità si può avere impiegando gli oli minerali ad una temperatura inferiore ai 10°C o superiore ai 32°C su piante in condizioni di stress (Benuzzi e Vacante, 2004).

Oli vegetali

Gli oli vegetali (grassi) sono estratti dai semi e dai frutti di diverse specie vegetali e sono costituiti da acidi grassi esterificati con il glicerolo. In

prevalenza si tratta di acido oleico e linoleico. I prodotti che ne derivano sono prevalentemente utilizzati per applicazioni fogliari ed esplicano un'attività di prevenzione nei confronti dell'oidio, ma sono attivi anche nei confronti della peronospora. L'azione antifungina degli oli vegetali è conosciuta da tempo, anche se lo studio delle loro caratteristiche e delle loro proprietà antiparassitarie è stato approfondito solo in pochi casi.

Analogamente agli oli minerali, essi sono dotati di un ampio spettro d'azione e possono essere utilizzati anche con finalità insetticide e come coadiuvanti per i trattamenti fitosanitari (migliorano la copertura e la penetrazione dei fitofarmaci), ma anche come antitraspiranti e protettivi. Sono in genere rapidamente biodegradabili.

Oli essenziali

Gli oli essenziali sono estratti dalle piante per distillazione ed hanno caratteristiche diverse rispetto agli



Fig. 57 - Efficacia parziale di un composto che induce resistenza nella pianta

oli vegetali. La loro composizione chimica è complessa, essendo costituiti da una miscela di idrocarburi ed altre sostanze (terpeni, sequiterpeni, alcoli, fenoli, aldeidi, chetoni, ecc.). Numerosi oli essenziali sono stati saggiati in vitro, manifestando attività antibatterica oltre che fungicida, e risultano idonei anche per un impiego di post-raccolta per la protezione delle derrate (Donnarumma, 1999). A prescindere dai vincoli normativi, il loro impiego richiede comunque maggiori approfondimenti. Per quanto concerne gli aspetti applicativi in campo, il loro costo è in genere molto elevato.

Induttori di resistenza della pianta

Acido salicilico

È un composto naturalmente presente nelle piante ed è in grado di aumentare la resistenza della pianta alle malattie, aumentare la vita dei fiori e promuovere la sintesi di etile-

ne, ormone che stimola la maturazione dei frutti. Attualmente si usano infusi estemporanei di foglie e rami di salice. L'efficacia nei confronti dei patogeni è molto limitata (Fig. 57).

Reynoutria sachalinensis

Reynoutria sachalinensis è una pianta il cui estratto ha dimostrato proprietà antioidiche su diverse piante ornamentali.

Il meccanismo di azione si basa sul rafforzamento del sistema naturale di difesa della pianta attraverso una stimolazione della produzione di fenoli (fino a cinque volte superiore la norma in seguito al trattamento). In alcuni paesi è commercializzato un prodotto a base di estratti di *R. sachalinensis* (Milsana), che richiede un uso preventivo ed intervalli di applicazione di 7-10 giorni.

Composti derivati dal latte

Il latte ed i suoi derivati di fermentazione sono una ricca sorgente di

composti biologicamente interessanti. In particolare la frazione proteica possiede anche attività antimicrobiche ed antivirali.

Le principali proteine antimicrobiche contenute nel latte e nei suoi fermentati sono la lattoferrina, la lattoperossidasi ed il lisozima. Il sistema della lattoperossidasi è un ottimo conservante naturale che consiste di tre componenti principali: l'enzima lattoperossidasi (LP), il tiocianato (SNC^-) ed il perossido d'idrogeno (H_2O_2).

Questo sistema è presente naturalmente non solo nel latte bovino, ma anche nella saliva dell'essere umano e degli animali ed ha una forte azione antimicrobica. L'enzima LP catalizza l'ossidazione di SNC^- con H_2O_2 portando alla produzione di composti ossidativi che decadono velocemente, come l'anione ipotiocianito che è responsabile dell'azione antimicrobica.

L'effetto è a carico delle membrane

dei microrganismi che sono irreversibilmente danneggiate. Esistono diversi brevetti che proteggono metodi di conservazione degli alimenti basati su questo sistema e gli accresciuti interessi dell'opinione pubblica nei confronti di un'agricoltura più rispettosa dell'ambiente hanno fatto pensare ad un'applicazione anche come fungicidi.

Un promettente fungicida sperimentale, a base del sistema enzimatico lattoperossidasi, è stato sviluppato recentemente da un'azienda olandese (Koppert). Il prodotto sperimentale (KBV 99-01) ha dimostrato la capacità di inibire la germinazione dei conidi di oidio su diverse specie vegetali. È un prodotto ad azione curativa e la migliore efficacia si esplica con applicazioni a tre giorni dall'infezione.

Microrganismi antagonisti

I microrganismi antagonisti, anche chiamati impropriamente agenti di



Fig. 58
Microorganismi
antagonisti isolati
dall'ambiente
in fase di
sperimentazione

controllo biologico (dall'inglese "bio-control agent"), sono microrganismi presenti in natura che possono contenere la crescita del patogeno, mantenendo la sua presenza al di sotto della soglia di danno economico; sono cioè degli antagonisti che non eliminano totalmente il parassita, ma ne limitano lo sviluppo (Kiss, 2003). Commercialmente sono disponibili diversi preparati basati sull'attività di microrganismi antagonisti, chiamati anche biofungicidi.

Si tratta di microrganismi isolati dall'ambiente naturale (Fig. 58), non tossici per l'uomo e l'ambiente e prodotti industrialmente mediante fermentazioni su substrato solido o liquido.

I microrganismi antagonisti agiscono contro il patogeno utilizzando uno o più meccanismi d'azione:

- iperparassitismo in cui l'antagonista vive nutrendosi del patogeno;
- competizione di spazio e/o nutrienti;
- produzione di effetti tossici diretti

verso il patogeno;

- rilascio di sostanze antibiotiche o tossiche;
- induzione di meccanismi di difesa nella pianta.

Il principale vantaggio degli agenti di biocontrollo è dato dal fatto che, essendo microrganismi presenti naturalmente nell'ambiente, sono facilmente degradati e non lasciano residui sui prodotti destinati all'alimentazione.

Sono, in genere, poco persistenti e di conseguenza non inquinano l'ambiente e le falde acquifere. Sono selezionati escludendo i produttori di antibiotici e tossine e quindi sono innocui per la salute umana; con il loro uso l'agricoltore non viene esposto a sostanze chimiche durante i trattamenti, non necessitano di tempo di carenza e quindi si possono impiegare anche durante la raccolta.

Purtroppo, per numerose ragioni, il più delle volte di natura normativa, economica o commerciale, questi



Fig. 59
Sperimentazione
in ambiente
controllato in serra

preparati microbiologici stentano ad imporsi sul mercato.

Le maggiori difficoltà che si riscontrano nella loro applicazione pratica sono:

- la bassa persistenza;
- l'efficacia non è pari a quella di un trattamento chimico;
- la variabilità dei risultati;
- la necessità di essere applicati la sera o il mattino presto per evitare che le alte temperature e i raggi ultravioletti possano danneggiarli;
- la non miscibilità con i fungicidi e, se si effettuano trattamenti chimici;
- la necessità di lasciare trascorrere alcuni giorni prima di poterli usare.

Contro l'oidio essi rappresentano una potenziale alternativa all'utilizzo dello zolfo e dei fungicidi di sintesi, non solo in agricoltura biologica, ma anche in quella convenzionale.

Attualmente per il controllo dell'oidio della vite, oltre al fungo iperparassita *A. quisqualis* contenuto nel prodotto

AQ10, non esistono altri prodotti di questo tipo disponibili sul mercato. Nonostante esistano alcuni microrganismi efficaci nell'inibire la germinazione dei conidi e nel ridurre le infezioni di oidio (Fig. 59), l'utilizzo esclusivo degli stessi non garantisce un'adeguata protezione dalla malattia.

I motivi sono principalmente da ricondursi alla facile inattivazione a cui sono soggetti i microrganismi sulla foglia, alle scarse conoscenze per un loro impiego ottimale ed infine alla stretta dipendenza dalle condizioni ambientali in cui sono applicati. La prospettiva concreta di utilizzo di questi microrganismi può prevedere soltanto un aumento dell'efficacia e dell'affidabilità contro le infezioni di oidio attraverso un miglioramento delle formulazioni, l'adozione di protocolli di impiego, l'impiego di miscele di microrganismi e degli stessi in combinazione con i prodotti tradizionali.

Lo svernamento dell'oidio in Trentino

D. Angeli

Il ruolo dei cleistoteci svernanti

Nei vigneti dell'Italia settentrionale si possono avere annate in cui la malattia provoca danni rilevanti ed altre invece in cui la situazione si mantiene sotto controllo.

Negli ultimi anni in Trentino si è assistito ad un incremento progressivo della pressione della malattia dopo

un periodo di relativa bassa incidenza (Fig. 60).

I maggiori problemi si sono avuti soprattutto nelle zone collinari dopo la vendemmia, in seguito a condizioni climatiche particolarmente favorevoli allo sviluppo del fungo ed alla sospensione dei trattamenti fungicidi. Gli interventi si concludono, infatti, approssimativamente un mese pri-

Fig. 60 - Grado di attacco dell'oidio sui grappoli alla vendemmia rilevato su testimone non trattato nella zona di Lavis-Pressano nel periodo 1994-2006 (dati CAT, non pubblicati)

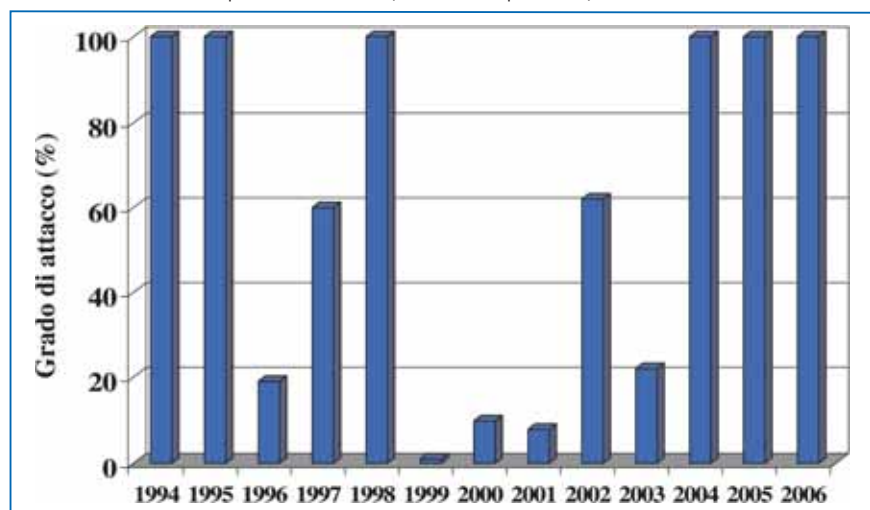




Fig. 61 - Le rigide temperature invernali in Trentino non permettono lo svernamento dell'oidio nelle gemme

ma della raccolta ed il fungo si può quindi sviluppare indisturbato fino a che, in autunno, l'abbassamento della temperatura non diviene un fattore limitante per il suo sviluppo.

In Trentino i cleistoteci si differenziano da fine agosto in poi e rappresentano pressoché l'unica modalità di conservazione del fungo durante l'inverno.

Sembra, infatti, che le temperature invernali (Fig. 61) registrate in Trentino siano sufficienti a causare la morte del micelio presente all'interno delle gemme infette, impedendo così la formazione dei cosiddetti "tralci bandiera" (Mescalchin *et al.*, 2005). I cleistoteci formatisi sulle foglie nel corso della stagione estiva possono disperdersi in autunno all'interno del vigneto grazie all'azione del vento e della pioggia. Si presume che una parte di essi, in particolare quelli che si sono agganciati con i loro minuscoli uncini alle screpolature della corteccia, siano in grado di trascorre-

re l'inverno e dare origine in primavera alla pericolose infezioni primarie nei vigneti trentini.

Il monitoraggio dei cleistoteci nei vigneti

Nel corso del 2005 il Centro Safe-Crop in collaborazione con il Centro per l'Assistenza Tecnica dell'Istituto

Fig. 62 - Cleistoteci al microscopio

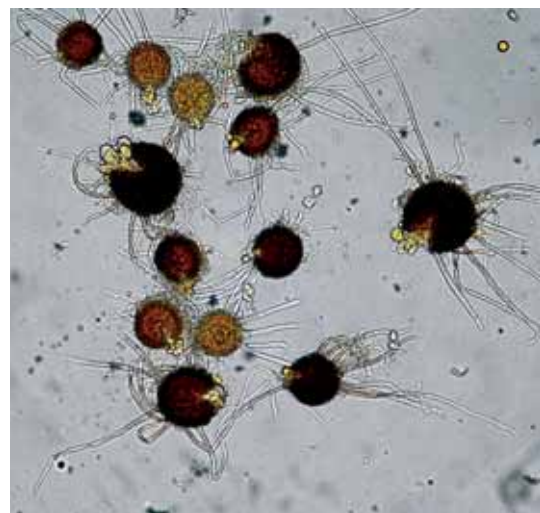




Fig. 63 - Controllo della presenza dei cleistoteci sulle foglie raccolte nei vigneti del Trentino

Agrario di S. Michele all'Adige ha svolto un'intensa attività di monitoraggio per quantificare la presenza di cleistoteci nei vigneti del Trentino al fine di stimare l'entità del potenziale inoculo svernante.

Sono stati contati i cleistoteci (Fig. 62) presenti per unità (cm²) di superficie fogliare, prelevando a random 100 foglie per ogni vigneto (Fig. 63).

Sono stati valutati 14 vigneti distribuiti nelle principali aree viticole della provincia di Trento e condotti secondo il metodo della difesa integrata.

Dai risultati ottenuti (Fig. 64) è emersa un'elevata presenza di cleistoteci sulle foglie nel 2005 come probabile conseguenza diretta dell'elevata pressione della malattia nel corso della stagione (scarsa piovosità e tempe-

Fig. 64 - Presenza dei cleistoteci nei 14 vigneti campione del Trentino. Sono stati contati i cleistoteci presenti per unità (cm²) di superficie fogliare, prelevando a random 100 foglie per ogni vigneto

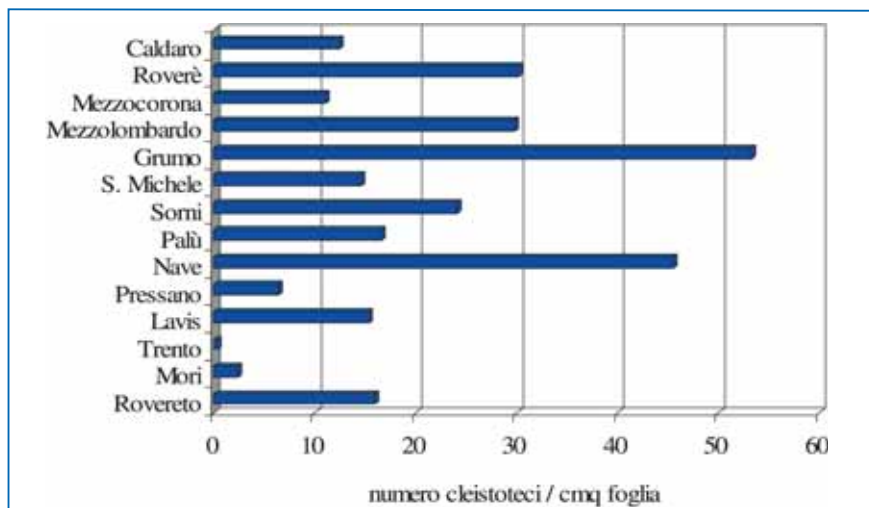




Fig. 65 - Conetto di carta posizionato nel vigneto: all'interno si possono catturare i cleistoteci presenti nel vigneto

rature miti, soprattutto all'inizio). La media tra i vigneti studiati è stata di 20 cleistoteci per centimetro quadrato di foglia che, confrontata con i risultati del 2004 di Mescalchin *et al.*, sembrerebbe inferiore.

Se rapportiamo questi numeri all'etaro, cioè ad una superficie fogliare di 12.000-14.000 m², ci accorgiamo che in realtà la differenza tra i due anni non è rilevante, in quanto in entrambe le stagioni si sono sviluppati cleistoteci nell'ordine di alcuni miliardi ad ettaro. I normali trattamenti contro l'oidio eseguiti durante l'estate non sembrano avere efficacia nel bloccare la formazione dei cleistoteci, probabilmente perché la loro formazione (agosto) avviene in un periodo in cui gli interventi sono, in genere, già sospesi.

Si ritiene che solo i cleistoteci che rimangono attaccati al legno della vite, nella zona vicina alle gemme, possono infettare la vegetazione, mentre quelli caduti a terra non hanno

nessuna possibilità di sopravvivenza (Cortesi *et al.*, 1997b). Per valutare se i cleistoteci sono realmente presenti sulla corteccia, sono stati disposti dei dischetti in carta da filtro, ripiegati ad imbuto, a diverse altezze sul ritidoma di alcune piante di un vigneto sito a S. Michele all'Adige (Fig. 65).

Lo scopo era anche quello di intercettare i cleistoteci maturi che cadono dalle foglie e valutare quindi l'entità dell'inoculo presente nelle screpolature del ritidoma. Ogni due settimane i dischetti erano rimossi e sostituiti con altri provvedendo al conteggio dei cleistoteci raccolti in quel periodo.

Il monitoraggio ha evidenziato la presenza di cleistoteci a livello della pianta (8 cleistoteci catturati il 21 novembre 2005), ma il metodo è risultato essere scarsamente efficace per monitorare la dinamica dei movimenti dei cleistoteci nel vigneto per opera di vento e piogge durante l'autunno.

Strategie per ridurre l'impiego dei prodotti chimici

D. Angeli, I. Pertot

La diffusione di *Ampelomyces quisqualis* in Trentino

I primi studi sulla presenza di *Ampelomyces quisqualis*

In Trentino sono piuttosto scarse le informazioni relative alla diffusione di *A. quisqualis* nei vigneti (Angeli *et al.*, 2006b). Le ultime informazioni (non pubblicate su riviste scientifiche) risalgono ormai al 1994, quando Denzer e colleghi condussero un monitoraggio triennale sulla presenza di *A. quisqualis* nei vigneti dell'Alto Adige.

A quel tempo la frequenza di ritrovamento di *A. quisqualis* variava tra il 20 e il 100% a seconda del vigneto, del periodo considerato e probabilmente delle condizioni climatiche. La sua presenza era segnalata in estate e in autunno, sia in vigneti trattati convenzionalmente, sia in quelli non trattati. In particolare si osservava un incremento dell'iperparassita in se-

guito alle intense precipitazioni che caratterizzavano il mese di settembre negli anni studiati, anche senza poter trovare una correlazione tra le condizioni climatiche e l'iperparassitizzazione.

La forte presenza di *A. quisqualis* all'inizio del periodo vegetativo si traduceva in una comparsa limitata dell'oidio nei mesi estivi.

Dal 1994 in poi gli studi relativi alla presenza di *A. quisqualis* in Regione si sono interrotti e sono stati ripresi soltanto nel 2004 in Trentino con l'attività di ricerca del Centro SafeCrop.

Il monitoraggio di *Ampelomyces quisqualis* nei vigneti

La presenza sul mercato di un prodotto commerciale (AQ10) a base di *A. quisqualis*, la mancanza d'informazione e l'elevata presenza di cleistoteci svernanti, hanno suggerito di valutare l'attuale diffusione del-

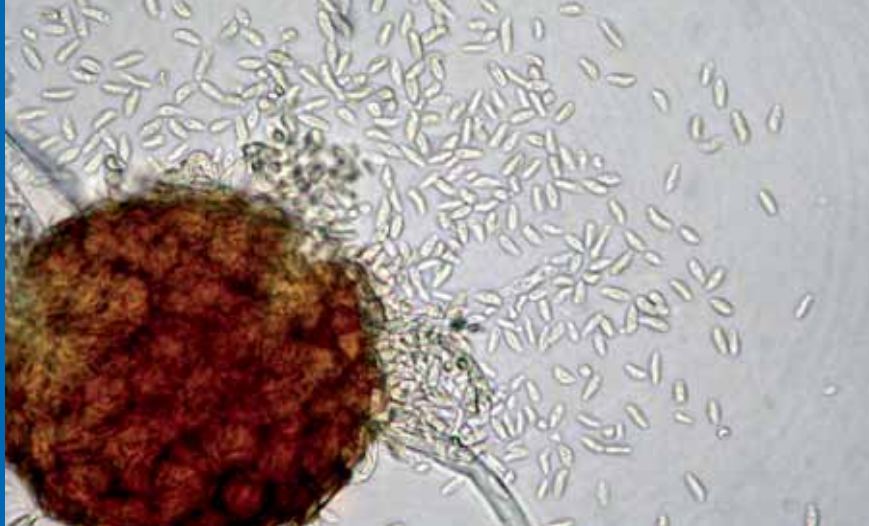


Fig. 66
Cleistotecio di oidio
parassitizzato e
conidi del genere
Ampelomyces
trovati in un
vigneto incolto di
Calliano nel 2004

l'iperparassita in Trentino. In collaborazione con l'Ufficio Viticoltura del Centro per l'Assistenza Tecnica sono stati monitorati per tre anni (2004-06) numerosi vigneti della provincia di Trento.

La maggior parte dei vigneti erano condotti secondo norme di difesa integrata (57), mentre tra i rimanenti, alcuni erano biologici (9), altri non erano stati trattati durante la stagione (10) ed infine uno era incolto da alcuni anni.

La raccolta dei cleistoteci (visibili anche ad occhio nudo) dalla pagina superiore delle foglie è iniziata nella seconda metà del mese di ottobre, protraendosi per alcune settimane.

Il metodo utilizzato si è basato sull'osservazione al microscopio dei cleistoteci raccolti.

Diversi studi hanno dimostrato che *A. quisqualis* è capace di parassitizzare soltanto i cleistoteci di oidio nei loro primi stadi di sviluppo, cioè quando appaiono di colore giallo

(Falk *et al.*, 1995a). Di conseguenza le osservazioni si sono concentrate solo sui giovani cleistoteci potenzialmente parassitizzati, riconoscibili per la colorazione traslucida e l'assenza di aschi.

Nel corso del 2004 la presenza di *A. quisqualis* è stata riscontrata soltanto in un vigneto incolto nel comune di Calliano.

I conidi di *A. quisqualis* di Calliano osservati al microscopio apparivano delle stesse dimensioni, ma di forma leggermente diversa rispetto a quelli contenuti nel prodotto commerciale AQ10, facendo ipotizzare che si trattasse di un ceppo o addirittura di una sotto-specie diversa da *A. quisqualis* (Fig. 66).

Nel 2005 *A. quisqualis* è stato trovato soltanto in un vigneto condotto secondo la difesa integrata. I conidi di questo isolato hanno la stessa dimensione e forma di quelli individuati a Calliano nel 2004. I nuovi isolati potrebbero essere sviluppati in futuro

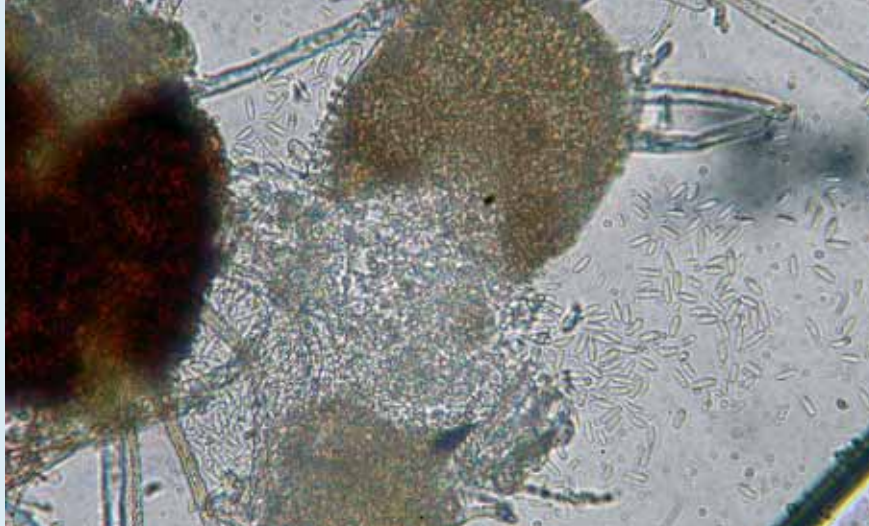


Fig. 67
Cleistoteci di oidio
parassitizzati e
conidi del genere
Ampelomyces
trovati in un
vigneto trattato con
pesticidi di
S. Michele all'Adige
nel 2005

come nuovi agenti di controllo biologico (Fig. 67).

Durante il 2006 numerosi cleistoteci parassitizzati da *A. quisqualis* e conidi del medesimo fungo sono stati osservati in ben otto vigneti, sia su piante trattate con prodotti chimici, sia su piante non trattate. In sei casi i conidi apparivano identici a quelli già osservati negli anni precedenti, mentre nei restanti due casi i conidi erano del tutto simili a quelli contenuti nel prodotto commerciale AQ10 (Fig. 68).

Complessivamente è emerso che, in questi ultimi anni, la presenza di *A. quisqualis* in Trentino è davvero molto limitata.

Durante i tre anni di studio *Ampelomyces* sp. era presente mediamente in meno dell'1% dei vigneti; dove l'iperparassita era presente, il tasso di parassitizzazione dei cleistoteci variava tra l'1 ed il 30%.

La differenza con i dati raccolti in passato in Alto Adige dai ricercatori

della Stazione Sperimentale di Laimburg potrebbe trovare diverse spiegazioni: la bassa incidenza dell'oidio tra il 1999 e il 2003 che ha ridotto di conseguenza anche la presenza dell'iperparassita, il diverso metodo di campionamento utilizzato o l'effetto di condizioni climatiche avverse allo sviluppo di *A. quisqualis*.

Sulla base dei dati raccolti non è possibile evidenziare una correlazione tra la presenza dell'iperparassita, la modalità di conduzione dei trattamenti fitosanitari, la posizione geografica del vigneto e le condizioni climatiche.

Strategie per la riduzione dell'uso di zolfo nei vigneti biologici

Nel corso del 2005 e del 2006 sono state valutate strategie volte a ridurre i quantitativi di zolfo o di altri fitofarmaci nel vigneto.

Le prove sono state condotte in vigneti sperimentali dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige.

I prodotti sono stati testati sul vitigno Schiava (molto sensibile all'oidio), allevato a pergola semplice in collina. Durante i due anni di studio le condizioni climatiche, caratterizzate da temperature estive elevate e scarsa piovosità, hanno favorito lo sviluppo dell'oidio.

Sono state confrontate diverse strategie di difesa basate sull'integrazione del fungo antagonista *A. quisqualis* (AQ10, 6 g/hl + VaporGard, 100 ml/hl) a nuovi formulati a base di zolfo (Heliosoufre 200/400 ml/hl) o a strategie basate sui prodotti chimici tradizionali (quinoxifen, Arius, 25 cc/hl; penconazolo, Topas, 25 cc/hl; strobilurine, Flint, 15 g/hl; spiroxamina, Prosper, 100 cc/hl).

I trattamenti di AQ10 sono stati posizionati soltanto nella parte iniziale (2005 e 2006) o finale della stagione (2005) quando le condizioni climati-

che risultavano favorevoli alla crescita del microrganismo (Fig. 69).

In particolare in due casi, AZ e AC, AQ10 era applicato ad inizio stagione, mentre nel caso ZA soltanto alla fine. ZZ e NT costituivano rispettivamente lo standard di riferimento (applicazione di zolfo durante tutta la stagione) ed il testimone non trattato.

Fig. 68 - Cleistotecio di oidio parassitizzato e fuoriuscita di conidi di *Ampelomyces quisqualis* trovati in un vigneto trattato con AQ10 a San Michele all'Adige nel 2005



2005				
Strategia	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto
NT	Non trattato			
ZZ	Zolfo			
AZ	3xA. <i>quisqualis</i>	Zolfo		
ZA	Zolfo			3xA. <i>quisqualis</i>
AC	3xA. <i>quisqualis</i>	Prodotti chimici		

2006				
Strategia	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto
NT	Non trattato			
ZZ	Zolfo			
AZ	2xA. <i>quisqualis</i>	Zolfo		
AC	2xA. <i>quisqualis</i>	Prodotti chimici		

Fig. 69 - Protocollo di applicazione di AQ10 nelle strategie combinate con zolfo e prodotti di sintesi contro l'oidio nel 2005 e 2006

Con AZ e AC lo scopo era quello di instaurare una buona popolazione dell'antagonista all'interno del vigneto ad inizio stagione per contenere le infezioni di oidio nell'anno in corso, mentre in ZA l'obiettivo era quello di sostituire lo zolfo nella fase di minor suscettibilità della vite alla malattia.

Le finalità generali della prova erano quelle di verificare innanzitutto la possibilità di ridurre l'impiego di zolfo in viticoltura biologica e, contemporaneamente, di valutare la capacità del fungo iperparassita contenuto nel prodotto AQ10 di ridurre le infezioni di oidio.

Durante il 2005 le condizioni climatiche sono state particolarmente favorevoli all'oidio che si è potuto sviluppare molto precocemente, tanto

che nella seconda decade del mese di maggio sono stati rinvenuti i primi sintomi su foglia, mentre su grappoli i sintomi sono apparsi nella prima settimana di giugno.

Nel 2006 la primavera e l'inizio dell'estate sono stati più freschi e piovosi e la malattia è comparsa solo ad inizio giugno sulle foglie ed a metà giugno sui grappoli.

Di seguito riportiamo le date di applicazione di AQ10, la comparsa delle infezioni su foglia e grappolo, i grafici relativi all'andamento stagionale della temperatura media e della pioggia, l'evoluzione della malattia su grappolo e la sommatoria della percentuale di superficie fogliare e di grappoli colpiti da oidio nel 2005 (Fig. 70) e nel 2006 (Fig. 71).

a					2005	
3xAQ10			inf. foglie		inf. grappoli	
28-apr	03-mag	13-mag	18-mag		03-giu	

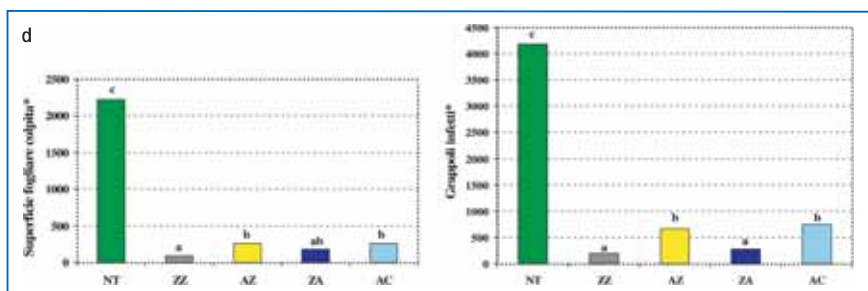
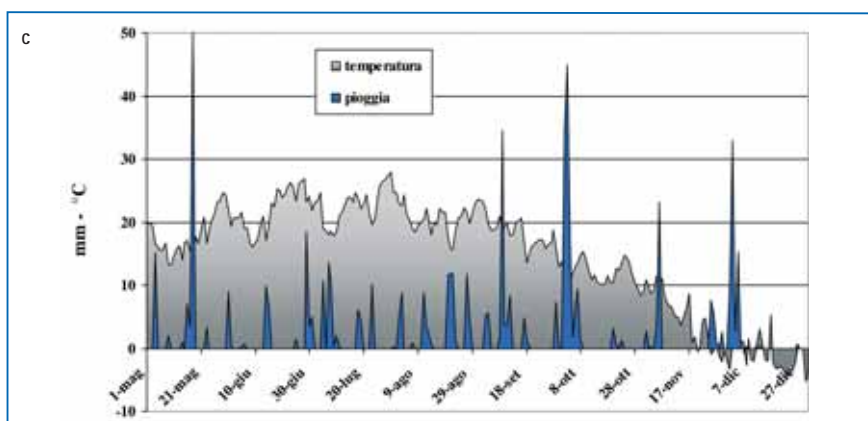
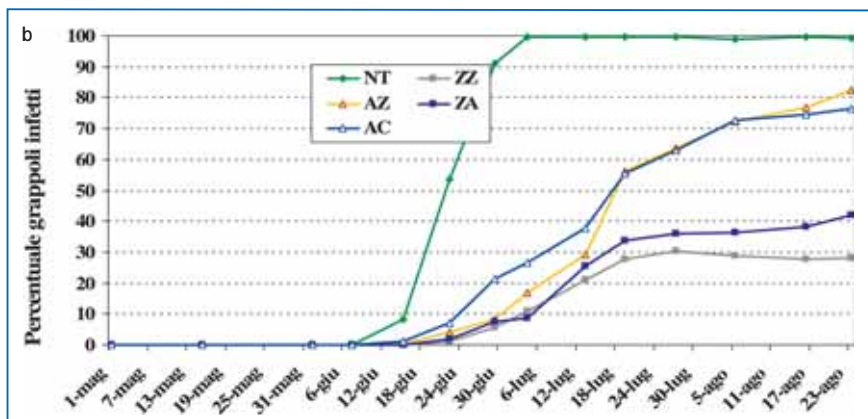


Fig. 70 - Prove sperimentali nel 2005: date di applicazione di AQ10 in primavera e comparsa delle prime macchie d'oidio sulle foglie e sui grappoli nel testimone non trattato (a), evoluzione della malattia (b), andamento meteorologico (c) e danni (d). I danni sono stati valutati come sommatoria della percentuale di superficie fogliare colpita e dei grappoli infetti in tutta la stagione vegetativa(*). Lettere diverse indicano differenze significative al test di Fisher ($P < 0,05$)

a				2006	
2xAQ10		inf. foglie		inf. grappoli	
27-apr	04-mag	02-giu		16-giu	

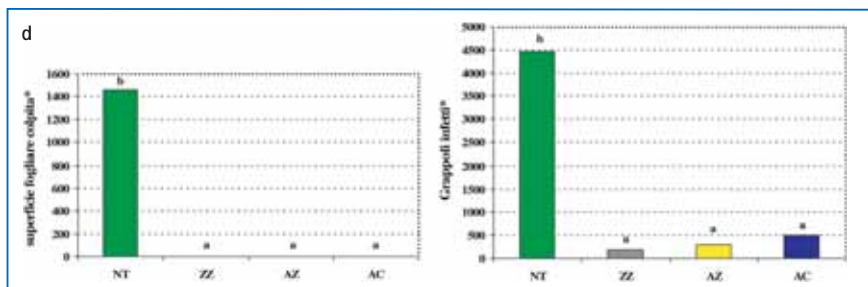
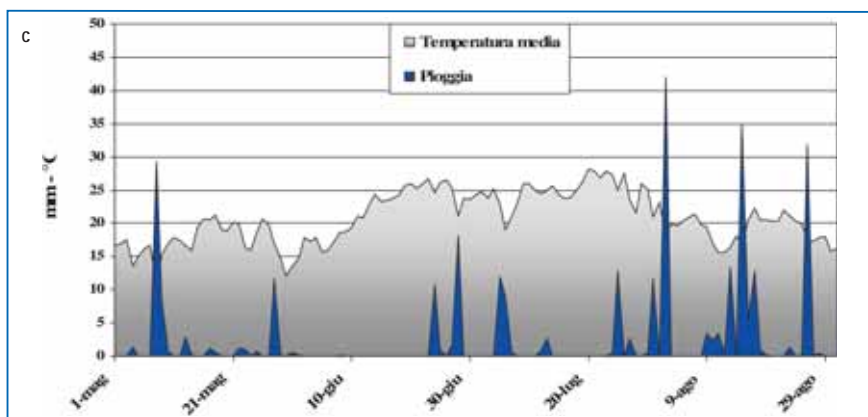
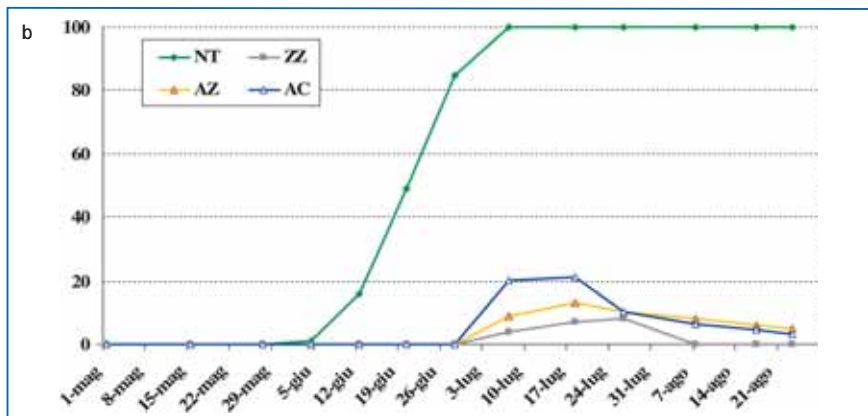


Fig. 71 - Prove sperimentali nel 2006: date di applicazione di AQ10 in primavera e comparsa delle prime macchie d'oidio sulle foglie e sui grappoli nel testimone non trattato (a), evoluzione della malattia (b), andamento meteorologico (c) e danni (d). I danni sono stati valutati come sommatoria della percentuale di superficie fogliare colpita e dei grappoli infetti in tutta la stagione vegetativa(*). Lettere diverse indicano differenze significative al test di Fisher ($P < 0,05$)

L'utilizzo della sommatoria permette di considerare la presenza della malattia in tutta la stagione e non solo in un preciso momento di campionamento.

In condizioni di elevata pressione della malattia come nel 2005, l'impiego del prodotto a base di *A. quisqualis* sulle infezioni d'inizio stagione (AZ e AC) ha dimostrato una scarsa efficacia contro la malattia (particolarmente evidente sul grappolo); infatti

nel 2005 le prime infezioni su foglia sono comparse subito dopo l'ultimo trattamento con AQ10, il quale non è riuscito a proteggere adeguatamente la pianta al pari dello zolfo.

L'impiego estivo (agosto) di AQ10 (ZA), in quanto gli acini non sono più sensibili all'oidio, ha consentito un adeguato controllo della malattia sui grappoli, permettendo la riduzione dei quantitativi di zolfo apportati (Fig. 72).

Strategia	Heliosoufre (kg/ha)	AQ10 (kg/ha)	Chimici (kg/ha)
NT	0	0	0
ZZ	32,2	0	0
AZ	25,9	0,36	0
ZA	25,9	0,36	0
AC	0	0,36	3,15

Fig. 72 - Quantitativi di Heliosoufre (zolfo) e AQ10 applicati nelle diverse strategie nel 2005

Considerando i valori si nota, infatti, che non ci sono differenze significative tra la strategia in cui AQ10 era impiegato a fine estate (ZA) e la tesi standard trattata con zolfo (ZZ).

Il nuovo formulato a base di zolfo (Heliosoufre) ha garantito una soddisfacente protezione contro l'oidio seppur con dosaggi ridotti di zolfo (compresi tra 140 e 280 g/hl) e ampi intervalli di intervento (7-12gg)

Le strategie che utilizzano AQ10 ad inizio stagione sono state testate

anche nel 2006 con un'elevata pressione dell'oidio, ma in una diversa evoluzione epidemiologica della malattia. Nel 2006 le condizioni climatiche di inizio stagione sono state molto diverse rispetto all'anno precedente (Fig. 71).

A causa delle basse temperature registrate nel corso del mese di maggio, le prime infezioni sulle foglie sono comparse con due settimane di ritardo rispetto al 2005, quando i trattamenti con AQ10 erano già stati ter-

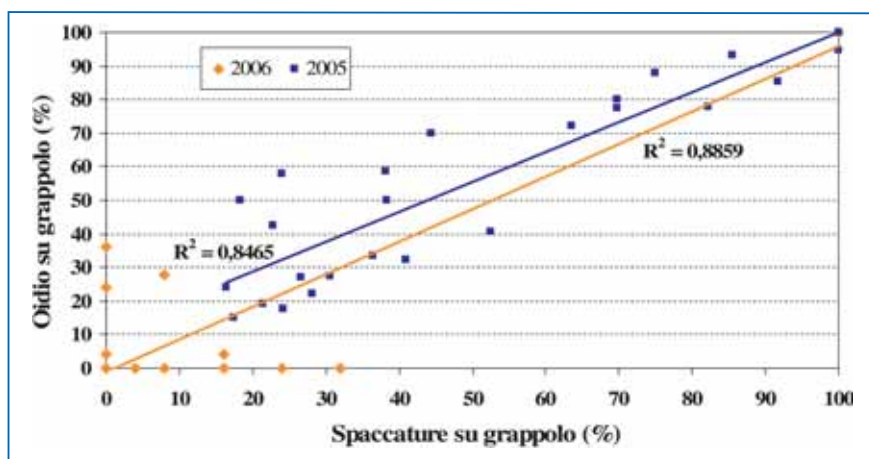


Fig. 73 - Incidenza di spaccature e di oidio sul grappolo nelle diverse tesi nel 2005 e 2006

minati (nel 2006 sono stati effettuati solo due trattamenti).

In questa particolare situazione, a differenza del 2005, i trattamenti d'inizio stagione sono stati probabilmente superflui. Tutte le strategie confrontate hanno consentito un buon controllo della malattia nel corso della stagione (Fig. 71).

I rilievi eseguiti sui grappoli in prossimità della vendemmia in entrambi gli

anni di prova hanno verificato l'esistenza di una correlazione tra presenza di spaccature (Fig. 73) ed incidenza dell'oidio sul grappolo.

Alla luce delle recenti sperimentazioni si può concludere che una soddisfacente difesa antioidica in viticoltura biologica può essere attuata attraverso l'impiego di buone formulazioni di zolfo che consentono da un lato di ridurne i quantitativi apportati e dal-

l'altro di allungare gli intervalli tra i trattamenti.

In presenza di una forte pressione dell'oidio ed in condizioni di alte temperature primaverili ed estive e bassa piovosità che hanno caratterizzato il 2005, l'impiego di *A. quisqualis* ad inizio stagione potrebbe non permettere un controllo efficace della malattia nella stagione. Si suppone che l'esigenza del fungo di un ambiente

climatico particolare per esplicitare la sua azione (alta umidità e temperature non troppo elevate) rappresenti una forte limitazione nelle applicazioni di campo.

Nasce da qui l'esigenza di ricercare in natura nuovi ceppi del genere *Ampelomyces* adattati alle condizioni ambientali del nord Italia per poter successivamente sviluppare nuovi biofungicidi contro l'oidio.

Potenziali alternative all'uso dello zolfo e dei fungicidi di sintesi

D. Angeli, I. Pertot

Prospettive future per la difesa contro l'oidio

L'uso dello zolfo, pur essendo ammesso in viticoltura biologica, non è del tutto innocuo. Oltre agli effetti negativi sulla vinificazione precedentemente descritti, in certe condizioni ambientali lo zolfo può essere fitotossico, ha effetti collaterali negativi nei confronti di acari ed insetti predatori ed è irritante per la pelle e le mucose. In aggiunta a ciò esso possiede anche un odore sgradevole che permane a lungo nell'ambiente. Il massiccio uso di pesticidi di sintesi cui si è ricorso fino all'inizio degli anni novanta e l'attenzione dell'opinione pubblica nei confronti dell'inquinamento ambientale e la sicurezza alimentare hanno spinto la ricerca verso l'individuazione di sostanze a bassa tossicità ed impatto sull'ambiente (Belanger e Benyagoub, 1997; Pasini *et al.*, 1997). Oltre al settore della modellistica e il miglioramento genetico, l'interesse si è focalizzato su tre filoni principali:

microrganismi antagonisti, prodotti di origine naturale, tecniche fisiche. Gli studi sono ancora ad un livello sperimentale, tuttavia alcune alternative sembrano essere promettenti per il futuro. Il Centro SafeCrop ha effettuato numerose prove valutando decine di prodotti sperimentali. (Angeli *et al.*, 2006c). Riportiamo in seguito i risultati più incoraggianti, soprattutto con il fine d'informare su quali potrebbero essere i prodotti naturali del futuro per l'agricoltura biologica ed impiegabili ovviamente anche nella produzione integrata. Le prove in seguito riportate sono state effettuate in condizioni controllate in serra (25°C e umidità relativa 60 + 10%) su barbatelle di Pinot Grigio in vaso aventi 8-10 foglie ben distese, (Fig. 74), in presenza di infezioni artificiali di oidio, effettuate ponendo al di sopra delle piante alcune foglie di vite infette raccolte in campo (Fig. 75) e mantenendo per almeno 12 ore condizioni di elevata umidità (Figg. 76 - 77).

Fig. 74
Barbatelle di vite in
vaso utilizzate nelle
prove sperimentali in
condizioni
controllate in serra



Fig. 75 - L' inoculo
artificiale è stato
effettuato appendendo
sopra le piante alcune
foglie di vite con
sporulazione evidente
di oidio raccolte
in campo

Fig. 76 - Dopo
l'inoculazione le
piante sono state
mantenute in un
ambiente ad elevata
umidità per 12 ore



Fig. 77
Umidificatore
utilizzato per creare
un ambiente ad
elevata umidità



Fig. 78
Isolamento di
microorganismi
provenienti
dall'ambiente
naturale in
laboratorio



Fig. 79 - Crescita
dei microorganismi
isolati in laboratorio





Fig. 80
Fermentazione
liquida su piccola
scala in laboratorio

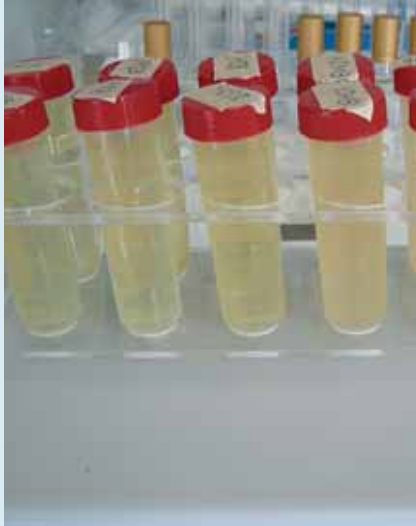


Fig. 81
Microorganismi
sospesi in acqua
distillata prima
dell'applicazione
sulle piante nelle
prove sperimentali
in serra

Risultati sperimentali sull'efficacia di microrganismi antagonisti

I microrganismi utilizzati nelle prove sono stati isolati da ambienti naturali (foglie di vite, materiale vegetale, ecc.) (Figg. 78 - 79), preventivamente selezionati scartando potenziali produttori di antibiotici, tossine o allergeni e valutandone la capacità antagonista. Sono stati prodotti in quantità sufficiente mediante fermentazione liquida in

Fig. 82 - Applicazione dei microrganismi mediante apparato a pressione in serra



laboratorio (Fig. 80). I microrganismi (1×10^6 - 1×10^8 cellule/ml) sono stati applicati sulle foglie, sospendendoli in acqua distillata per escludere ulteriormente metaboliti e tossine prodotti nel brodo colturale (Fig. 81), sei ore antecedentemente l'infezione artificiale di oidio (Fig. 82). Trattamenti con zolfo (Thiovit, Syngenta, 3 g/l) ed acqua sono stati utilizzati come standard di riferimento. Tra i funghi isolabili dalla superficie delle foglie si trovano spesso specie appartenenti al genere *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, ecc. noti per essere produttori di tossine o indurre allergie, quindi, nonostante possano essere buoni antagonisti, sono stati scartati nella prima fase del processo di selezione. I batteri sporigeni (es. *Bacillus subtilis*) ed i lieviti (Fig. 83) sembrano essere migliori candidati per divenire biofungicidi contro l'oidio, in quanto la produzione di metaboliti tossici è più rara e sopravvivono meglio sulla superficie fogliare avendo di conseguenza maggior tempo per



Fig. 83 - Un lievito che cresce su substrato nutritivo in laboratorio

Fig. 84 - Particolare della fermentazione in laboratorio

poter esercitare l'attività antagonista nei confronti dell'oidio. Batteri sporigeni e lieviti sono in genere anche facilmente prodotti mediante fermentazioni liquide e quindi facilmente ottenibili in processi industriali (Fig. 84). Tra i microrganismi selezionati a partire da quelli isolati dall'ambiente (basso rischio di produzione di tossine o allergeni e elevata attività antagonista nei confronti dell'oidio) troviamo molti lieviti e batteri, mentre è inferiore il numero dei funghi filamentosi (Fig. 85). Alcuni dei microrganismi studiati possiedono un'efficacia al pari dello zolfo nel limitare la malattia in condizioni controllate in serra. Spesso questi buoni risultati non sono confermati nelle prove di campo, a causa di condizioni ambientali avverse alla sopravvivenza e sviluppo del microrganismo in natura. In generale è difficile poter basare la difesa contro un patogeno solamente su un biofungicida. Questi prodotti sono, in genere, integrati in strategie con i fungicidi di sintesi o con

lo zolfo, aiutando così a ridurre l'input di molecole chimiche o di residui nel prodotto destinato al consumo. Dai risultati ottenuti nelle prove si nota anche che molti microrganismi riducono la malattia, ma non eguagliano l'efficacia dello zolfo nei confronti dell'oidio (Fig. 85). La loro efficacia potrebbe essere aumentata in fase di sviluppo del prodotto commerciale mediante opportune formulazioni.

Integrazione di diversi meccanismi d'azione per migliorare l'efficacia

Per loro natura i prodotti microbiologici od estratti naturali non raggiungono gli stessi livelli di efficacia degli agrofarmaci di sintesi nei confronti dei patogeni. Le possibili soluzioni per poterne aumentare l'efficacia comprendono l'uso combinato in miscele (facendo attenzione ad evitare eventuali fenomeni d'inibizione o

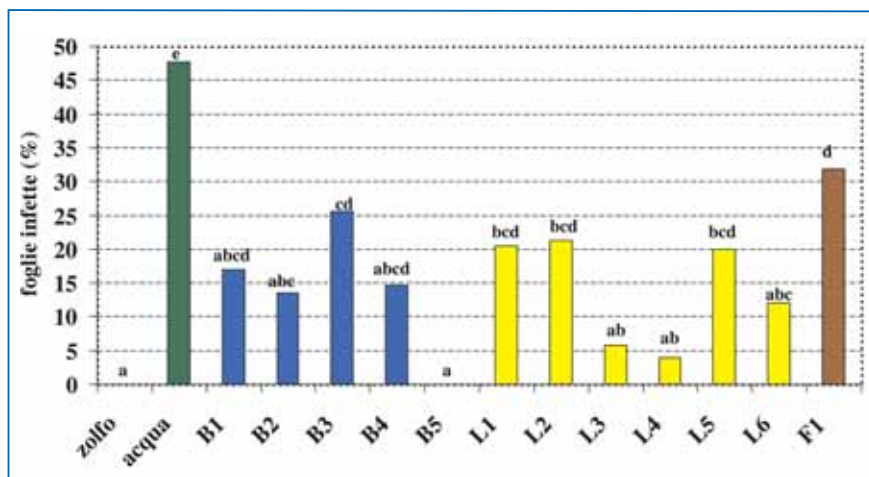


Fig. 85 - Risultati ottenuti in prove sperimentali in condizioni controllate mediante l'uso di organismi antagonisti. I prodotti sono stati applicati sei ore prima dell'inoculo artificiale con oidio. Lettere diverse indicano differenze significative al test di Fisher ($P < 0,05$)

tossicità di un prodotto nei confronti dell'altro), l'utilizzo in fase di bassa pressione della malattia o di minor rischio di danno alla produzione in caso di attacchi del patogeno (come quanto visto per le applicazioni di AQ10) o l'utilizzo in condizioni ambientali favorevoli alla loro attività e l'integrazione tra prodotti con meccanismo d'azione diverso. L'uso dell'acqua acida elettrolizzata (EAW) è una

tecnica consolidata in ambito medico per la disinfezione di strumenti come, ad esempio, gli endoscopi. Recentemente se ne è proposto l'utilizzo in agricoltura, in quanto EAW ha un effetto disinfettante generalizzato nei confronti di tutti i microrganismi. L'utilizzo di sola EAW, come già detto per l'uso dei soli microrganismi antagonisti, non è in grado di mantenere l'oidio sotto una soglia accettabile

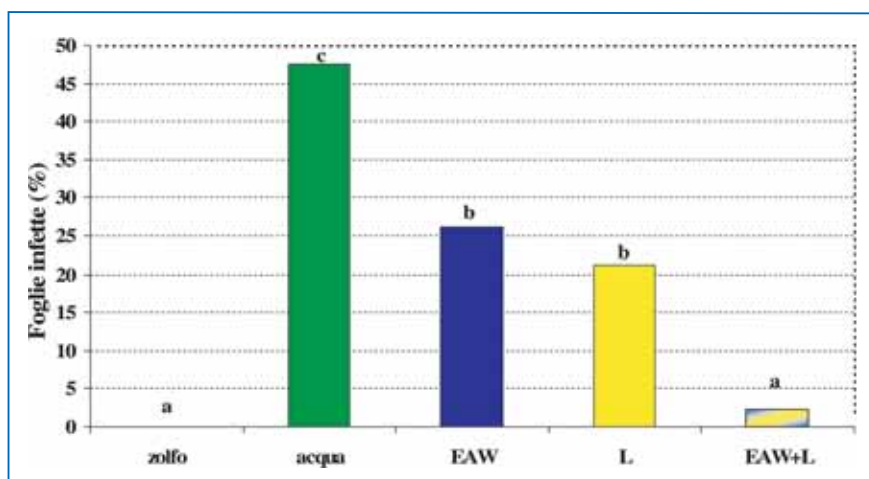


Fig. 86 - La combinazione di un trattamento preliminare con acqua acida elettrolizzata (EAW) e del lievito antagonista (L) poi, ripetuto tre volte, raggiunge risultati simili allo zolfo e superiori a quelli ottenuti con i due prodotti da soli. Lettere diverse indicano differenze significative al test di Fisher ($P < 0,05$)

di danno. La combinazione dei due metodi (trattamento preliminare con EAW seguito dal lievito antagonista, ripetuto tre volte) porta però ad un notevole aumento dell'efficacia (Fig. 86). Questi dati sono stati ottenuti in ambito sperimentale in condizioni controllate in serra, ma in altri sistemi pianta/patogeno l'integrazione ha dato buoni risultati anche nelle applicazioni pratiche in campo.

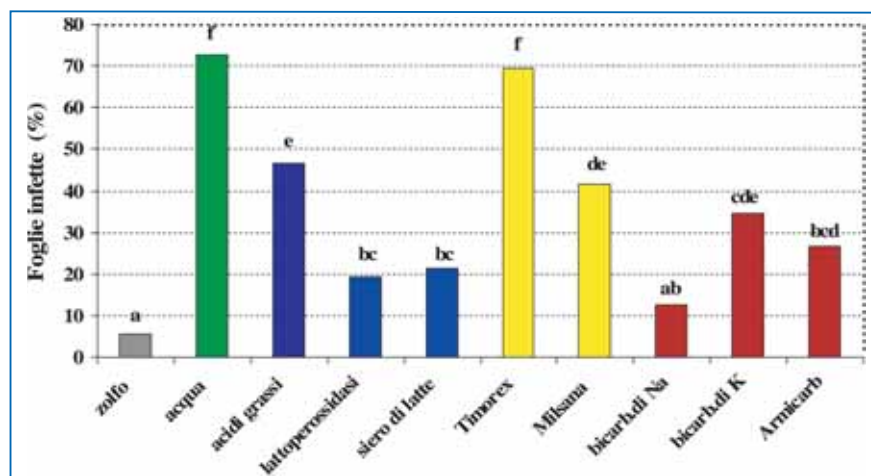
Prodotti di origine naturale

Oltre ai microrganismi antagonisti esistono altri prodotti di origine naturale con potenziale efficacia nei confronti dell'oidio. Tra essi troviamo gli estratti di piante, i derivati da prodotti o processi naturali ed i sali. Relativamente agli estratti di piante, recentemente sono stati sviluppati due prodotti commerciali che non

sono però ancora disponibili in Italia. Si tratta dell'estratto di *R. sachalinensis* e di *Melaleuca alternifolia*, noti rispettivamente con i nomi di Milsana e Timorex. Il siero di latte è noto contenere sostanze che hanno effetto fungicida. La lattoperossidasi è un enzima naturale presente nel latte ed in alcune secrezioni umane come la saliva e le lacrime. Le moderne tecnologie hanno permesso di ottenere questo enzima naturale e di utilizzarlo come base in un fungicida sperimentale di probabile prossima commercializzazione. Composti sperimentali contenenti acidi grassi e loro sali sono anche oggetto di studio in quanto possiedono potere fungicida. Tutti i prodotti descritti sono stati valutati in condizioni controllate, ef-

fettuando i trattamenti sei ore prima dell'inoculazione artificiale di oidio, ad eccezione di Milsana che, essendo un induttore di resistenza, è stato applicato anche tre giorni prima e del fungicida basato sulla lattoperossidasi che, agendo sul micelio ad infezione avvenuta, è stato utilizzato tre giorni dopo l'inoculazione. Riguardo ai risultati, gli estratti contenuti in Timorex sono molto efficaci in termini di capacità fungicida, ma sono anche estremamente volatili e ciò potrebbe spiegare gli scarsi risultati che si ottengono nei confronti della malattia. La resistenza indotta è un fenomeno che non blocca totalmente l'infezione, ma la limita in modo sensibile. Di conseguenza, la parziale protezione ottenuta nella nostra sperimenta-

Fig. 87 - Risultati ottenuti in prove sperimentali in condizioni controllate mediante l'uso di prodotti naturali. I prodotti sono stati applicati sei ore prima dell'inoculo artificiale con oidio. Il prodotto basato sulla lattoperossidasi e Milsana sono stati applicati rispettivamente tre giorni dopo e tre giorni + sei ore prima dell'inoculazione artificiale. Lettere diverse indicano differenze significative al test di Fisher ($P < 0,05$)



Nome commerciale	Principio attivo	Dose
Thiovit*	Zolfo 80%	3 g/l
acqua*	Acqua distillata	-
-	Bicarbonato di Na	10 g/l
-	Bicarbonato di K	10 g/l
Armicarb 100	Bicarbonato di K micronizzato (85%)	5 g/l
-	Siero di latte	250 ml/l
Tecnobiol	A base di acidi grassi	7 ml/l
KBV 99-01	Lattoperossidasi	1,5 g/l
Timorex	A base di <i>Melaleuca alternifolia</i> (66%)	10 ml/l
Milsana	A base di <i>Reynoutria sachalinensis</i> *	10 ml/l

Fig. 88 - Le prove in vigneto devono confermare la reale efficacia di un prodotto

zione potrebbe essere spiegata sulla base di questo fenomeno. Il fungicida basato sulla lattoperossidasi è efficace a livelli paragonabili a quelli dello zolfo, mentre il siero di latte è meno attivo. Il prodotto basato sugli acidi grassi è, invece, solo parzialmente efficace. Il bicarbonato di potassio ed il prodotto commerciale Armicarb (bicarbonato di potassio micronizzato) danno risultati inferiori nel livello di protezione contro l'oidio rispetto al bicarbonato di sodio che invece è paragonabile, come efficacia, allo zolfo (Fig. 87).

Questi risultati sono stati ottenuti in condizioni sperimentali, sarà quindi necessario valutare il loro comportamento nelle condizioni reali di un vigneto, da soli od integrati in una strategia più complessa. Solo così è, infatti, possibile conoscere appieno la loro reale efficacia nei confronti della malattia (Fig. 88).

Prospettive future

Fino ad oggi, gli agenti di controllo biologico oggetto di studio non hanno fornito risultati che ne consentono un'immediata applicazione in campo, senza dimenticare che, anche nel caso dello sviluppo di un prodotto commerciale, si renderebbero necessari alcuni anni prima di completarne l'iter normativo della registrazione.

Essi però, con ulteriori miglioramenti che ne aumentino la sopravvivenza, potrebbero rappresentare i fungicidi delle future generazioni.

Nel breve periodo alcuni prodotti, che sarebbero in grado di dare ottimi risultati se integrati in strategie con lo zolfo in agricoltura biologica o con altri fungicidi di sintesi nell'agricoltura convenzionale, potrebbero rendersi disponibili anche sul mercato italiano o essere registrati per l'uso su vite.

Ringraziamenti

Si ringraziano Loris Maines per l'attiva collaborazione nelle prove sperimentali e nella stesura preliminare del testo, tutti i colleghi del Centro SafeCrop, Marco Delaiti, Luisa Mattedi e Oliviero Sandri dell'unità Entomologia e Fitopatologia dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige che a vario titolo hanno contribuito all'acquisizione delle informazioni riportate nel testo. Inoltre si ringraziano Yigal Elad (Volcani Center, Israele) coordinatore dell'unità "controllo dei patogeni" del Centro SafeCrop e Andrea Braggio (Intrachem Bio Italia) per i preziosi suggerimenti, Enzo Mescalchin per le informazioni tecniche e la revisione dei testi e tutti i tecnici della sezione viticoltura del CAT per la collaborazione nelle attività di monitoraggio in campo. Le ricerche e la stesura di questo testo sono state effettuate dal Centro SafeCrop, Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, finanziato dal Fondo per la Ricerca della Provincia Autonoma di Trento.

Letteratura citata

- Abu-Blan H., Khalil M. (2001). Sources of primary inoculum and survival of powdery mildew *Ucinula necator* in Jordan. *Dirasat*, 28: 131-137.
- Angeli D. *et al.* (2006a). Efficacy evaluation of integrated strategies for powdery and downy mildew control in organic viticulture. In: *Proceedings of the 5th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew, 18-23 June*: 172-173.
- Angeli D. *et al.* (2006b). Grapevine powdery mildew and the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis* in Trentino vineyards (Northern Italy). In: *Proceedings of the 5th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew, 18-23 June*: 99-101.
- Angeli D., *et al.* (2006c). Efficacy evaluation of new control agents against grapevine powdery mildew under greenhouse conditions. In: *Proceedings of the 5th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew, 18-23 June*: 83-84.
- Baninhashemi Z., Parvin S. (1995). The occurrence of ascigerous stage of *Ucinula necator* in Fars. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 31: 1-4.
- Belanger R.R., Benyagoub M. (1997). Challenges and prospects for integrated control of powdery mildews in the greenhouse. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 19: 310-314.
- Benuzzi M., Baldoni G. (2000). AQ10, nuovo biofungicida a base di *Ampelomyces quisqualis* contro l'oidio della vite. *Informatore fitopatologico*, 5: 33-36.
- Benuzzi M., Vacante V. (2004). Difesa fitosanitaria in agricoltura biologica. In: *La difesa della vite*. Bologna: Edagricole: 184-186.
- Cortesi P. *et al.* (1995). Distribution and retention of cleistothecia of *Ucinula necator* on the bark of grapevines. *Plant Disease*, 79: 15-19.
- Cortesi P. *et al.* (1997a). Overwintering of *Ucinula necator* and epidemics of grape powdery mildew. *Journal of Plant Pathology*, 81: 230.
- Cortesi P. *et al.* (1997b). Cleistothecia of *Ucinula necator* – additional source of inoculum in Italia vineyards. *Phytopathology*, 81: 922- 926.
- Cortesi P., Bisiach M. (1999). Biologia di *Ucinula necator* ed epidemiologia della malattia. In: *Atti del convegno Solplant. Le nuove conoscenze sull'oidio della vite*.
- Cozzolino E. (2004). Avversità della vite e le strategie di difesa. In: *Viticultura ed enologia biologica*. Bologna: Edagricole: 236-243.

- Diehl H. J., Heintz C. (1987). Studies on the generative reproduction of grapevine powdery mildew (*Uncinula necator* (Schw.) Burr.). *Vitis*, 26: 114-122.
- Donnarumma L., La Torre A., Acciarino C. (1999). La protezione delle colture in agricoltura biologica, in *Notiziario ERSA*, (2): 40-45.
- Falk, S.P. *et al.* (1995a). Parasitism of *Uncinula necator* cleistothecia by the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathology*, 85: 794-800.
- Falk S.P. *et al.* (1995b). Partial control of grape powdery mildew by the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis*. *Plant Disease*, 79, (5): 483-490.
- Gadoury D., Pearson R.C. (1988). Initiation, development, dispersal and survival of cleistothecia of *Uncinula necator* in New York vineyards. *Phytopathology*, 78: 1413-1421.
- Gadoury D., Pearson R.C., (1990). Ascocarp dehiscence and ascospore discharge in *Uncinula necator*. *Phytopathology*, 80: 393.
- Gadoury D., Pearson R.C., (1991). Heterothallism and pathogenic specialization in *Uncinula necator*. *Phytopathology*, 81: 1287-1293.
- Halleen F., Holz G. (2001). An overview of the biology, epidemiology and control *Uncinula necator* (powdery mildew) on grapevine, with reference to South Africa. *South Africa Journal for Enology and Viticulture*, 22: 111-121.
- Hewitt, H.G. (1998). Fungicides in crop protection. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Hill G. (1990). The influence of annual weather pattern on the epidemics of *Uncinula necator* in Rheinhessen. *Vitic. End. Sci.*, (45): 43-46.
- Kiss L. (1998). Natural occurrence of *Ampelomyces* intracellular mycoparasites in mycelia of powdery mildew fungi. *New Phytologist*, 140: 709-714.
- Kiss L. (2003). A review of fungal antagonists of powdery mildews and their potential as biocontrol agents. *Pest Management Science*, 59, 475-483.
- Kiss, L. *et al.* (2004). Biology and biocontrol potential of *Ampelomyces* mycoparasites, natural antagonist of Powdery mildew fungi. *Biocontrol Science and Technology*, 14: 635-651.
- Mattedi L., Varner M. (2000). Oidio della vite. In: *Natura e agricoltura*. Bolzano, Arti Grafiche La Commerciale: 201-245.
- McGrath M.T., Shishkoff N. (1999). Evaluation of biocompatible products for managing cucurbit powdery mildew. *Crop protection*, 18: 471-478.
- Mescalchin E., Di Marino E., Angeli. D. (2005). Monitoraggio della presenza di *Ampelomyces* nei vigneti del Trentino. *Terra Trentina*, 4: 32-36.
- Muccinelli M. (2000). Zolfo e suoi composti. In: *Prontuario dei fitofarmaci*. Bologna, Ed agricole: 165-168.
- Pasini C. *et al.* (1997). Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew in glasshouses. *Crop Protection*, 16: 251-256.
- Pearson R. C., Gartel W. (1985). Occurrence of hyphae of *Uncinula necator* in buds of grapevine. *Plant disease*, 69: 149-151.
- Pearson R. C., Gadoury D. (1987). Cleistothecia, the source of primary inoculum for grape powdery mildew in New York. *Phytopathology*, 77: 1509-1514.
- Pertot I. *et al.* (2005). Lotta biologica. In: *La peronospora della vite* (a cura del SafeCrop Centre). Istituto Agrario S. Michele all'Adige: 22-43.

- Pertot I., Moser R., Elad Y. (2006). La difesa contro l'oidio della fragola. In: *L'oidio della fragola* (a cura del SafeCrop Center). Istituto Agrario S. Michele all'Adige: 47-53.
- Quarles W. (2004). Least-toxic controls of plant diseases. URL: <http://www.bbg.org/gar2/topics/sustainable/handbooks/naturaldisease/leastroxic.html>.
- Sall M., Wyrnsinski J. (1982). Perennation of powdery mildew in bud of grapevines. *Plant Disease*, 66: 678.
- Szentivanyi O., Kiss L. (2003). Overwintering of *Ampelomyces* mycoparasite on apple trees and other plants infected with powdery mildews. *Plant Pathology*, 52: 737-746.
- Sztejnberg A., Galper S., Lisker N. (1990). Conditions for pycnidial production and spore formation by *Ampelomyces quisqualis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 36: 193-198.
- Viccinelli R., Brunelli A. (1993). Lo svernamento dell'oidio della vite. *Informatore Fitopatologico*, 43: 17-22.
- Viccinelli R., Brunelli A., Berti L. (1996). Indagini sullo svernamento della forma sessuata dell'agente dell'oidio della vite (*Uncinula necator*). *Atti Giornate Fitopatologiche*, Vol. 2: 311-316.
- Yossifovitch M. (1923). Contribution à l'étude de l'Oidium de la vigne et son traitement. *Thèse de Doctorat de l'Université Toulouse, France*.

Note biografiche

Dario Angeli

Laureato in Scienze e Tecnologie Agrarie nel 2002 presso l'Università di Agraria di Padova. Dal 2002 al 2003 ha lavorato come tecnico-ricercatore presso il Dipartimento di Frutticoltura dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige dove ha condotto studi fisiologici ed agronomici sulle piante di melo. Dal 2003 al 2004 ha operato come tecnico in attività di supporto alla consulenza presso il Centro di Consulenza Tecnica dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige, nell'ambito del progetto "Sviluppo e orientamento della consulenza tecnica alle esigenze delle imprese cooperative in Trentino". Dal 2004 è impiegato quale tecnico-ricercatore al SafeCrop Centre dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige dove si occupa della individuazione di alternative all'uso dei prodotti chimici di sintesi per il controllo dell'oidio in viticoltura e dello sviluppo di agenti di difesa biologica e prodotti a basso impatto sull'uomo e sull'ambiente.

Ilaria Pertot

Dottorato di ricerca in protezione delle colture presso l'università di Udine, lavora come ricercatrice presso l'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige. Si è occupata di diagnosi ed epidemiologia di malattie da funghi, batteri, fitoplasmi e virus delle piante coltivate. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche sulla peronospora della vite e l'oidio della fragola. È docente del corso di patologia della vite nella laurea in viticoltura ed enologia presso il consorzio interuniversitario Università di Trento, Università di Udine ed Istituto Agrario di S. Michele. Coordina l'unità di ricerca "valutazione del rischio" del Centro SafeCrop, presso l'istituto Agrario di S. Michele all'Adige.

Finito di stampare nel mese di febbraio 2007

SAFECROP

Centre for research and development of crop protection
with low environment and consumer health impact



ISTITUTO AGRARIO
DI SAN MICHELE ALL'ADIGE

ISBN 978-88-7843-007-5