

RUOLO DEI TRATTAMENTI ESTINTIVI NEL CONTROLLO DEL MAL BIANCO DELLA VITE

S. E. LEGLER¹, T. CAFFI¹, M. SCANNAVINI², G. PRADOLESI³, R. BUGIANI⁴,
V. ROSSI¹

¹Istituto di Entomologia e Patologia vegetale - Università Cattolica del Sacro Cuore,
Via E. Parmense 84, 29122 Piacenza

²ASTRA - Innovazione e Sviluppo srl - Via Tebano, 45, 48018 Faenza (RA)

³Centro di Saggio Coop. Terremerse, Via Cà del Vento 21, 48012 Bagnacavallo (RA)

⁴Servizio Fitosanitario, Regione Emilia-Romagna, Bologna
vittorio.rossi@unicatt.it

RIASSUNTO

I cleistoteci sono la forma prevalente di svernamento di *Erysiphe necator* in varie aree viticole. Le ascospore rilasciate dai cleistoteci causano le infezioni primarie ed avviano le epidemie oidiche. Attualmente, la protezione dal mal bianco è basata sull'uso ripetuto di fungicidi nel corso della stagione vegetativa. La possibilità di inserire interventi estintivi (diretti contro l'inoculo primario) nelle strategie di controllo è stata valutata attraverso prove di campo. In vigneti con alta dose di inoculo, vari fungicidi di sintesi applicati in post vendemmia ed un agente di biocontrollo a base di *Ampelomyces quisqualis* (AQ10) applicato in pre e post vendemmia hanno ridotto la gravità delle infezioni sui grappoli fino alla fase di grano di pepe nella stagione successiva alla loro applicazione, con una efficacia media del 59%. Nelle prove in cui i trattamenti estintivi sono stati abbinati ai trattamenti primaverili, i fungicidi di sintesi, *A. quisqualis* ed un olio minerale (Polithiol) applicato prima del germogliamento hanno ridotto la gravità di malattia sui grappoli, con una efficacia del 98%; il solo impiego primaverile di zolfo ha avuto un'efficacia dell'80%. I trattamenti estintivi con AQ10 e/o con olio minerale abbinati all'uso primaverile dello zolfo hanno aumentato in modo significativo l'efficacia di protezione dei grappoli rispetto al solo uso dello zolfo.

Parole chiave: vite, mal bianco, sanificazione, svernamento, cleistoteci

SUMMARY

ROLE OF SANITATION IN CONTROLLING GRAPEVINE POWDERY MILDEW

Erysiphe necator, the causal agent of grapevine powdery mildew, overwinters, in many grapevine growing regions, as chasmothecia, which, in the following spring, discharge ascospores that cause primary infections and trigger powdery mildew epidemics. The disease is currently controlled with repeated applications of synthetic fungicides and sulphur during the grapevine growing season. The possibility to include sanitation treatments (against the overwintering primary inoculum) control strategies was evaluated. In vineyards with a high dose of primary inoculum different synthetic fungicides applied after harvest and a Biocontrol agent based on *Ampelomyces quisqualis* (AQ10) applied before and after harvest (i.e., during the formation and maturation of the chasmothecia), decreased disease severity on bunches until pea-sized berries stage in the following season, with an average efficacy of 59%. In the trials sanitation treatments were coupled with early season treatments, synthetic fungicides, *A. quisqualis* and a mineral oil (Polithiol) applied before bud burst, reduced disease severity on bunches by 98%; early season treatments with only sulphur showed an average efficacy of 80%. Sanitation treatments with AQ10 and/or mineral oil coupled with early season treatments with sulphur significantly increased the disease control efficacy of bunches, as compared to the sole use of sulphur.

Keywords: grapevine, powdery mildew, sanitation, overwintering, chasmothecia

INTRODUZIONE

Erysiphe necator (Schwein.), agente causale del mal bianco della vite, è un parassita obbligato che compie il proprio ciclo biologico interamente ed esclusivamente sulla vite. Durante il periodo invernale, in assenza dei tessuti suscettibili dell'ospite, il patogeno sopravvive in una fase quiescente, grazie a strutture specializzate, i cleistoteci, o come micelio all'interno di gemme infette. Alla ripresa vegetativa della vite e in condizioni meteorologiche favorevoli, i cleistoteci rilasciano le ascospore che, raggiunti i tessuti verdi dell'ospite, causano infezioni primarie e avviano l'epidemia oidica. Le infezioni primarie possono anche derivare da germogli a bandiera, germogli che si sviluppano a partire dalle gemme infette in cui sverna il micelio. Diversi studi hanno attribuito alle ascospore il ruolo principale come fonte di inoculo primario in molte regioni viticole (Cortesi *et al.*, 1997; Halleen e Holz, 2000; Hoffmann e Viranyi, 2007; Pearson e Gadoury, 1987; Schneider *et al.*, 1998; Steinkellner e Redl, 1998).

La protezione dal mal bianco è principalmente basata sull'uso ripetuto di fungicidi di sintesi e di zolfo nel corso della stagione vegetativa; l'inizio della protezione è spesso modulata in rapporto alle condizioni del vigneto. Ad esempio, nelle linee guida di difesa integrata della vite (MiPAAF, 2010) si raccomanda di intervenire preventivamente con antioidici di copertura fino alla pre-fioritura e, quindi, alternando prodotti sistemici e di copertura nelle zone ad alto rischio, mentre nelle zone a basso rischio si consiglia di intervenire cautelativamente nell'immediata pre-fioritura e proseguire gli interventi alternando prodotti sistemici e di copertura.

In questa strategia di protezione non sono contemplati interventi estintivi (o interventi di sanificazione), ossia interventi mirati a ridurre l'inoculo primario (Van der Plank, 1963). La diminuzione dell'inoculo primario determina un allungamento della fase iniziale dell'epidemia (detta fase lag) e di conseguenza un posticipo della fase di incremento esponenziale della gravità della malattia (detta fase epidemica) (Magarey e Moyer, 2010; Legler *et al.*, 2011). Dal punto di vista pratico è molto importante ritardare la fase epidemica in modo che essa si sviluppi quando i grappoli hanno acquisito resistenza ontogenetica, ossia dallo stadio di grano di pepe (Gadoury *et al.*, 2003).

I trattamenti estintivi contro l'oidio della vite possono essere effettuati in diversi periodi ed avere diversi obiettivi: 1) i cleistoteci ancora in fase di sviluppo, fra la tarda estate e l'inizio autunno; 2) i corpi fruttiferi svernanti sul ritidoma delle viti in inverno; 3) le ascospore rilasciate dai cleistoteci dal germogliamento della vite nella stagione successiva.

Nell'ambito di un progetto coordinato dal CRPV in Emilia Romagna sono state effettuate diverse prove in vigneto per valutare l'efficacia di vari prodotti nel controllare la fase sessuata di *E. necator*; i prodotti sono stati applicati durante la formazione e maturazione dei cleistoteci, durante il loro svernamento e nel corso delle infezioni ascosporiche. Successivamente, sono state allestite prove di strategia mirate a valutare la possibile integrazione dei trattamenti estintivi nelle attuali pratiche di protezione. Oltre a vari fungicidi di sintesi ad attività antioidica sono stati testati un biofungicida a base di *Ampelomyces quisqualis* ed un olio minerale contenente zolfo ed altri co-formulanti. *A. quisqualis* è un iperparassita degli agenti di oidio (Kiss, 2004) capace di parassitizzare tutte le strutture fungine, compresi i cleistoteci (Falk *et al.*, 1995; Zanzotto *et al.*, 2005). L'olio minerale è un prodotto attivo contro le cocciniglie della vite (Vandini *et al.*, 2010) che, applicato al tronco delle viti prima del germogliamento, ha mostrato una certa attività nei confronti del mal bianco (D'Ascenzo e Corvi, 2010).

MATERIALI E METODI

Prove di efficacia nei confronti della fase sessuata

Le prove di campo sono state allestite nel 2007/8 e 2008/9 in cinque località dell'Emilia-Romagna: Castel S. Pietro, Conventello, Fusignano, Marzeno e Modigliana (Tabella 1). Sono state messe a confronto, attraverso un disegno sperimentale con 4 blocchi randomizzati, 6 piante per ogni blocco: 1) un testimone non trattato; 2) trattamenti di fine stagione (finalizzati a ridurre la produzione di cleistoteci); 3) trattamenti al bruno (per ridurre la vitalità dei cleistoteci); 4) trattamenti primaverili (per contenere le infezioni primarie ascosporiche).

I trattamenti di fine stagione sono stati applicati dopo la vendemmia, prima della completa caduta delle foglie, ad esclusione di *A. quisqualis* che è stato applicato sia prima che dopo la vendemmia. I trattamenti al bruno sono stati applicati sul tronco allo stadio di gemme cotonose, mentre i trattamenti primaverili sono stati eseguiti in base alle indicazioni di un sistema di allarme costituito da: 1) un modello per le infezioni ascosporiche, 2) previsioni meteorologiche a breve termine e 3) servizio di sms (Caffi *et al.*, 2011a). Nei diversi vigneti, sono stati effettuati da due a cinque trattamenti primaverili nel periodo compreso tra il germogliamento e l'allegagione.

Per determinare la presenza di inoculo (cleistoteci) nei vigneti sono stati installati sui testimoni non trattati, a partire dal 1 agosto 2007 e 2008, 15 imbuti predisposti per catturare i cleistoteci dispersi con le piogge (Gadoury e Pearson, 1988). All'interno degli imbuti sono stati posti filtri di carta che sono stati sostituiti ogni due settimane. I cleistoteci presenti nei filtri sono stati contati con l'aiuto di uno stereomicroscopio (20×) ed espressi come numero per cm² di superficie di raccolta. Il campionamento dei cleistoteci è terminato alla completa defogliatura dei vigneti.

Tabella 1. Caratteristiche dei vigneti sperimentali

| Vigneto | Coordinate | Altitudine (m) | Varietà | Età nel 2007 (anni) | Sistema di allevamento | Intra- × inter-fila (m) |
|-----------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Marzeno (RA) | 44°12'49"N 11°49'01"E | 120 | Pinot nero | 6 | Guyot | 1,5 × 2,5 |
| Modigliana (FE) | 44°11'51"N 11°49'47"E | 100 | Sangiovese | 25 | Guyot | 1,5 × 2,5 |
| Castel S. Pietro (BO) | 44°24'29"N 11°33'15"E | 60 | Sangiovese | 12 | Cordone speronato | 1,5 × 4 |
| Fusignano (RA) | 44°30'37"N 11°57'52"E | 9 | Pinot bianco | 5 | Casarsa | 1,5 × 4 |
| Conventello (RA) | 44°29'45"N 12°04'34"E | 4 | Chardonnay | 5 | Casarsa | 1,5 × 4 |
| Tebano (RA) | 44°17'29"N 11°47'20"E | 35 | Pinot nero | 26 | Cordone speronato | 1,5 × 4 |

Prove di strategia

Le prove sono state allestite in tre località dell'Emilia-Romagna: Castel S. Pietro, Conventello e Tebano (tabella 1), nel 2009/10 e 2010/11. Sono state messe a confronto, tramite un disegno sperimentale con 4 blocchi randomizzati, nove strategie di protezione, oltre ad un testimone non trattato. Ogni strategia combinava trattamenti di fine stagione, al bruno e/o primaverili.

Prodotti utilizzati

I principi attivi, i prodotti commerciali, la composizione e le dosi utilizzate sono riportati in tabella 2. I trattamenti sono stati eseguiti con un atomizzatore a spalla SR 420 (Stihl Inc., Virginia Beach, VA, US). In base al sistema di allevamento e allo stadio fenologico delle viti sono stati distribuiti da 4 a 8 hl di acqua per ettaro.

Tabella 2. Principi attivi, formulati commerciali e dosi dei prodotti usati

| Principio attivo | Prodotto commerciale | Produttore | Sostanza attiva (g/l) | Dose (ml/hl) |
|-------------------------------|----------------------|------------|----------------------------|----------------|
| <i>Ampelomyces quisqualis</i> | AQ10 | Intrachem | $\geq 5 \times 10^9$ cfu/g | 20-30 (gr/ha) |
| Boscalid+ kresoxim-methyl | Collis | Basf | 200 + 100 | 30-40 |
| Bupirimate | Nimrod | Makhteshim | 250 | 80-100 |
| Meptyldinocap | Karathane star | Dow | 350 | 40-60 |
| Metrafenone | Vivando | Basf | 500 | 20-25 |
| Olio minerale | Polithiol | Cerexagri | 400 | 5-6 (l/hl) |
| Spiroxamina | Prosper | Bayer | 302.8 | 100-130 |
| Quinoxifen + miclobutanyl | Arius system | Dow | 45 + 45 | 100-125 |
| Tetraconazolo | Domark | Isagro | 125 | 25 |
| Zolfo | Heliosufre | Intrachem | 700 | 150-300 |
| Zolfo | Thiopron | Cerexagri | 825 | 300-400 |
| Zolfo | Tiovit jet | Syngenta | 80% | 200-400 (g/hl) |

Rilievi sulla malattia

Nel corso della stagione vegetativa i vigneti sono stati visitati settimanalmente per determinare lo stadio fenologico delle viti e la data di comparsa dei primi sintomi causati dalle infezioni ascosporige. Questi sintomi sono atipici rispetto a quelli classici del mal bianco; si tratta, infatti, di macchie tondeggianti e clorotiche che presentano una colonia fungina poco sviluppata e che compaiono sulla pagina inferiore delle foglie basali dei germogli più vicini al ceppo. La gravità di malattia è stata valutata su un campione di 100 foglie per tesi tra la fioritura e la mignolatura e su 100 grappoli per tesi allo stadio di grano di pepe. I dati sono stati espressi come gravità media su foglie o grappoli. Dato lo scopo del lavoro (controllare le infezioni nel periodo compreso fra il germogliamento e le prime fasi di sviluppo del grappolo, quando il grappolo stesso è altamente suscettibile alle infezioni), i rilievi sono stati interrotti in una fase compresa tra il grano di pepe e la pre-chiusura grappolo (da metà giugno a metà luglio in relazione al vigneto), fase in cui i grappoli acquisiscono resistenza ontogenetica (Gadoury *et al.*, 2003).

Analisi dei dati

I dati di gravità di malattia sono stati trasformati con la funzione arcoseno per rendere le varianze uniformi ed è stata applicata L'anova per un disegno a blocchi randomizzati ripetuta sulle località (vigneti) con quattro repliche. Per separare le medie è stato utilizzato il test di Scott-Knott (Scott e Knott, 1974) con $p = 0,05$. Questo test distingue i risultati senza ambiguità, specialmente quando vengono confrontati numerosi trattamenti (Bhering *et al.*, 2008).

L'efficacia dei trattamenti è stata determinata con la seguente equazione:

$$E = 100 - [(Y_t/Y_u) \cdot 100]$$

dove: E è l'efficacia del trattamento, Y_t è la gravità di malattia sulle foglie o grappoli trattati e Y_u è la gravità nel test non trattato.

RISULTATI

Prove di efficacia nei confronti della fase sessuata

Il numero di cleistoteci raccolti per cm² di superficie delle trappole esposte nel vigneto, il periodo di comparsa dei primi sintomi delle infezioni ascosporiche e la gravità di malattia media allo stadio di grano di pepe sui grappoli delle parcelle non trattate sono riportati in tabella 3. La malattia si è manifestata più precocemente ed ha raggiunto gravità più elevate nei vigneti in cui, nella stagione precedente, sono stati prodotti più cleistoteci. Ad esempio, a Marzeno nel 2007 ed a Fusignano nel 2008 non sono stati catturati cleistoteci, la malattia è comparsa in luglio dell'anno successivo ed i sintomi sui grappoli alla fase di grano di pepe erano presenti solo in tracce (<1% di gravità). A Modigliana e Castel S. Pietro nel 2007 sono stati raccolti circa 3 cleistoteci per cm², la malattia è comparsa ad inizio maggio del 2008 e, alla fase di grano di pepe, ha raggiunto una gravità di circa il 30% sui grappoli.

Tabella 3. Numero di cleistoteci raccolti per cm² di superficie di trappola, periodo di comparsa dei sintomi e gravità di malattia media allo stadio di grano di pepe nelle parcelle non trattate

| Località | Stagione | N° cleistoteci/cm ² | Comparsa sintomi | Gravità di malattia (%) |
|------------------|-----------|--------------------------------|------------------|-------------------------|
| Marzeno | 2007/2008 | 0 | inizio luglio | <1 |
| Modigliana | 2007/2008 | 3,1 ± 0,85 ^a | inizio maggio | 30,0 |
| Castel S. Pietro | 2007/2008 | 2,7 ± 0,65 | inizio maggio | 33,1 |
| Castel S. Pietro | 2008/2009 | 6,4 ± 1,45 | metà giugno | 38,2 |
| Fusignano | 2008/2009 | 0 | metà luglio | <1 |
| Conventello | 2008/2009 | 1,0 ± 0,39 | inizio giugno | 11,9 |

^a Errore standard della media

Nelle parcelle trattate i sintomi di malattia sono apparsi da una a tre settimane dopo la comparsa nelle parcelle non trattate.

In tabella 4 è riportata l'efficacia dei trattamenti effettuati nei tre periodi considerati (a fine stagione, al bruno e tra il germogliamento e l'allegagione) come media dei dati rilevati a Modigliana e Castel S. Pietro nel 2008 e a Castel S. Pietro nel 2009, in cui la gravità di malattia sui grappoli è stata ≥30% (tabella 3). Tutti i trattamenti hanno ridotto in modo significativo la gravità di malattia sui grappoli alla fase di grano di pepe rispetto al testimone non trattato. I fungicidi di sintesi applicati ad inizio stagione secondo modello sono stati i più efficaci (efficacia media 94%), seguiti dallo zolfo applicato nello stesso periodo (efficacia media 79%). Boscalid + kresoxim-methyl, Meptyldinocap e Spiroxamina applicati in post vendemmia nella stagione precedente e l'agente di biocontrollo (*A. quisqualis*) applicato in pre e post vendemmia hanno mostrato una efficacia intermedia (media 59%), mentre gli altri trattamenti sono risultati meno efficaci. Le applicazioni di olio minerale al bruno non sono risultate, nella media, efficaci, ma questo potrebbe essere attribuito ad una non uniforme distribuzione del prodotto sul tronco delle viti.

A Marzeno e Fusignano nessuna delle tesi trattate si è diversificata dal testimone non trattato, che peraltro mostrava solo tracce di malattia (tabella 3). A Conventello, con circa il 12% di gravità di malattia sui grappoli non trattati (tabella 3), tre trattamenti primaverili con prodotti di sintesi hanno ridotto in modo significativo la gravità di malattia sui grappoli, con un'efficacia media del 96%, quelli con zolfo hanno avuto un'efficacia dell'80%, mentre tutti i trattamenti di fine stagione o al bruno non hanno mostrato differenze significative rispetto al testimone non trattato.

Tabella 4. Efficacia media dei trattamenti effettuati in tre periodi stagionali, nelle località di Modigliana e Castel S. Pietro nel 2008 e di Castel S. Pietro nel 2009

| Epoca di applicazione ^a | Al bruno | Germogliamento - allegagione | Efficacia % | | |
|------------------------------------|---------------|------------------------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | media | es ^b | |
| Fine stagione | | | | | |
| Testimone non trattato | - | - | 0,0 | 0 | a ^c |
| <i>A. quisqualis</i> | - | - | 36,4 | 11,8 | b |
| <i>A. quisqualis</i> x 2 | - | - | 65,6 | 6,2 | c |
| Boscalid + kresoxim-methyl | - | - | 56,8 | 5,9 | c |
| Bupirimate | - | - | 27,3 | 14,7 | b |
| Meptyldinocap | - | - | 56,6 | 7,6 | c |
| Metrafenone | - | - | 26,4 | 12,3 | b |
| Olio minerale | - | - | 33,1 | 12,1 | b |
| Spiroxamina | - | - | 56,6 | 14,7 | c |
| - | Olio minerale | - | 11,8 | 10,1 | a |
| - | - | Bupirimate | 92,3 | 4,7 | e |
| - | - | Metrafenone | 93,3 | 6,0 | e |
| - | - | Quinoxifen + miclobutanyl | 97,3 | 1,4 | e |
| - | - | Spiroxamina | 96,8 | 1,5 | e |
| - | - | Tetraconazolo | 92,3 | 4,4 | e |
| - | - | Zolfo | 79,2 | 9,2 | d |

^a I trattamenti di fine stagione sono stati eseguiti in post vendemmia o (*A. quisqualis* x 2) in pre e post vendemmia; i trattamenti al bruno sono stati eseguiti a gemme cotonose; quelli primaverili in base ad un sistema di allerta in numero di due a Modigliana e Castel S. Pietro nel 2008 e cinque a Castel S. Pietro nel 2009. ^b Errore standard della media. ^c Valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente differenti in base al test di Scott-Knott ($p = 0,05$); l'interazione tesi x vigneto non è risultata significativa

Prove di strategia

A Castel S. Pietro nel 2010 la gravità media di malattia sui grappoli delle parcelle non trattate ha raggiunto il 51% alla fase di grano di pepe. Nella stessa località nel 2011 e a Conventello in entrambe le annate la gravità è stata tra 1,5 e 4,5%. A Tebano nel 2010 non sono stati osservati sintomi di mal bianco.

In tabella 5 sono riportate le strategie saggiate e la loro efficacia nel ridurre la gravità media di malattia sui grappoli allo stadio di grano di pepe. Tutte le strategie hanno contenuto la malattia in modo significativo, con una media del 98%; la strategia basata sul solo impiego primaverile di zolfo ha fatto registrare un'efficacia dell'80%. È interessante rilevare che i trattamenti estintivi con AQ10 in pre e post vendemmia e/o con Polithiol al bruno abbinati all'uso primaverile dello zolfo hanno aumentato in modo significativo l'efficacia di protezione dei grappoli del 17% (dall'80% dello zolfo primaverile al 97% come media delle strategie basate su AQ10 e/o Polithiol e zolfo).

Tabella 5. Efficacia media dei trattamenti effettuati secondo diverse strategie, nelle località di Conventello e Castel S. Pietro nel 2010 e 2011

| Epoca di applicazione ^a | | Germogliamento - allegagione | Efficacia % | | |
|------------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | media | es ^c | |
| Fine stagione | Al bruno | | | | |
| Testimone n. t. | - | - | - | - | a ^d |
| <i>A. quisqualis</i> x 2 | Olio minerale | Zolfo | 94,7 | 1,9 | c |
| <i>A. quisqualis</i> x 2 | - | Zolfo | 97,2 | 1,8 | c |
| - | Olio minerale | Zolfo | 98,7 | 0,8 | c |
| - | - | Zolfo | 80,3 | 15,4 | b |
| Metrafenone | - | Boscalid + kresoxim-methyl | 99,4 | 0,2 | c |
| Meptyldinocap | Meptyldinocap | Quinoxifen + miclobutanyl | 99,5 | 0,3 | c |
| Tetraconazolo | - | Tetraconazolo | 95,6 | 2,7 | c |
| Bupirimate | - | Bupirimate | 97,1 | 1,9 | c |
| Spiroxamina | Spiroxamina | Spiroxamina | 98,7 | 0,8 | c |

^a I trattamenti di fine stagione sono stati eseguiti in post vendemmia o in pre e post vendemmia per *A. quisqualis* x 2; i trattamenti al bruno sono stati eseguiti a gemme cotonose; quelli primaverili in base ad un sistema di allerta in numero di tre a Conventello e quattro a Castel S. Pietro in entrambi gli anni. ^b Test non trattato. ^c Errore standard della media. ^d Valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente differenti in base al test di Scott-Knott ($p = 0,05$); l'interazione tesi x vigneto non è risultata significativa

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nelle prove di efficacia hanno dimostrato che, in presenza di una bassa dose di inoculo svernante (come a Marzeno, Fusignano e Conventello), l'applicazione di trattamenti estintivi volti ad impedire la formazione di cleistoteci a fine stagione o a ridurre la loro vitalità durante il riposo vegetativo non è risultata giustificata. Al contrario, in presenza di un numero consistente di cleistoteci (come a Castel S. Pietro e Modigliana), i trattamenti estintivi hanno dato risultati positivi. In generale, alcuni fungicidi di sintesi hanno permesso, con un unico trattamento eseguito in post-raccolta, di contenere in modo significativo lo sviluppo della malattia rispetto al testimone non trattato fino alla fase di grano di pepe nella successiva stagione vegetativa. Il biofungicida a base di *A. quisqualis* applicato due volte (in pre e post vendemmia), ha ottenuto risultati paragonabili a quelli dei suddetti prodotti chimici.

I soli trattamenti primaverili effettuati con fungicidi di sintesi in base ad un modello matematico che considera le infezioni ascosporiche (Caffi *et al.*, 2011b) hanno mostrato una efficacia molto elevata nel contenere la malattia, leggermente superiore a quella dello zolfo.

I risultati ottenuti nelle prove di strategia hanno confermato che i trattamenti estintivi possono contribuire ad un controllo efficace del mal bianco nella stagione successiva. Due applicazioni di *A. quisqualis* (pre e post vendemmia) e/o l'attività collaterale di una applicazione di olio minerale prima del germogliamento abbinate all'utilizzo di zolfo per i trattamenti primaverili hanno garantito un controllo pressoché totale del mal bianco sui grappoli fino alla fase di grano di pepe, controllo equivalente a quello ottenuto utilizzando fungicidi di sintesi.

I risultati del presente lavoro portano alle seguenti conclusioni.

- I trattamenti estintivi sono uno strumento utile per il controllo del mal bianco nei vigneti in cui è presente una elevata dose di inoculo svernante in forma di cleistotecii. La dose di inoculo di un vigneto può essere in parte desunta dal livello di gravità della malattia nel periodo compreso fra il mese di agosto e la caduta delle foglie, ma può essere facilmente determinata con l'uso di trappole simili a quelle usate in questo lavoro.
- I trattamenti estintivi (anche con agenti di biocontrollo) accoppiati a trattamenti primaverili con zolfo, effettuati secondo un modello di previsione delle infezioni ascosporiche, hanno mostrato la stessa efficacia di ripetuti trattamenti primaverili con prodotti chimici. Tale strategia risulta di estremo interesse sia in viticoltura biologica, nella quale sono permessi per la lotta all'oidio solo agenti di biocontrollo e zolfo, che in viticoltura integrata nell'ottica un uso più razionale dei fungicidi di sintesi, come richiesto dalla nuova normativa dell'Unione Europea sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (Direttiva 2009/128/EU).

I trattamenti estintivi possono inoltre contribuire allo sviluppo di strategie anti-resistenza. La riduzione del numero di ascospore che sverna nel vigneto da un lato riduce la variabilità genetica della popolazione fungina (Halleen e Holz, 2001) (variabilità che è positivamente correlata alla selezione di genotipi resistenti; Ishii, 2006) e dall'altro riduce la popolazione esposta ai fungicidi (e quindi la probabilità di sviluppo di resistenza; Brent e Hollomon, 2007). Inoltre, dato che la resistenza a fungicidi DMI si mantiene da una stagione all'altra nelle ascospore che svernano (Gubler e Ypema, 1996), la sanificazione riduce il perpetuarsi della resistenza di stagione in stagione.

Ringraziamenti

Il progetto nell'ambito del quale è stato effettuato questo lavoro è stato co-finanziato dalla Regione Emilia-Romagna e dalle seguenti aziende: Intrachem Bio Italia, Basf, Makhteshim Agan Italia, Dow AgroSciences, Cerexagri, Bayer CropScience, e Isagro Italia. Gli autori ringraziano la dott.ssa Maria Grazia Tommasini del CRPV per il coordinamento del progetto. S.E. Legler ha svolto questo lavoro nell'ambito della Scuola di Dottorato Agrisystem dell'Università Cattolica del Sacro Cuore.

LAVORI CITATI

- Bhering L.L., Cruz C.D., de Vasconcelos E.S., Ferreira A., de Resende M.F.R.J., 2008. Alternative methodology for Scott-Knott test. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 8, 9-16.
- Brent K.J., Hollomon D.W., 2007. Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? Croplife International, Brussels, FRAC Monograph No. 1, 2nd edition.

- Caffi T., Legler S.E., Rossi V., Bugiani R., 2011a. Evaluation of a warning system for early-season control of grapevine powdery mildew. *Plant Disease*, Doi: 10.1094/PDIS-06-11-0484.
- Caffi T., Rossi V., Legler S.E., Bugiani R., 2011b. A mechanistic model simulating ascospore infections by *Erysiphe necator*, the powdery mildew fungus of grapevine. *Plant Pathology*, 60, 522-531.
- Cortesi P., Bisiach M., Ricciolini M., Gadoury D.M., 1997. Cleistothecia of *Uncinula necator*—an additional source of inoculum in Italian vineyards. *Plant Disease*, 81, 922-926.
- D'Ascenzo D., Corvi F., 2010. Vite, trattare gli organi ibernanti per contenere lo sviluppo dell'oidio. *Terra e Vita*, 3, 26-27. 63.
- Falk S.P., Gadoury D.M., Cortesi P., Pearson R.C., Seem R.C., 1995. Parasitism of *Uncinula necator* cleistothecia by the mycoparasite *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathology*, 85 (7), 794-800.
- Gadoury D.M., Pearson R.C., 1988. Initiation, development, dispersal, and survival of cleistothecia of *Uncinula necator* in New York vineyards. *Phytopathology*, 78, 1413-1421.
- Gadoury D.M., Seem R.C., Ficke A., Wilcox W.F., 2003. Ontogenic resistance to powdery mildew in grape berries. *Phytopathology*, 93, 547-555.
- Gubler W.D., Ypema H.L., 1996. Occurrence of resistance in *Uncinula necator* to triadimefon, myclobutanil, and fenarimol in California grapevines. *Plant Disease*, 80, 902-909.
- Halleen F., Holz G., 2000. Cleistothecia and flag shoots: sources of primary inoculum for grape powdery mildew in the Western Cape province, South Africa. *S. Afr. J. of Enology and Viticulture*, 21, 66-70.
- Halleen F., Holz G., 2001. An overview of the biology, epidemiology and control of *Uncinula necator* (powdery mildew) on grapevine, with reference to South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 22, 111-121.
- Hoffmann P., Viranyi F., 2007. The occurrence of cleistothecia of *Erysiphe necator* (grapevine powdery mildew) and their epidemiological significance in some vine-growing regions of Hungary. *Acta Phytopathol Entomol Hung*, 42, 9-16.
- Ishii H., 2006. Impact of fungicide resistance in plant pathogens on crop disease control and agricultural environment. *JARQ*, 40, 205-211.
- Kiss L., 2004. Biology and biocontrol potential of *Ampelomyces* mycoparasites, natural antagonist of powdery mildew fungi. *Biocontrol Science and Technology*, 14, 635-651.
- Legler S.E., Caffi T., Rossi V., 2011. A nonlinear model for temperature-dependent development of *Erysiphe necator* chasmothecia on grapevine leaves. *Plant Pathology*, Doi: 10.1111/j.1365-3059.2011.02498.x.
- Magarey P.A., Moyer M.M., 2010. Towards establishing low input regimes in Australian viticulture 3: Use of "epi-season" and "lag phase control" in applying epidemiological knowledge of grapevine powdery mildew, to reduce the number of sprays and inoculum reservoirs for long-term control. Proceedings of the "6th International Workshop on Grapevine Downy and Powdery Mildew", Bordeaux, France, 4-9 July 2010, pp. 114-116.
- MiPAAF, 2010. Linee guida nazionali per la produzione integrata delle colture: difesa fitosanitaria e controllo delle infestanti 2009-2010. A cura di "Gruppo difesa integrata". <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/2632>.
- Pearson R.C., Gadoury D.M. 1987. Cleistothecia, the source of primary inoculum for grape powdery mildew in New York. *Phytopathology*, 77, 1509-1514.
- Schneider S., Kassemeyer H.H., Blaich R., Seem R.C., Gadoury D.M. 1998. Cleistothecia as primary inoculum for grape powdery mildew in Germany. *Phytopathology*, 88, S79.

- Scott A.J., Knott M., 1974. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30, 507-512.
- Steinkellner S., Redl H., 1998. Investigations into the development of cleistothecia of grape powdery mildew under Austrian vine growing conditions. *Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Fruchteverwertung*, 48, 17-24.
- Van der Plank J.E., 1963. Plant diseases: epidemics and control. Academic Press, New York and London, pp.349
- Vandini G., Bergamaschi A., Frontali A. 2010. Cocciniglie farinose della vite Strategie di lotta con Polithiol. *Terra e Vita* 5, 66-67.
- Zanzotto A., Bellotto D., Borgo M. 2005. Efficacia antioidica di AQ10 ed effetti sulla formazione dei cleistoteci in vigneto. *Informatore Fitopatologico*, 55, 68-76. 5.