

Istituto Agrario di San Michele all'Adige
SafeCrop Centre

Agricoltura biologica

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

La peronospora della vite

I. Pertot, D. Gobbin, S. Dagostin, A. Ferrari, C. Gessler

PERONOSPORA

La _____ della vite / I. Pertot ... [et al.]. – San Michele all'Adige (TN) : Istituto Agrario di San Michele all'Adige, 2005. – 64 p. : ill. ; 24 cm. – (Agricoltura biologica ; 1)

In testa al front.: SafeCrop

ISBN 88-7843-001-3

1. Peronospora della vite 2. Peronospora della vite – Lotta biologica I. Pertot, Ilaria II. Gobbin, Davide III. Dagostin, Silvia IV. Ferrari, Alessandro V. Gessler, Cesare VI. SafeCrop
634.824546

La peronospora della vite

Prima edizione giugno 2005

© 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

Ilaria Pertot, Davide Gobbin, Silvia Dagostin, Alessandro Ferrari, Cesare Gessler

Fotografie

Archivio SafeCrop Centre, Istituto Agrario di San Michele all'Adige, Yigal Elad,
Antonella Vecchione, Luca Zulini

Grafici

Ilaria Pertot

Progetto grafico ed editing

Palma & Associati

Stampa

Tipografia Alcione

Finito di stampare nel mese di giugno 2005

Indice

7	Introduzione
8	Sintomi
8	Sintomi su foglia
9	Sintomi su grappolo
10	Sintomi su germoglio o altri organi verdi
12	Ciclo Biologico
12	Il ciclo epidemiologico
15	Il ciclo primario
17	Il ciclo secondario
18	Il ciclo primario in rapporto a quello secondario
19	Alcune considerazioni pratiche
22	Lotta biologica
22	Che cos'è la lotta biologica
23	Lotta biologica: norme e regolamenti
25	Prodotti impiegabili in viticoltura biologica
25	Il rame
27	I fungicidi a base di rame
27	Solfato di rame
28	Poltiglia bordolese
28	Composti di rame con l'ossigeno
29	Ossicloruro di rame
29	Idrossido di rame
30	Peptidato di rame
31	Cloruro di rame e cloruro rameoso
31	Tallato di rame
32	I fungicidi non contenenti rame

32	Silicato di sodio
33	Fosfiti e fosfonati
35	Acido salicilico
36	Farine di roccia
37	Propoli
38	Fungicidi microbiologici
38	Olio di Neem
40	Equiseto
40	Inula viscosa
41	Bicarbonato di sodio e di potassio
42	Perossido d'idrogeno o acqua ossigenata
42	Oli
42	Estratti acquosi
43	Permanganato di potassio
44	Le strategie per ridurre l'impiego del rame
48	Le alternative al rame: il futuro della ricerca
48	Gli agenti di difesa biologica
49	Gli ibridi interspecifici
50	Il progetto AGRIBIO
	Agricoltura biologica: strategie innovative per la difesa delle colture
51	Microrganismi sperimentali con effetto sulle oospore svernanti
52	Microrganismi sperimentali con effetto sulle infezioni secondarie
53	Microrganismi decompositori da tessuti fogliari e radicali in decomposizione
54	Efficacia nei confronti della peronospora delle alternative al rame nel vigneto
57	Ringraziamenti
59	Letteratura citata
63	Note biografiche

Introduzione

L'individuazione di strategie fitoiatriche innovative, che siano al tempo stesso efficaci e di facile applicazione per il produttore biologico, rappresenta una delle più importanti sfide per il mondo della ricerca e della sperimentazione. La carenza di mezzi di difesa affidabili, unitamente al tradizionale approccio terapeutico ai problemi fitopatologici, costituiscono i maggiori ostacoli all'affermazione dell'agricoltura biologica e alla sua capacità di assecondare la crescente richiesta del mercato.

L'approfondimento della conoscenza sui meccanismi naturali che regolano il rapporto fra le popolazioni del patogeno e l'agro-ecosistema e lo sviluppo di strategie innovative e metodi di difesa potranno fornire degli strumenti aggiuntivi per l'ottenimento di una viticoltura di sempre maggiore qualità.

Questo libro ha l'obiettivo di fornire conoscenze tecniche per aiutare l'agricoltore nella scelta delle strategie ottimali nella difesa contro la peronospora nel vigneto biologico e nel contempo di presentare ricerche, innovazioni ed esperienze frutto di diverse attività effettuate presso l'Istituto agrario di S. Michele all'Adige dall'Unità di Difesa delle colture e selezione sanitaria e dal Centro SafeCrop.

Sintomi

A. Ferrari



Fig. 1 - Macchia d'olio sulla pagina superiore

La peronospora è una delle più gravi patologie della vite europea (*Vitis vinifera*). Fu segnalata per la prima volta in Europa nel 1878, dove probabilmente fu importata dall'America attraverso il materiale di propagazione resistente alla fillossera. *Plasmopara viticola*, l'oomicete agente causale della malattia, penetra nei tessuti dell'ospite attraverso le aperture stomatiche e colpisce quindi tutti gli organi erbacei della vite su cui sono presenti gli stomi. Gli attacchi ai grappoli possono portare ad una consistente perdita di produzione, mentre i danni alle foglie determinano anche una perdita di qualità dovuta ad una riduzione dell'attività fotosintetica e quindi dell'accumulo di zuccheri ed aromi.

Sintomi su foglia

Le foglie giovani, con un diametro inferiore ai 2 cm, presentano aperture

stomatiche non differenziate o poco numerose, questo rende le foglioline praticamente insensibili agli attacchi della peronospora.

Le foglie divenute sensibili presentano, come conseguenza dell'infezione, chiazze tondeggianti sulla pagina superiore, con colorazione che vira dal verde chiaro al giallastro. Le macchie possono localizzarsi ai bordi fogliari, dove assumono un aspetto irregolare. Con l'avanzare dell'incubazione, le lesioni assumono un aspetto traslucido ("macchia d'olio"), determinato dallo sviluppo del micelio nei tessuti fogliari (Fig. 1).

In condizioni d'elevata umidità, sulla pagina inferiore, in corrispondenza delle macchie d'olio si sviluppano i rami sporangiofori dal tipico aspetto di muffa bianco-grigistra (Fig. 2).

In seguito la macchia necrotizza a partire dal centro, determinando disseccamenti localizzati. Attacchi massicci di peronospora possono determinare gravi filloptosi, con la perdita



Fig. 2 - Sporulazione sulla pagina inferiore

Fig. 3 - Ripiegamento ad uncino del grappolino infetto

totale delle foglie nei casi più gravi. Da notare che, in condizioni ambientali particolarmente favorevoli alla patogenesi (temperatura ottimale ed elevata umidità) sulle foglie più recettive si possono osservare sia la sporulazione, sia la necrosi senza la precedente formazione della macchia d'olio.

Le foglie di vite, con l'aumentare dell'età, diventano meno sensibili ad attacchi di peronospora (resistenza ontogenetica). Lo sviluppo delle ife del patogeno è inoltre limitato dalle nervature, la cui consistenza incrementa con il progredire dell'età. Le foglie attaccate in età avanzata, presentano, nella pagina superiore, macchie clorotiche che si evolvono in necrosi sparse su tutto il lembo, localizzate in particolare vicino alle nervature (peronospora a mosaico).

Gli sporangi che si sviluppano sulla pagina inferiore delle foglie in corrispondenza del mosaico si manifestano come una muffa biancastra,

simile, ma più rada rispetto a quella presente su foglie giovani.

Sintomi su grappolo

Gli attacchi di peronospora sui grappoli sono estremamente temibili dal punto di vista produttivo.

L'infezione precoce dell'infiorescenza (dalla prefioritura fino a fine fioritura) determina imbrunimento e ripiegamento ad uncino (o ad esse) della parte terminale del raspo (Fig. 3). I grappolini nella fase iniziale dello sviluppo continuano ad essere molto sensibili. Similmente a quanto avviene sulle foglie, in caso di pioggia o elevata umidità, raspo e racimoli vengono ricoperti dalle fruttificazioni biancastre del patogeno.

Gli attacchi di *P. viticola* sui grappoli in post fioritura possono manifestare due diverse sindromi (marciume grigio e marciume bruno) in funzione dell'epoca d'attacco, dell'età dei



Fig. 4 - Aspetto allessato del grappolino

Fig. 5 - Marciume grigio

grappoli e dell'umidità ambientale. Nei grappoli giovani la via d'entrata del patogeno è rappresentata dagli stomi degli acini, dei raspi, dei racimoli e dal cercine calicinare. L'infezione del giovane grappolo determina allessamento e ripiegamento ad esse del rachide (Fig. 4). In seguito compare una muffetta bianco-giasta emessa attraverso gli stomi e fessurazioni della buccia degli acini. Questa manifestazione (marciume grigio) (Fig. 5) è tipica delle infezioni primaverili.

Non appena l'acino raggiunge un diametro di circa 2 mm, i suoi stomi atrofizzano e quindi l'acino può essere infettato solo per via indiretta attraverso il peduncolo. In questo caso, la colonizzazione degli acini è possibile fino all'invaiaatura e si manifesta con una sintomatologia conosciuta come marciume bruno o peronospora larvata (Fig. 6), poiché non porta allo sviluppo di muffe. Gli acini imbruniscono (con sfumature più o

meno violacee a seconda dello stadio fenologico), perdono di turgore e avvizziscono fino al disseccamento. La peronospora larvata si manifesta solitamente nelle estati fresche e piovose, condizioni che consentono estesi attacchi tardivi.

Sintomi su germoglio o altri organi verdi

I germogli erbacei sono attaccati soprattutto vicino ai nodi, o in maniera indiretta, attraverso infezioni dei piccioli fogliari. Tutti gli organi verdi, con stomi differenziati ed attivi, possono essere colpiti. Le porzioni colpite presentano allessature ed imbrunimenti. In caso d'infezioni precoci la parte terminale del tralcio o del viticcio presenta un portamento contorto legato a fenomeni di ipertrofia cellulare (Fig. 7). La fine del ciclo fungino è caratterizzata dalla comparsa di muffa biancastra.



Fig. 6 - Peronospora larvata

Fig. 7 - Viticcio infetto

Con l'avanzare del processo di lignificazione diminuisce la recettività dei tralci e i sintomi, meno evidenti che su altri organi, sono caratterizzati da lesioni dei tessuti corticali e piccoli cancri.

Nel complesso i danni da peronospora dipendono dalla fase fenologica e dal momento dell'infezione. I danni possono in ogni caso essere riassunti in una diminuzione quantitativa e

qualitativa delle uve. Questa patologia determina un generale deperimento sanitario della pianta che diventa più suscettibile ad altre fitopatie. Oltre ad una diminuzione quantitativa e qualitativa della produzione dell'annata in corso, le epidemie di peronospora riducono le riserve nutritive della pianta determinando una potenziale perdita di produzione anche nelle annate seguenti.

Ciclo Biologico

D. Gobbin, C. Gessler

Il ciclo epidemiologico

Il patogeno sverna sotto forma di oospore nei resti delle foglie colpite dalla malattia (Gregory, 1915) (Fig.

8). Le oospore mature germinano in condizioni microclimatiche ben definite producendo macrosporangio in grado di rilasciare zoospore.

Fig. 8 - Ciclo epidemiologico della peronospora

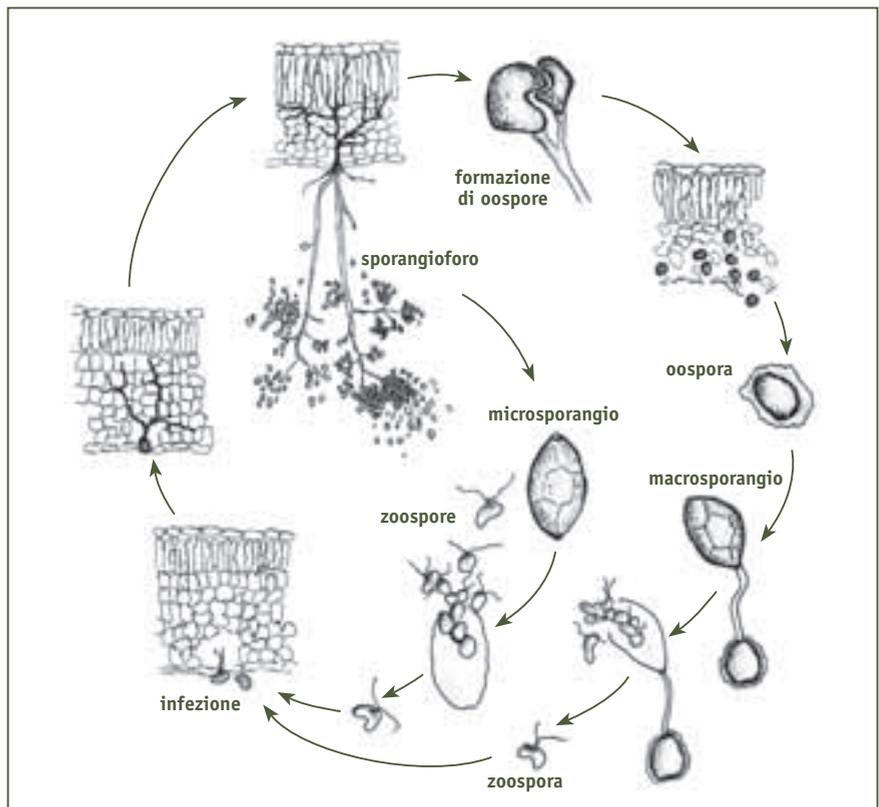




Fig. 9 - Sporangia della peronospora

Le prime infezioni si hanno quando la vegetazione è recettiva (germogli lunghi circa 10 cm), le temperature raggiungono almeno i 10 gradi, si manifesta una pioggia intensa (10 mm, ma in condizioni particolari anche inferiore) e le oospore germinano producendo macrosporangia. La pioggia schizzando sul terreno è in grado di distribuire i macrosporangia sulle foglie di vite. I macrosporangia in seguito rilasciano le zoospore. Le zoospore nuotano all'interno dello strato d'acqua fino ad arrivare agli stomi della pagina inferiore delle foglie. Se l'infezione ha successo, il patogeno cresce manifestando i primi sintomi allo scadere del periodo di incubazione. Il periodo d'incubazione è molto variabile e dipende dalla temperatura e dall'umidità dell'aria (Goidanich, 1964) (Tab. 1). Il minimo tempo necessario è di cinque giorni, ma esso può protrarsi fino a 18 (Agrios, 1997). Dopo le infezioni oosporiche (primarie) inizia il ciclo

secondario (agamico), caratterizzato dalla produzione di sporangiofori e sporangi (Fig. 9), visibili sotto forma di muffa bianca sul lembo inferiore delle foglie e sui tessuti verdi della pianta. Le condizioni ideali per una sporulazione sono una temperatura superiore ai 12 °C con un ottimo di 18 °C e un'umidità relativa molto elevata (>95%).

In corrispondenza della sporulazione sul lembo superiore delle foglie appaiono decolorazioni giallastre note con il nome di "macchie d'olio". Gli sporangi possono essere distribuiti grazie a gocce d'acqua o alla rugiada e non necessitano necessariamente di una pioggia intensa.

Come nel ciclo primario, anche in quello secondario gli sporangi rilasciano zoospore che nuotano sullo strato d'acqua, che ricopre la pagina inferiore delle foglie, fino a raggiungere gli stomi.

Alla temperatura ottimale di 24 °C l'infezione viene portata a termine

entro quattro ore. Qualora le temperature devino dall'ottimo, il tempo d'infezione aumenta in modo corrispondente.

I cicli della riproduzione secondaria si susseguono più volte nel corso della stagione e richiedono condizioni climatiche abbastanza simili a quelle del ciclo primario.

Per oltre un secolo, l'opinione generale è stata che in un breve intervallo di tempo avvenissero poche, ma decisive infezioni primarie. Terminato il tempo di latenza di queste infezioni primarie sarebbero iniziati una serie di cicli secondari, il cui numero e gravità dipendevano dalle condizioni meteorologiche. Si assumeva perciò che le lesioni primarie

portassero il loro contributo nell'avviare l'epidemia nel periodo maggio/giugno (Agrios, 1997; Cortesi e Zerbeto, 1994), ma non avessero alcuna importanza quantitativa nell'epidemia stessa. Il recente sviluppo di strumenti biotecnologici, basati sull'analisi del DNA degli organismi, ha messo in discussione tale ipotesi, facendo luce su aspetti poco chiari o incompresi dell'epidemiologia della malattia.

L'analisi con microsatelliti fornisce il profilo genetico che permette di identificare i ceppi (o individui) di *P. viticola*: ogni profilo genetico distinto costituisce un genotipo.

Due macchie d'olio che mostrano lo stesso profilo genetico, derivano dal-

Tab. 1 - Indicazioni sulla percentuale giornaliera del periodo d'incubazione trascorso, in funzione della temperatura e dell'umidità (adattata da Goidanich, 1964)

T media in gradi	% giornaliera della durata del periodo di incubazione	
	Con umidità	
	atmosfera bassa	atmosfera alta
14	6.6	9
15	7.6	10.5
16	8.6	11.7
17	10	13.3
18	11.1	13.3
19	12.5	16.6
20	14.2	20
21	15.3	22.2
22	16.6	22.2
23	18.1	25
24	18.1	25
25	16.6	22.2
26	16.6	22.2

la stessa oospora; nel caso contrario, da due oospore diverse. In questo modo è possibile distinguere le infezioni derivanti da oospore da quelle derivanti dagli sporangi secondari e quindi quantificare il contributo delle infezioni oosporiche e secondarie all'epidemia (Gobbin *et al.*, 2003a).

Il ciclo primario

La formazione delle oospore è possibile dall'apparizione delle prime

macchie, fino alla fine della stagione vegetativa della vite (Gehmann, 1987).

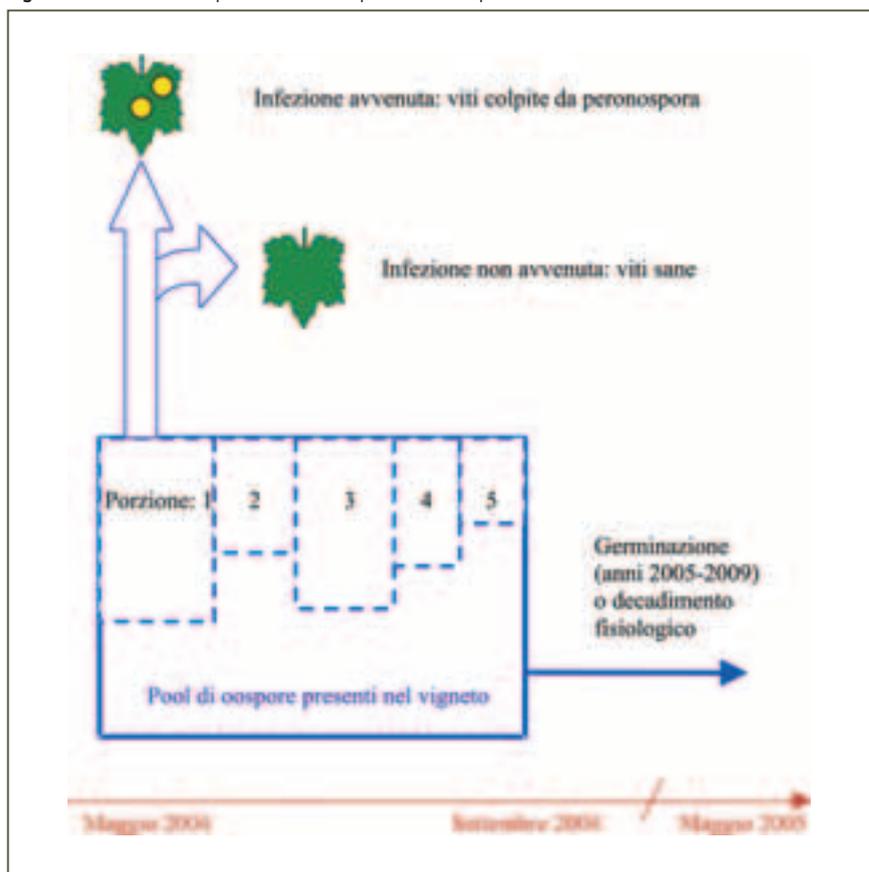
Esse sono in grado di sopravvivere per svariati anni nei residui fogliari e nel terreno del vigneto.

A partire da aprile/maggio, con condizioni climatiche favorevoli, una parte delle oospore presenti nel vigneto comincia a germinare (porzione 1) (Fig. 10).

Una volta germinate le oospore possono iniziare il processo di infezione;

Fig. 10 - Germinazione a porzioni delle oospore di *Plasmopara viticola*

Il rettangolo blu a riga continua rappresenta la quantità totale di oospore presenti nel vigneto. I rettangoli tratteggiati al suo interno simboleggiano le porzioni di oospore atte a germinare in periodi successivi, da maggio a settembre. Ogni porzione di oospore mature può iniziare un processo infettivo se le viti sono recettive e le condizioni climatiche sono favorevoli, altrimenti esse si esauriscono senza causare infezioni. L'asse temporale appare in basso alla figura.



in caso di mancata infezione decado-
no e muoiono.

Quando le condizioni climatiche si
ripresentano favorevoli, una nuova
porzione di oospore germina crean-
do un potenziale nuovo periodo in-
fettivo per le viti (porzione 2).

Questo processo di germinazione di
porzioni di oospore si ripropone sva-
riate volte nel corso della stagione
epidemiologica (ad esempio: porzio-
ni 3-5).

Con il passare del tempo, da maggio
verso agosto, le porzioni di oospore
atte a germinare sembrano essere
sempre più ridotte, probabilmente
in seguito di un decadimento fisio-
logico o di condizioni climatiche che
deviano dall'ottimale (Pertot e Zulini,
2003; Jermini *et al.*, 2003).

L'eterogeneità nella germinazione
non è ristretta all'anno successivo alla
loro formazione, bensì può protrarsi
fino a cinque anni da essa. Questo
implica che una proporzione scon-
osciuta di oospore prodotte nel 2004

germinerà nelle stagioni 2005, 2006,
2007, 2008, 2009 e forse anche oltre
(Hill, comunicazione personale). Poi-
ché la germinazione delle oospore è
il passaggio antecedente alle infezio-
ni primarie e visto il lungo periodo di
germinabilità, le infezioni primarie in
campo si protraggono, a partire dalla
primavera, per un periodo abbastan-
za prolungato.

Gli studi basati sui marcatori mole-
colari hanno evidenziato che nuove
infezioni primarie possono compa-
rire persino durante il mese di ago-
sto.

Le oospore hanno quindi un po-
tenziale infettivo molto più eleva-
to di quanto si ritenesse in passato.
Un'epidemia di peronospora sulla
vite è dunque costituita in buona
parte da una moltitudine di infezio-
ni primarie risultanti dalla continua
e scalare germinazione delle oospo-
re nel corso della stagione, anche se
quantitativamente il ruolo di queste
decrece rispetto a quello delle infe-

zioni secondarie con l'avanzare della stagione (Gobbin, 2004).

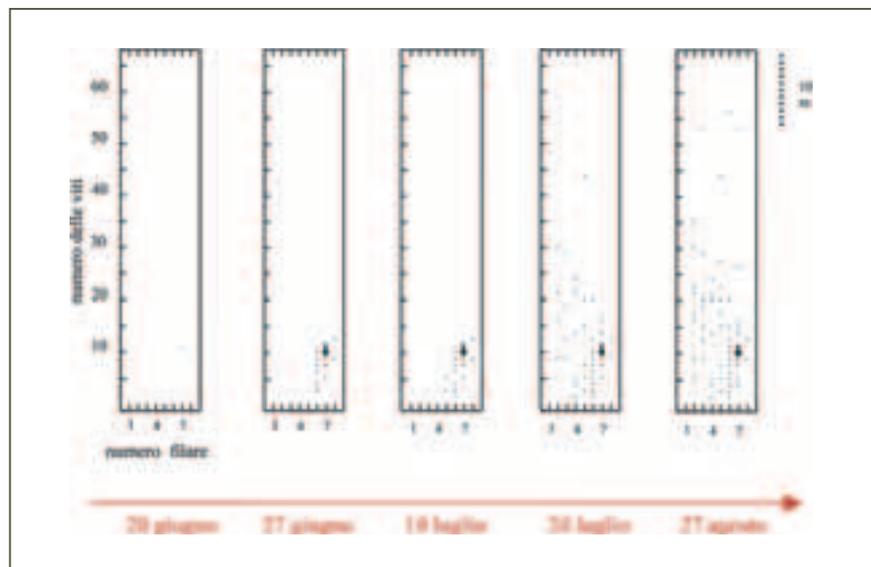
Il ciclo secondario

In contrasto alla teoria corrente, l'analisi ai microsatelliti di DNA ha mostrato che tre quarti delle lesioni primarie non sembrano moltiplicarsi

in modo asessuato. Il rimanente 25% sembra generare, nella maggioranza dei casi, solamente una o due lesioni nel corso dell'epidemia.

Da uno a due genotipi per ogni epidemia invece si moltiplica in modo molto rilevante, generando dal 20% al 90% delle lesioni totali. Tali genotipi fanno comparsa in uno stadio

Fig. 11 - Dispersione spazio-temporale del genotipo dominante di *Plasmopara viticola* nell'epidemia di Bommes, Francia, anno 2001



Il vigneto è rappresentato dai rettangoli. La grandezza dei cerchi è proporzionale al numero cumulativo di infezioni causate dal genotipo dominante. Dal 20 giugno al 27 agosto, il genotipo dominante ha causato 112 lesioni corrispondenti al 58% delle lesioni totali.

precoce dell'epidemia, di regola verso maggio o giugno (Fig. 11). Dopo pochi cicli asessuati la progenie dei genotipi dominanti è spesso altamente raggruppata: le lesioni secondarie colpiscono intensamente una singola vite, oppure un gruppo di piante vicine.

La velocità di colonizzazione di un genotipo dominante attraverso successive lesioni secondarie è piuttosto bassa, attorno agli 1-2 m²/giorno (Gobbin, 2004). Al momento non è ancora chiaro se l'apparizione di tali genotipi sia dovuta a un vantaggio genetico (fitness) o se essi si moltiplichino più degli altri, solamente perché si trovano in condizioni ambientali microclimatiche adatte per produrre numerosi cicli secondari (Gobbin *et al.*, 2003b; Rumbou e Gessler, 2004).

Un recente studio di genetica di popolazione ha indicato che le popolazioni di peronospora in Europa si comportano da unità "chiuse", in altre parole scambiano poco materiale genetico tra loro. A livello pratico questo significa che la migrazione di propaguli infettivi, siano oospore o sporangi, è piuttosto scarsa. Questo fenomeno è evidente sia su scala europea, dove le distanze tra parcelle superano le centinaia di chilometri, sia su scala regionale, dove le distanze possono essere nell'ordine di grandezza di pochi chilometri.

Persino tra parcelle adiacenti si registra una scarsa migrazione di propaguli infettivi. Ad esempio, a Navicello (TN) da metà maggio a fine giugno 2000, sono stati identificati 142 genotipi nella parcella coltivata a Merlot e 370 in quella coltivata a Chardonnay e malgrado le due parcelle fossero separate solo da una strada sterrata, unicamente un genotipo era condiviso tra le due parcelle.

La migrazione di sporangi da vigneto a vigneto è un quindi fenomeno meno importante di quanto ipotizzato nel passato, il che significa che la fonte di inoculo proveniente da parcelle vicine è molto modesta. Questa regola vale per la stragrande maggioranza dei genotipi, tuttavia è messa in discussione qualora ci si trovi confrontati con genotipi dominanti particolarmente aggressivi (Gobbin e Rumbou, comunicazione personale).

Il ciclo primario in rapporto a quello secondario

Assumendo che le prime lesioni della stagione siano unicamente dovute ad infezioni primarie e non derivanti da un'immigrazione di sporangi secondari, all'inizio di ogni epidemia si hanno esclusivamente lesioni primarie e nessuna lesione secondaria. Dopo la comparsa dei primi sintomi, in un periodo che varia da un minimo di sette giorni a più di un mese,

la proporzione delle lesioni primarie subisce una drastica riduzione.

Successivamente a questo periodo in cui le infezioni primarie diminuiscono, si riscontra una fase di stabilizzazione della percentuale delle lesioni primarie che perdura almeno fino al mese di agosto.

Questa percentuale varia molto a seconda dell'epidemia, e quindi dell'annata e della zona; spazia dal 20% al 90% di infezioni primarie (Gobbin, 2004) (Fig. 12).

Alcune considerazioni pratiche

Dai dati disponibili si leggono due fatti: le infezioni derivanti da oospore

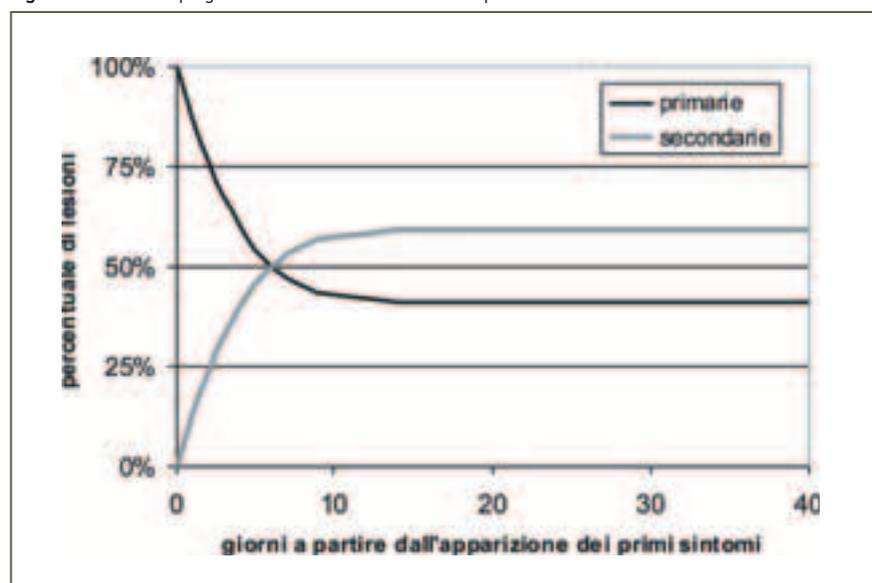
sono possibili durante tutta la stagione e il loro numero è direttamente proporzionale al numero di oospore presenti.

Di queste oospore una parte, la cui quantità allo stato delle attuali conoscenze non è determinabile, sarà sempre più o meno pronta a germinare e, in presenza di condizioni favorevoli, a dare avvio alle infezioni.

Da ciò si può concludere che, anche se mediante una protezione ottimale si ha assenza di sintomi nel vigneto, un evento favorevole alla germinazione delle oospore in stagione avanzata e la susseguente infezione può portare ad un improvvisa apparizione delle malattia.

Se poi, come spesso capita in giugno-luglio quando le temperature

Fig. 12 - Modello di progressione cumulativa delle lesioni primarie e secondarie



sono ottimali per la malattia, si ha un periodo prolungato di piogge e temporali, l'incidenza delle infezioni può essere rilevante ed interessare gran parte delle piante.

Un'altra logica conclusione è che il numero assoluto di oospore presenti, e quindi il fattore quantitativo del rischio, è determinato dall'andamento della malattia nell'anno precedente. Anche se non ci sono ancora esperimenti scientifici a conferma, pare ovvio che tanto più la gravità della malattia è elevata (da agosto a fine stagione), tanto più alto sarà il numero di oospore che il patogeno riuscirà a formare e portare a maturazione nell'anno successivo. Ciò si traduce in una correlazione positiva tra la pressione d'infezione e la difficoltà del controllo.

Chiaramente bisognerebbe considerare che le caratteristiche climatiche possono essere molto variabili da anno ad anno ed è perciò necessario comparare il decorso dell'epidemia e

l'efficacia del controllo della malattia riferendosi ad un vigneto con un carico ridotto di oospore e lo stesso vigneto con un carico oosporico elevato.

Le infezioni generate dagli sporangi delle lesioni dell'anno sembrano avere principalmente il ruolo di incrementare le lesioni nell'immediata vicinanza, senza escludere però la possibilità di determinare anche una diffusione più elevata. Per il patogeno sembra però che la fase clonale di riproduzione (ciclo secondario) sia piuttosto una fase di selezione di genotipi ottimali tra i tanti genotipi creati dalla fase sessuata (ciclo primario).

Queste considerazioni si traducono nel seguente consiglio per la difesa: mantenere come obiettivo una bassa incidenza della malattia in tutta la stagione.

Un controllo rigido e forse eccessivo all'inizio stagione seguito da un abbandono di qualsiasi misura nella se-



conda fase risulta meno efficace nel contenimento della produzione di inoculo svernante (oospore). È necessario prestare la massima attenzione a periodi di temporali serali preceduti da fasi di bagnatura del suolo per 24 ore o più, tipico di piogge notturne seguite poi da una giornata grigia e temporalesca.

In queste condizioni è necessario garantire una protezione efficace che si traduce in un trattamento preventivo, con un prodotto a base di rame a concentrazioni efficaci. Invece periodi di bagnatura fogliare senza però venti turbolenti o piogge forti permetterebbero infezioni oosporiche in misura minore, ma piuttosto infezioni clonali (secondarie).

In questi periodi bisogna perciò prendere in considerazione lo stato attuale dell'epidemia: se l'incidenza della malattia è alta anche questi periodi sono da considerarsi pericolosi; se

essa è bassa, oppure la malattia non è presente, il rischio è basso e anche un trattamento con un prodotto meno efficace (argille acide) oppure con dosi ridotte di rame possono contenere l'epidemia.

Logico pare pure il consiglio di limitare il più possibile la presenza di oospore. Possono essere seguite due possibili vie, evitare la loro formazione controllando e limitando la malattia anche in fase tardiva, oppure eliminandole fisicamente. Esse si trovano nei residui fogliari, sopravvivendo anche alla decomposizione di quest'ultimi. Non sembra che l'attività di decomposizione delle foglie abbia un ruolo di grande importanza, anche se conferme scientifiche non sono ancora a disposizione.

L'eliminazione delle oospore si traduce nell'eliminazione fisica dei residui fogliari: una raccomandazione vecchissima e dimenticata.

Lotta biologica

S. Dagostin, I. Pertot

Che cos'è la lotta biologica

L'agricoltura biologica vede i suoi inizi ideologici nel primo Novecento, ma è dagli anni novanta che i consumatori hanno cominciato a richiedere in misura sempre maggiore prodotti agricoli e derrate alimentari ottenuti con metodi biologici. Questo fenomeno ha creato sia un nuovo mercato per i prodotti agricoli, sia un metodo di produzione che richiede un impiego meno intensivo della terra e che può quindi permettere la realizzazione di un migliore equilibrio tra l'offerta e la domanda di prodotti agricoli, la tutela dell'ambiente, della salute del consumatore e della qualità dei prodotti agroalimentari e la conservazione dello spazio rurale.

Il sistema di produzione biologico costituisce un metodo particolare di produzione al livello delle aziende agricole che si basa sul rispetto dell'equilibrio biologico e non ammette l'utilizzo di sostanze chimiche di sintesi.

La fertilità e l'attività biologica del

suolo devono essere mantenute o aumentate in primo luogo mediante:

- la coltivazione di leguminose, di concimi verdi o di vegetali aventi un apparato radicale profondo nell'ambito di un adeguato programma di rotazione pluriennale;
- l'incorporazione di letame proveniente da allevamenti biologici;
- l'incorporazione di altro materiale organico di origine biologica, compostato o meno.

La lotta contro i parassiti, le malattie e le piante infestanti si impernia sul seguente complesso di misure:

- scelta di specie e varietà adeguate;
- programma di rotazione appropriato;
- coltivazione meccanica;
- protezione dei nemici naturali dei parassiti, favorendoli con, ad esempio, siepi, luoghi per nidificare, diffusione di predatori;
- eliminazione delle malerbe mediante bruciatura.



Lotta biologica: norme e regolamenti

Il Regolamento CEE n. 2092/91 e successive modifiche ed integrazioni rappresentano il quadro normativo comunitario in materia di produzione, di etichettatura e di controllo per la tutela della coltura biologica.

Possono essere utilizzati i prodotti riportati nell'Allegato II soltanto in caso di pericolo immediato che minacci le colture.

Nell'Allegato II (modificato in parte dai Regolamenti CEE n. 1535/92, n. 2608/93, 2381/94 e n. 1488/97) nella parte B riguardante gli antiparassitari impiegabili in agricoltura biologica troviamo la lecitina, gli oli vegetali, i microrganismi. In quanto di uso tradizionale in agricoltura, troviamo polisolfuro di calcio, oli minerali, permanganato di potassio, sabbia di quarzo, zolfo e rame, quest'ultimo nella forma di idrossido di rame, ossicloruro di rame, solfato di rame (tribasico), ossido rameoso.

Analizzando i presidi sanitari ammessi per la difesa nei confronti della peronospora ci si trova, di fatto, a disporre di poche sostanze attive nei confronti del patogeno.

La polvere di roccia e argille (alga-matolite, bentonite, Ulmasud™ e Myco-Sin™), il silicato di sodio, gli estratti acquosi da compost, il permanganato di potassio, la propoli, gli agenti di difesa biologica (*Bacillus licheniformis*, *Trichoderma hamatum*, *Gliocladium virens*, *Streptomyces* spp., *Erwinia herbicola*, *Bacillus subtilis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pantoea herbicola*, *Actinomycetes*, *Fusarium proliferatum*, ecc.), gli estratti vegetali (Neem, *Arnica montana*, *Equisetum arvense*, *Inula viscosa*, ecc.), il bicarbonato di sodio o di potassio, l'acqua ossigenata, l'olio paraffinico, i saponi molli e le preparazioni biodinamiche, hanno dato sempre risultati non costanti ed insoddisfacenti.

I fosfiti, ed in misura molto mino-

re l'acido salicilico, garantirebbero un'efficacia soddisfacente nei confronti della peronospora, ma essi non sono inclusi nell'Allegato II, nonostante l'accesa discussione su di una loro possibile inclusione.

Al fine di ridurre i danni da accumulo di rame nel terreno l'Unione Europea ha fissato alcuni limiti, con l'obiettivo di arrivare ad una sua eliminazione. Per quanto riguarda la protezione fitosanitaria mediante l'utilizzo di prodotti rameici, è entrato quindi in vigore in Italia il Regolamento CE n. 473/2002 del 15 marzo 2002, con la circolare n.1 del 4 aprile 2002. Si tratta di una modifica degli allegati I, II e IV del Regolamento n. 2092/91. Tale circolare prevede i seguenti criteri d'uso del rame:

- per le colture annuali consente l'uso, fino al 31 dicembre 2005, del limite massimo di 8 kg/ha/anno e dal 1° gennaio 2006 del limite massimo di 6 kg/ha/anno;
- per le colture perenni si può adottare, in deroga, un limite d'impiego complessivo che nel quinquennio 23 marzo 2002-31 dicembre 2006 non dovrà superare la misura di 38 kg/ha, mentre nei quinquenni successivi il limite massimo è determinato come riportato di seguito:
 - dal 1° gennaio 2003 al 31 dicembre 2007 l'impiego di rame non dovrà superare i 36 kg/ha,

- dal 1° gennaio 2004 al 31 dicembre 2008 l'impiego di rame non dovrà superare i 34 kg/ha,
- dal 1° gennaio 2005 al 31 dicembre 2009 l'impiego di rame non dovrà superare i 32 kg/ha,
- dal 1° gennaio 2006 al 31 dicembre 2010 l'impiego di rame non dovrà superare i 30 kg/ha.

Per tutti gli anni successivi l'impiego di rame non dovrà superare il limite totale di 30 kg/ha ogni 5 anni.

Altri paesi, come la Svizzera, hanno fissato limiti ancora più restrittivi rispetto all'Unione Europea.

Questa soglia nell'utilizzo ammesso del rame ha destato non poche preoccupazioni relativamente alla difesa antiperonosporica, soprattutto in aree geografiche umide e piovose durante l'estate e dove non è ammessa la coltivazione di ibridi interspecifici di vite resistenti alla peronospora. Le possibilità alternative al rame sono attualmente tutte scarsamente o per nulla efficaci contro *P. viticola*.

Nei seguenti capitoli verranno riportati i diversi composti rameici utilizzabili in agricoltura biologica, le alternative ad esso ed il loro grado di efficacia, le strategie che possono permettere un risparmio di rame in agricoltura biologica e alcune potenziali novità di cui la ricerca si sta occupando.

Prodotti impiegabili in viticoltura biologica

Il rame

L'uso del rame in viticoltura vanta una lunga tradizione poiché, oltre ad essere stato uno dei primi fungicidi scoperti, questo metallo possiede delle caratteristiche che ne favoriscono ancora un ampio uso.

Tra le qualità positive del rame ricordiamo che favorisce la maturazione dei tralci, ha una buona persistenza sulla vegetazione in assenza di pioggia, ha un'attività secondaria contro altre malattie quali il marciume nero, l'escoriosi o la botrite e ha un prezzo contenuto.

Il rame è un prodotto di indubbia utilità non solo nella lotta biologica. Costituisce infatti il partner ideale di molti fungicidi sistemici, poiché, grazie al suo meccanismo d'azione multisito, non ha mai sviluppato fenomeni di resistenza nelle popolazioni del patogeno.

L'azione anticrittogamica del rame è legata agli ioni rame Cu^{2+} che, liberati in acqua, penetrano nella membrana semipermeabile e nella parete chitinosa dei funghi ed in particolare nei conidi, spore e micelio. Esso può accumularsi nelle spore fungine fino a 100 volte la sua concentrazione in soluzione.

Agisce su più livelli interferendo con i processi respiratori, frenando la bio-

sintesi delle proteine, diminuendo l'attività della membrana cellulare con rallentamento nel trasferimento di ioni e bloccando i processi ossidoriduttivi agendo a livello dei gruppi sulfidrilici degli enzimi (Stefanelli, 1993).

Si pone inoltre come antagonista nei confronti degli altri elementi della parete chitinosa, sostituendosi a cationi come il calcio Ca^{2+} , l'idrogeno H^+ o il magnesio Mg^{2+} .

Questi meccanismi d'azione si traducono soprattutto in un blocco della germinazione di spore e conidi e fanno del rame un fungicida di contatto, con sola attività preventiva.

Il rame non è però privo di effetti collaterali e può causare fenomeni di fitotossicità che dipendono dalle condizioni climatiche e dalle concentrazioni d'uso, dallo stadio fenologico della pianta e dalla sensibilità del vitigno su cui è usato.

Il rame, inoltre, essendo un metallo pesante, possiede un'elevata capacità di accumularsi nel suolo. Durante i trattamenti, esso raggiunge l'uva e la vegetazione della vite, ma in buona parte si disperde accumulandosi infine sul terreno. Al suolo giunge anche il rame che si era depositato sulla vegetazione, in seguito all'azione dilavante delle piogge e alla caduta delle foglie in autunno. Il rame nel suolo non subisce degradazione o metabolizzazione, non evapora ma si lega



alla sostanza organica ed ai colloidali del terreno.

Una volta giunto nel terreno tende ad accumularsi molto velocemente, poiché la traslocazione verticale nel suolo, la biodegradazione e l'assorbimento da parte della pianta sono praticamente nulli.

L'accumulo del rame è maggiormente visibile negli strati più superficiali, dove a causa dell'elevata persistenza d'azione diminuisce l'attività biologica del suolo: le popolazioni dei lombrichi, gran parte dei funghi e dei batteri degradatori della sostanza organica e gli azoto fissatori (*Nitrosomonas*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Nitrobacter*, *Rhizobium*, alghe verdi-azzurre, ecc.) vengono notevolmente compromesse a causa del suo effetto tossico.

Come conseguenza della ridotta attività microbiologica si ha un accumulo di sostanza organica e una scarsa disponibilità di elementi nutritivi.

Ciò risulta particolarmente grave in

agricoltura biologica dove non sono impiegabili i fertilizzanti minerali e la fertilità del suolo è legata all'attività biologica dei microrganismi in esso presenti.

Il rame, in particolare quando si accumula in concentrazioni elevate, diventa dannoso anche per gli agenti ausiliari, quali coccinellidi, imenotteri e crisope.

Quando nel terreno vengono raggiunti contenuti molto elevati di rame, si può infine assistere a visibili fenomeni di fitotossicità sulle piante stesse, costituiti da crescita stentata e clorosi. Quest'ultimo effetto si nota molto facilmente nel momento in cui si sostituiscono altre colture alla vite, che invece è di per se abbastanza tollerante all'eccesso di rame nel terreno.

Il rame viene assorbito facilmente dagli organismi acquatici, nei confronti dei quali presenta un'elevata tossicità, a differenza dei mammiferi e delle api verso le quali non è particolarmente nocivo.

I fungicidi a base di rame

Esistono diversi preparati contenenti il rame, solitamente formulati come sali o come complessi con altre molecole, che liberano il rame come ione Cu^{2+} e migliorano l'assorbimento o l'aderenza alla pianta.

Relativamente all'efficacia e alla dilavabilità dovuta alle piogge è stato dimostrato che, a parità di rame metallo apportato, i vari composti rameici presentano caratteristiche del tutto simili.

Il rischio di fitotossicità è leggermente inferiore per le nuove formulazioni immesse in commercio negli ultimi anni.

Tenendo conto dell'azione di tipo preventivo del rame, i rispettivi fungicidi devono essere usati precedentemente ad un'infezione ed è quindi molto importante essere in possesso di informazioni sullo stato del patogeno e sulle previsioni meteorologiche, in modo da mantenere una tempistica d'uso il più precisa possibile.

Solfato di rame

Presente in natura come calcantite, commercializzato con il nome di vetriolo azzurro, il solfato di rame ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) è probabilmente il più importante tra i sali di rame e viene utilizzato in agricoltura come pesticida, germicida e come integratore di rame per il terreno. Ad oggi nel mondo si usano 200.000 tonnellate/anno di solfato di rame, di cui tre quarti in agricoltura, come fungicida (CDA_UK, 2003).

Il solfato di rame viene preparato industrialmente per azione dell'aria, acido solforico (H_2SO_4) diluito e graniglia di rame o ossido di rame (CuO). Si presenta sottoforma di cristalli blu, stabili in condizioni normali; ha un pH acido compreso tra 3,7 e 4,5; contiene cinque molecole di acqua (esiste tuttavia anche in forma anidra) ed è solubile in acqua.

Usato tal quale ha scarsa aderenza ed estremamente elevata fitotossicità.

Poltiglia bordolese

La poltiglia bordolese ($\text{CuSO}_4 / 3\text{Cu}(\text{OH})_2 / 3\text{CaSO}_4$) viene ampiamente impiegata nella lotta alla peronospora della vite. La poltiglia veniva in passato solitamente preparata al momento dell'uso a partire da solfato di rame, idrossido di calcio e acqua. Questa tecnica è stata soppiantata dalle attuali formulazioni commerciali, in polvere solubile, contenenti in genere il 20-25% di rame metallo.

La composizione normale della poltiglia è indicata dalla sequenza di numeri 1:1:100 che indica la proporzione presente per i tre componenti della miscela, nell'ordine solfato di rame, idrossido di sodio, acqua.

La criticità nell'uso della poltiglia sta essenzialmente nel suo pH.

Il miglior valore di pH è sicuramente quello neutro, in quanto l'acidità tende a diminuire l'adesività del preparato. La poltiglia non dovrebbe essere eccessivamente acida in quanto essa rende solubile il metallo, cau-

sando problemi di fitotossicità (Deer, 2001).

Composti di rame con l'ossigeno

Esistono due forme di composti del rame con l'ossigeno (Cu_2O e CuO), chiamati ossidi.

L'ossido viene prodotto partendo dal rame metallico o da una soluzione di solfato di rame (CDA_UK, 2003).

L'ossido rameoso (Cu_2O), si trova in natura come cuprite.

È un precipitato di colore giallo rossastro, ad alto peso specifico. È stabile all'aria secca, in presenza di umidità si ossida a ossido rameico o ossido di rame (CuO), che si presenta invece come cristalli neri. La sua polvere contiene il 98,05% di ossido che corrispondono al 78,5% di rame metallo. La grandezza delle particelle è fissata in 325 mesh.

Leggermente fitotossico per la pianta, viene usato preferibilmente in estate.



Praticamente insolubile in acqua e nei solventi organici, solubile in soluzioni di ammoniaca, non è in grado di aderire bene alla pianta.

Per questo motivo sono stati sperimentati ad oggi dei formulati contenenti dei granuli di ossido super micronizzato (1-5 μm), idrodispersibili con aderenza maggiore e più uniforme alla superficie fogliare e conseguente aumento di resistenza al dilavamento.

Ossicloruro di rame

Presente in natura come atakmite, l'ossicloruro di rame ($\text{ClCu}_2(\text{OH})_3$) si può ottenere per azione dell'acido cloridrico sul rame metallico oppure per ossidazione di una sospensione di cloruro di rame.

Per la difesa delle piante si usano solitamente l'ossicloruro di rame e calcio e l'ossicloruro tetraramico: il primo, ad azione più veloce dovuta ad un molecola meno stabile, il se-

condo, con azione più lenta, ma con maggior tempo di persistenza sulla pianta.

Ha azione di contatto, è scarsamente fitotossico, svolge un'attività fungicida paragonabile a quella della poltiglia bordolese. La sua solubilità in acqua è molto scarsa e quindi per i trattamenti si utilizzeranno formulati sotto forma di sospensioni.

Per i prodotti commerciali, la FAO fissa la presenza di impurità ad una concentrazione massima accettabile pari a 50 mg/kg per l'arsenico, 250 mg/kg per il piombo e 50 mg/kg per il cadmio (Ambrus, 2003).

Idrossido di rame

L'idrossido di rame ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) può essere ottenuto trattando a freddo dei sali di rame, come il solfato di rame, con un idrossido alcalino, come l'idrossido di potassio.

Si ottiene un precipitato azzurro con contenuto di acqua variabile e il 50%

di rame metallico. La sua azione è istantanea, rilascia rapidamente Cu^{2+} ed è utile quando si ritiene necessario un trattamento tempestivo.

La fitotossicità di questo principio attivo sembra essere legata alla concentrazione usata e alle condizioni climatiche presenti al momento del trattamento.

Una vegetazione umida per esempio può aumentare il rischio di comparsa di effetti tossici. L'idrossido di rame è meno fitotossico, ma allo stesso tempo meno persistente della poltiglia bordolese (Delaiti e Sandri, 2005).

Possiede invece una maggiore persistenza rispetto agli altri sali di rame. La persistenza, come l'efficacia non vengono migliorati neppure dopo l'aggiunta di oli come coadiuvanti (Mescalchin e Pertot, 2003).

Peptidato di rame

È composto da proteine (peptidi) e rame in quantità pari al 5%. Possiede

gli stessi effetti dei classici composti del rame, ma poiché permette a parità di efficacia di ridurre la quantità di rame sembra avere meno impatto ambientale (Pontiroli *et al.*, 2001).

La formulazione sfrutta la capacità dei peptidi di essere scambiati dalla pianta per comuni molecole di origine biologica e portati all'interno della cellula tramite meccanismi di trasporto enzimatici o canali di passaggio. I peptidi, contenendo al loro interno il rame chelato, consentono un accumulo di quest'ultimo maggiore nei compartimenti intracellulari.

Avendo quindi un assorbimento quantitativo del principio attivo, si potranno formulare dei preparati con percentuali minori di rame, diminuendo così la tossicità e l'impatto negativo sull'ambiente.

La veloce penetrazione e l'elevata capacità d'azione però sono causa anche della fitotossicità che deriva dall'aumentato assorbimento del rame. La fitotossicità aumenta nel caso in

cui la stagione si presenti fredda e piovosa, ma anche calda e molto umida, soprattutto se il prodotto viene utilizzato più volte. I vitigni hanno sensibilità alla fitotossicità causata dai peptidati di rame molto variabile.

Nonostante i risultati promettenti mostrati su altre colture, nel caso in cui si scelga l'uso del peptidato di rame, si consiglia quindi di procedere con estrema cautela.

Ad oggi le formulazioni a base di rame sopra descritte sono le uniche ammesse in agricoltura biologica, ma esistono altri preparati che potrebbero, in tempi brevi, essere ammessi all'Allegato II del decreto CEE 2092/91. Tra questi troviamo i prodotti riportati in seguito.

Cloruro di rame e cloruro rameoso

Il cloruro di rame (CuCl_2) si presenta come una polvere giallo marrone se anidro, e verde se diidrato, solubile in

acqua, in alcol e in cloruro d'ammonio. Il cloruro rameoso (CuCl o Cu_2Cl_2) si presenta invece in cristalli tetraedrici di colore verde ed è insolubile in acqua. Al pari degli altri composti anch'esso può essere utilizzato come fungicida in agricoltura e come agente trattante e preservante del legno.

Tallato di rame

Il tallato di rame è un preparato ottenuto dalla combinazione di resine e acidi grassi, derivati dal legno di pino, con idrossido di rame. L'olio di pino consente di aumentare l'efficacia del rame, anche a basse quantità di quest'ultimo, conferendo al preparato un'adesività elevata che consente una maggior permanenza sulla pianta. Registrato in Francia come fungicida contro la peronospora e la botrite, riesce nonostante un meccanismo d'azione ancora non ben chiaro, a permettere una diminuzione nel numero di trattamenti e del dosaggio in



I tallati di rame presentano una bassa tossicità se non in caso di sovradosaggio.

Altri composti quali il Carbonato di rame Cu_2CO_3 , e il gluconato di rame $[\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COO}]_2\text{Cu}$ sono tuttora in via di sperimentazione.

I fungicidi non contenenti rame

Le sostanze d'origine naturale di seguito descritte possono aiutare a ridurre la quota di rame immessa nell'ambiente.

Questi composti tuttavia, non hanno un'attività comparabile con quella del rame e dei classici fungicidi di origine sintetica.

Alcuni prodotti possono essere utili, ma solo con pressioni della malattia molto basse e se applicati con una precisa tempistica.

Silicato di sodio

Il silicio, con il 26%, è il secondo elemento in ordine di abbondanza nella crosta terrestre e nel terreno si trova generalmente in quantità compresa tra 30 e 40 mg/l (Epstein, 1994).

I silicati si ottengono dalla fusione di SiO_2 (sabbia) e carbonato di sodio Na_2CO_3 . Mediante una reazione simile si può ottenere anche il silicato di potassio, prodotto simile ed intercambiabile con il silicato di sodio.

L'attività di questi sali è dovuta alle specie solubili del silicio in particolare di SiO_2 .

Il meccanismo d'azione del silicato di sodio non è ancora completamente chiaro, ma sembra che esso agisca in modo duplice.

A livello fogliare esplica un'azione meccanica mediante formazione di una pellicola inorganica dura, in grado di ostacolare l'attività dei parassiti, ma a causa della sua azione coprente potrebbe impedire la traspirazione fogliare. Tramite un meccanismo di

traslocazione invece il silicato è in grado di agire in maniera fisiologica, interferendo con i normali processi vitali della pianta.

Il suo uso come fungicida consente inoltre un apporto di silicio che spesso è molto utile, soprattutto in terreni con piante che sottraggono molto silicio o in terreni in cui il livello di questo elemento è basso.

La pianta sembra trarre altri vantaggi dall'apporto di silicio, tra cui un'aumentata crescita e un'aumentata resistenza nei confronti, non solo di funghi e patogeni, ma anche di situazioni ambientali critiche quali l'aridità del terreno.

I silicati sono compatibili con l'agricoltura biologica, in quanto il silicio viene continuamente rimosso dal terreno attraverso l'assorbimento da parte delle piante, e tramite la lisciviazione, nota come processo di desilicizzazione. Le condizioni per l'uso devono prevedere un'utilizzazione massima pari al 2% in volume, dilui-

to in acqua, di prodotto commerciale con una concentrazione del 30% di principio attivo. L'efficacia nei confronti della peronospora però è del tutto insoddisfacente.

È necessario prestare attenzione durante la manipolazione e l'applicazione del silicato di sodio, infatti si può avere una quota di assorbimento per via cutanea o per inalazione.

L'esposizione acuta può causare irritazione del tratto respiratorio o della pelle.

Fosfiti e fosfonati

Gli ingredienti attivi dei composti di sali di fosforo sono il potassio diidrogenofosfato (fosfonato monopotassico (KN_2PO_3)) e il dipotassio fosfato (fosfito di potassio (K_2HPO_3)). Sono entrambi sali dell'acido fosforico o fosforoso che in acqua si ionizza formando ioni idrogeno positivi H^+ e anioni diidrogeno fosfato negativi H_2PO_3^- .

Il fosfonato di potassio e il fosfito si ottengono neutralizzando una soluzione di acido fosforoso e acido fosforico (20%).

L'acido fosforoso (H_3PO_3) viene neutralizzato da KOH, formando i sali fosfonati o fosfiti. Ciò che si ottiene è una polvere bianca, con pH compreso tra 6,4 e 6,7, che esposta al sole va incontro ad ossidazione trasformandosi in fosfato (sia monobasico, sia di basico), instabile.

Il 20% di acido fosforico reagisce con l'idrossido per dare il fosfato di potassio (KH_2PO_4).

I sali di metalli alcalini, quali il potassio e sodio, sono tutti solubili in acqua.

Sembra che il meccanismo d'azione dei prodotti a base di questi sali sia diretto sul metabolismo aminoacidico, sulla composizione proteica, sulla riduzione del pool nucleotidico, e indiretto con lo stimolo alla produzione di sostanze di difesa nella pianta ospite (DuPont, 2000).

Essi agiscono anche direttamente sul fungo, inibendo la crescita del micelio, riducendo la sporulazione, modificando la struttura del micelio tramite alterazione del contenuto di acidi grassi liberi e degli aminoacidi delle cellule di parete.

Per la loro azione translaminare, la loro elevata capacità di essere assorbiti e la loro conseguente efficace attività inibitoria sono considerati degli ottimi fungicidi.

Presentano bassa tossicità, basso costo e, se il prodotto è usato in maniera corretta, non si nota un accumulo rilevante nell'ambiente. Essi inoltre si degradano facilmente, sia nel terreno che in acqua, in ioni idrogeno e ioni fosforo.

I sali di fosforo sono utilizzati sotto forma di concimi fogliari. L'efficacia di questi composti contro la peronospora sulla vite è stata provata da studi condotti in Italia, Austria, Svizzera e Germania, ma non possono essere applicati in agricoltura biologica.



Ancora oggi, infatti, il fosfito di potassio viene commercializzato in Europa solo come fertilizzante (per il suo contenuto di fosforo e potassio), ma vista la sua utilità nella lotta alla peronospora si sono avviate le procedure per una sua registrazione come fungicida.

Acido salicilico

L'acido salicilico è presente nelle piante in piccole quantità. Originariamente era proprio dalla corteccia del salice che l'acido salicilico veniva estratto per ottenere l'acido acetilsalicilico, meglio conosciuto come aspirina.

Sembra che questo prodotto sia in grado di aumentare la resistenza della pianta alle malattie, aumentare la vita dei fiori e promuovere la sintesi di etilene che favorisce la maturazione dei frutti.

La resistenza delle piante è associata spesso con l'attivazione di alcuni

meccanismi di difesa che prevengono il movimento o la moltiplicazione dei patogeni.

In alcune interazioni pianta-patogeno l'abilità della pianta di riconoscere il patogeno e attivare conseguentemente la risposta migliore è regolata geneticamente. I meccanismi di difesa sono molteplici (NO, H₂O₂ e altre specie reattive dell'ossigeno) e vengono attivati in maniera specifica (rivolti ad uno specifico patogeno) o non specifica.

L'acido salicilico è ritenuto essere un'alternativa al rame per combattere la peronospora e si può usare prima e durante la fioritura. L'efficacia però risulta soddisfacente solo in condizioni di bassa pressione della malattia ed inoltre i residui di acido salicilico nel vino subiscono un leggero aumento (Kast, 2000).

La sostanza pura è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti.

Farine di roccia

Le caratteristiche variano a seconda del minerale componente la roccia macinata come basalto, granito, bentonite, algamatolite del Brasile, dolomia.

Il principale componente della farina di roccia è l'acido silicico che arriva fino al 75% nel basalto. Si trovano in queste polveri anche elementi quali magnesio, calcio, microelementi come ferro, rame e molibdeno. Si usa come protettivo, sia in campo, sia in serra.

L'acido silicico, come già detto, favorisce l'irrobustimento delle foglie e degli steli, inoltre gli altri elementi minerali e microelementi, contribuiscono a rinforzare la pianta. La polvere di roccia mostra anche un'azione meccanica (barriera fisica) nei confronti dei patogeni e, grazie alle sue caratteristiche igroscopiche, può agire come disidratante dei parassiti (Donnarumma *et al.*, 1999).

Ulmasud™ e Mycosin™ sono delle

preparazioni commerciali di minerale calcareo formulato come polvere bagnabile, usata in quantità pari a 10 mg/ha in soluzione acida o neutra.

Il loro impiego in Svizzera e in Germania ha portato a dei risultati positivi, in cui si evidenzia una parte di attività antiperonosporica, ma anche una parte di fitotossicità dipendente dal metodo di applicazione, dalla concentrazione e dal tipo di pianta (Tamm *et al.*, 2004).

La loro azione non è comparabile al rame, soprattutto in Italia settentrionale dove le condizioni ambientali e meteorologiche (elevata piovosità e prolungate bagnature fogliari) non permettono una sufficiente protezione nei confronti della peronospora.

Infatti, se utilizzata alla dose di 1000-1500 g/ha, l'algamatolite, ha dimostrato di essere in grado di contenere l'attacco di peronospora in maniera modesta se confrontato con i classici fungicidi, ma nel caso di epidemie forti e precoci invece le argille si

sono dimostrate inefficaci (Cravero *et al.*, 2002).

Propoli

Derivato dall'elaborazione, da parte delle api, di sostanze di natura resinosa, gommosa e cerosa presenti nei tessuti vegetali di numerose piante arboree tra cui castagno, salice, ippocastano, pioppo, pruno, abete, abete rosso, quercia, frassino.

La sua composizione chimica media si può riassumere in:

Resine aromatiche	50-60%
Cere	25-40%
Sostanze volatili	5-10%
Oli essenziali	0,5%
Polline	2-5%
Sostanze organiche e minerali (vit.C,E,B, micronutrienti)	2-5%

Il contenuto in polifenoli viene espresso in galangine, assunte come termine di riferimento.

Si raccoglie dall'arnia raschiandola nei punti dove è stata maggiormente depositata oppure stimolando le api a produrre quantità maggiori attraverso particolari tecniche apistiche. Si usa in campo e sulle derrate alimentari immagazzinate.

Contiene composti di natura fenolica (flavoni, flavonoidi e flavononi) che manifestano proprietà fitostimolanti, favoriscono l'autodifesa della pianta e potenziano l'azione di alcuni anti-parassitari.

In frutticoltura è stata dimostrata l'azione positiva sullo sviluppo vegetativo delle gemme, la funzionalità degli organi sessuali del fiore, nonché il primo accrescimento del frutticino.

Spesso è associata allo zolfo o ai sali di rame, dei quali potenzia l'azione e ne permette un uso in concentrazioni limitate (Donnaruma *et al.*, 1999).

Da secoli è nota in medicina per le sue proprietà antivirale, battericida e fungicida, in ambito agrario però l'efficacia è estremamente limitata.

Fungicidi microbiologici

Alcuni funghi o batteri, non dannosi per la pianta, possono venire usati per proteggerla dai patogeni che la infestano.

L'antagonismo microbico si basa in generale sui meccanismi di:

- predazione
- iperparassitismo
- antibiosi
- competizione

che possono avvenire singolarmente o in contemporanea.

La competizione si ha quando le due specie necessitano degli stessi substrati per vivere, sia che si parli di cibo che di spazio o altre risorse.

Nell'antibiosi si ha la produzione di una o più sostanze tossiche (es. *Trichoderma* che produce sostanze quali la triclorodermina) inibiscono o provocano la morte di altri microrganismi, mentre l'iperparassitismo prevede che uno dei due organismi parassitizzi l'altro.

Infine nella predazione sono gli individui predatori che attaccano le prede, nutrendosi di esse.

Sembra inoltre che l'azione di alcuni agenti di biocontrollo si espliciti direttamente anche sulla pianta, tramite l'induzione di uno stress che la porta ad un aumento delle difese.

Contro la peronospora della vite sono stati studiati microrganismi come il *Bacillus licheniformis* e il *Trichoderma* sp. + *Gliocladium virens*, in gra-

do di produrre delle sostanze volatili. *Trichoderma* agisce inoltre in modo competitivo e come iperparassita.

Altri organismi quali *Streptomyces*, *Erwinia herbicola* o *Bacillus subtilis* sembrano avere una buona azione antagonista nei confronti della peronospora (Schilder *et al.*, 1999) che si nota anche in alcuni *Xanthomonas*, *Pseudomonas* e altri *Actinomyces*.

Fusarium proliferatum riduce la produzione di sporangi e previene la sporulazione del patogeno.

Gli effetti sulla vinificazione di solito sono assenti e quando sono stati notati si sono avuti solo a livello minimo e con particolari organismi (Tilcher *et al.*, 2003).

Olio di Neem

È un pesticida botanico estratto dalla specie arborea *Azadirachta indica*, o Mangrova, appartenente alla famiglia delle *Meliacee*, presente in maggior numero in India, America (nord, centro e sud), in Sudafrica, Medio Oriente e Australia (Fig. 13).

Nelle foglie, semi, frutti, legno e corteccia di questa pianta sono presenti dei limonoidi, principi attivi molto interessanti per la patologia vegetale. Uno di questi, in particolare un limonoidi triterpenoide, comunemente chiamato azadiractina, sembra essere il componente più attivo.

Equiseto

La pianta da cui viene estratto questo prodotto è una delle poche piante che necessitano di quantità molto elevate di silicio per la loro sopravvivenza. Questo fa sì che i suoi estratti siano ricchi in questo minerale (15-40%). Essa contiene inoltre elementi quali magnesio, selenio, calcio, ferro, manganese, fosforo, potassio, alluminio, zinco, cromo e cobalto.

La sua azione fungicida è dovuta principalmente al silicio di cui già si conoscono le proprietà anticrittogamiche. Esso può essere utilizzato come tale oppure in miscela con fungicidi a base di rame, zolfo o con prodotti a base di ortica.

Inula viscosa

Pianta perenne, della famiglia delle *Compositae*, si trova principalmente nella regione mediterranea, cresce lungo le strade, nei giardini, nei campi. Le sue foglie emanano un odore

tipico e contengono dei composti che la proteggono da animali e insetti. Viene usata nella medicina non convenzionale per combattere le infiammazioni, ma anche come repellente per gli insetti. L'estratto dalle sue foglie sembra avere un'attività erbicida anche se altri esperimenti *in vitro* e *in vivo* hanno invece dimostrato che questa pianta possiede delle proprietà fungicide nei confronti di Oomiceti, Ascomiceti e Basidomiceti. L'attività fungicida sembra essere dovuta alla presenza di sette terpeni, di cui la maggior parte a carattere lipofilo.

Se spruzzati sulla superficie fogliare questi estratti controllano efficacemente l'attacco di peronospora sulla vite, fino ad una percentuale del 90%, se l'estrazione viene eseguita con acetone ed esano (Cohen *et al.*, 2003).

Gli estratti acquosi hanno dimostrato meno attività rispetto a quelli fatti con solventi organici, poiché le molecole attive sono, come detto prima,



di origine lipofila e vengono veicolate meglio in solventi quali acetone, metanolo, etanolo.

Bicarbonato di sodio e di potassio

Il bicarbonato di sodio è una sostanza naturale, non tossica in grado di controllare alcuni funghi. Il sale di potassio invece è un prodotto sintetizzato partendo dall'idrossido di potassio.

Il primo è un prodotto commerciale, poco costoso e poco tossico, ma deve essere applicato alla pianta con l'aggiunta di un surfattante o di un detergente in modo da spargerlo uniformemente. L'azione del bicarbonato di potassio sembra dovuta al danneggiamento della membrana delle cellule nelle spore e allo spostamento del pH della linfa a un valore di circa 6,4 incompatibile con la vita dei funghi. Ha un meccanismo preventivo in grado di diminuire l'incidenza della malattia, anche dopo la sua compar-

sa, e sembra avere una certa efficacia contro la peronospora.

Il tempo e la dose di utilizzo sono molto importanti in quanto un alto livello di bicarbonato di sodio può provocare ustioni sulle foglie.

Un uso non corretto del prodotto porta al danneggiamento delle foglie e al suo accumulo nel terreno con conseguente alterazione del pH e rallentamento della crescita delle piante (Quarles, 2004).

Nel dicembre del 1996 la EPA negli Stati Uniti ha eliminato il limite di tolleranza per il bicarbonato di sodio e di potassio, se questi vengono usati in maniera corretta seguendo le regole per un uso corretto.

Prodotti quali il silicato di sodio, il bicarbonato di sodio, terra diatomacea, l'acido salicilico e la polvere di pietra, vengono usati come fitostimolanti protettivi, potenziatori delle difese naturali delle piante, in quanto non ritenuti prodotti fitosanitari e

non soggetti a registrazione in base alla direttiva 414/CEE/91 (Donnarumma *et al.*, 1999).

Perossido d'idrogeno o acqua ossigenata

Il perossido d'idrogeno (H_2O_2) viene spesso menzionato come agente preventivo contro la peronospora. Esso possiede un'elevata biodegradabilità, poca fitotossicità ed è in grado di uccidere le spore dei funghi con un meccanismo di contatto, ma una persistenza limitatissima.

Oli

Oli minerali, oli essenziali, vegetali e acidi grassi, possono essere usati contro gli attacchi degli insetti e contro gli attacchi fungini. Gli oli probabilmente proteggono dagli attacchi fungini tramite un'azione idrorepellente che rende difficile l'apporto d'acqua al fungo e di conseguenza la sua crescita (Quarles, 2004).

Uno dei prodotti formulati da questi oli è lo *Stylet-oil*TM (olio minerale) che può essere considerato un insetticida e un fungicida. Esso è innanzitutto un agente di protezione ma per quanto riguarda la sua attività fungicida, si ha un'azione di prevenzione dell'inoculazione, un blocco dell'infezione e un'inibizione nella germinazione delle spore. Un'adeguata copertura delle

foglie da parte di *Stylet-oil*TM è importante per la sua azione di protettore. Per questo viene applicato tramite l'uso di un ugello in grado di fornire una micronizzazione uniforme.

La formazione di particelle piccolissime consente una miglior copertura della superficie trattata rispetto a quella che si ottiene con delle dimensioni particellari maggiori.

La stessa micronizzazione aumenta infatti l'attività del prodotto riducendo contemporaneamente la sua fitotossicità.

La fitotossicità di questo prodotto si ha se esso viene usato ad una temperatura inferiore ai 10 °C o sopra i 32 °C, su piante in condizioni di stress.

Uno dei problemi che quest'olio può dare è la rimozione della cera dagli acini. Questo sembra non modificare la qualità del vino, ma cambia l'estetica del grappolo (Ellis, 2003).

Estratti acquosi

Gli estratti acquosi di compost si preparano facilmente e la miscela che si ottiene si può usare sia come applicazione fogliare, sia come concime in grado di aumentare la crescita delle piante e di apportare nutrienti al terreno, ma gli stessi estratti contengono anche un elevato numero di prodotti microbici e microbi quali gli actinomiceti in grado di competere con i funghi e limitarne la loro diffusione.

Questi composti sembrano avere un'azione di tipo fungistatico, attivata tramite un cambio di microflora sulla superficie delle foglie oppure una competizione attiva da parte dei microrganismi. Alcuni studi dimostrano che è possibile trovare anche un meccanismo di tipo fungicida.

Esistono diversi metodi di preparazione di questi estratti, tra cui una procedura standard, che chiaramente portano a dei dati di efficacia non sempre perfettamente concordanti tra loro.

La loro efficacia è bassa ed estremamente variabile.

Permanganato di potassio

Il permanganato di potassio (KMnO_4) è un sale, il più comune tra i sali di manganese. Ottenuto tramite ossidazione elettrolitica, possiede un pH compreso tra 7,2 e 9.

Le sue attività fungicida e battericida

si esplicano immediatamente tramite ossidazione della materia organica e conseguente sua degradazione.

Questo meccanismo d'azione impedisce così di fatto la possibilità di comparsa di meccanismi di resistenza. Il permanganato di potassio, inoltre, dà un apporto di potassio che migliora la crescita della pianta.

L'aggiunta di agenti umettanti, quali l'essenza di pino, ne migliora l'efficacia.

È un prodotto a bassa tossicità per l'uomo, il suo uso comporta rischi di residui, a causa del suo prodotto di ossidazione, l'ossido di manganese insolubile in acqua, inerte e non assorbito dalle piante. È molto fitotossico e si consiglia di non superare i 300 g/hl sulla vegetazione visto che, anche a bassa concentrazione può macchiare i frutti. Il permanganato di potassio è compatibile con lo zolfo, ossido di rame, ma non con microrganismi e concimi fogliari.

Le strategie per ridurre l'impiego del rame

I. Pertot

I prodotti a base di rame determinano apporti molto diversi a seconda del contenuto percentuale in metallo e del dosaggio a cui vengono utilizzati. In seguito si riporta una semplice formula per calcolare il quantitativo di rame apportato per singolo trattamento.

Per il calcolo annuale sarà sufficiente riportare la somma di tutti i trattamenti effettuati.

Indicativamente un normale trattamento con 10 hl d'acqua apporta ad un ettaro di terreno i seguenti quantitativi di rame:

- 2,5 kg, se si utilizza poltiglia bordeaux preparata in azienda (1 kg di solfato di rame/hl);
- 1,9 kg, se si utilizza ossicloruro di

rame e calcio (0,7 kg di prodotto/hl);

- 1,7 kg, se si utilizza poltiglia bordeaux industriale (0,8 kg di prodotto/hl);
- 1,5 kg, se si utilizza ossicloruro tetramico (0,45 kg di prodotto/hl);
- 1,2 kg, se si utilizza idrossido (0,3 kg di prodotto/hl).

Mentre dove la malattia non è particolarmente virulenta (ambiente mediterraneo) è facile mantenersi al di sotto delle soglie fissate, negli ambienti piovosi dell'Italia settentrionale ed Europa centrale questi limiti risultano particolarmente restrittivi.

Non avendo a disposizione alternative soddisfacenti rispetto al rame, varie possono essere le strategie applicabili: nel breve periodo è neces-

% di rame contenuta nel formulato/100	X	Prodotto commerciale usato (grammi)	X	Quantità d'acqua usata (hl)
Superficie trattata (ha)				



sario ottimizzarne l'utilizzo tramite l'impiego di dosaggi ridotti, modulati nel corso della stagione e delle condizioni climatiche.

Uno studio effettuato per cinque anni in Trentino, presso l'Istituto agrario di S. Michele all'Adige, ha dimostrato che gli interventi pianificati in funzione dell'accrescimento, delle piogge e dello stadio fenologico della pianta, con dosaggi di rame metallo che variano tra i 30 ed i 70 g Cu^{2+} /hl (con un volume di applicazione di 12 hl/ha) permettono di ottenere un controllo della malattia ottimale, mantenendosi entro la media dei 6 kg/ha/anno.

Per l'ottimizzazione dei trattamenti è necessario possedere adeguati modelli di previsione della malattia, solide previsioni meteorologiche, una buona conoscenza del territorio ed effettuare una scelta varietale oculata. La taratura dell'atomizzatore e un suo corretto funzionamento diventano dei cardini fondamentali per garantire una buona azione del rame.

I vari composti rameici hanno dimostrato nel corso di numerose prove di comportarsi, relativamente all'efficacia ed al dilavamento, in modo simile tra loro. I nuovi sistemi di produzione del rame e le nuove formulazioni garantiscono un'efficacia ottimale, anche senza l'utilizzo di veicolanti o "vettori" di varia natura.

Un aspetto importante da non sottovalutare è invece la fitotossicità, con le nuove formulazioni di rame, infatti, non si ottiene una vistosa riduzione dei dosaggi, bensì un consistente beneficio in termini di diminuzione del rischio di tossicità nei confronti della vite stessa.

La messa a punto di precisi ed affidabili modelli di previsione e/o sistemi di supporto alle decisioni potrebbe giocare in futuro un ruolo fondamentale nella progressiva riduzione del rame.

In viticoltura biologica è possibile ridurre i dosaggi di rame seguendo opportune precauzioni.

È importante proteggere adeguatamente la vegetazione sin dalle prime infezioni in primavera. Negli ambienti dell'Italia settentrionale, come il Trentino e con vitigni sensibili alla malattia, è opportuno intervenire in modo preventivo non appena la pianta raggiunge lo stadio in cui è suscettibile alla malattia (germoglio della lunghezza di 10 cm).

Per i dosaggi e gli intervalli tra i trattamenti è opportuno considerare, sia la crescita della pianta e quindi delle nuove foglie che risultano prive di copertura, sia le piogge avvenute e le previsioni meteorologiche.

La crescita fogliare può venire monitorata scegliendo 20 germogli nel vigneto e contandone le nuove foglie sviluppate ad intervalli bisettimanali. La presenza di sporulazioni attive può essere monitorata, scegliendo una decina di macchie d'olio da cui ogni mattina le nuove sporulazioni devono essere lavate via con acqua. La presenza di nuovi sporangi

al mattino indica che il patogeno è attivo e che nuove infezioni possono avvenire in caso di piogge nelle ore seguenti.

Dosaggi più bassi, come 360 g Cu/ha, sono utilizzabili in caso di basso rischio di precipitazioni ed in caso di interventi frequenti.

Con 600 g Cu/ha di solito si ottiene una protezione sufficiente in periodi di crescita media e precipitazioni non abbondanti.

Quando sono previste precipitazioni abbondanti e/o più giorni di pioggia, soprattutto nelle fasi d'elevata sensibilità della pianta, è meglio scegliere dosaggi cautelativi di 800-1000 g Cu/ha.

Le previsioni meteorologiche, nel caso in cui segua un piano di riduzione del rame, sono di estrema importanza e vanno verificate giornalmente. In casi di mancanza di copertura della vegetazione per crescita o dilavamento e in presenza di piogge inaspettate vengono riportati, come



efficaci dalla pratica empirica, trattamenti con 180-200 g Cu/ha, effettuati all'inizio della pioggia presunta infettante.

Per attuare correttamente una difesa basata su una riduzione marcata,

dell'uso di rame è necessario inoltre possedere un'organizzazione ed una capacità aziendale, tale da permettere un'esecuzione tempestiva dei trattamenti in qualunque giorno della settimana.

Le alternative al rame: il futuro della ricerca

I. Pertot

Gli agenti di difesa biologica

Gli agenti di difesa biologica o anche noti con la traduzione impropria dall'inglese di agenti di biocontrollo sembrerebbero costituire una potenziale alternativa all'utilizzo del rame e dei fungicidi non solo in agricoltura biologica, ma anche in quella convenzionale.

Gli agenti di difesa biologica di natura microbica sono funghi o batteri, isolati dall'ambiente naturale e prodotti mediante fermentazioni industriali che sono in grado di contrastare il patogeno, mediante fenomeni di antibiosi, competizione o iperparassitismo.

Per numerose ragioni, il più delle volte di natura normativa, economica o commerciale, questi preparati microbiologici stentano ad imporsi sul mercato.

Attualmente nei confronti di *P. viticola* non esiste alcun prodotto microbiologico disponibile sul mercato.

Nonostante esistano alcuni microrganismi efficaci nell'inibire la germinazione degli sporangi e delle oospore della peronospora e nel ridurre le infezioni, l'utilizzo esclusivo di essi non riuscirebbe a garantire un'adeguata protezione dalla malattia.

I motivi sono da ricondursi nel breve periodo in cui i microrganismi sono attivi sulla foglia prima di essere inattivati, nelle scarse conoscenze per un loro impiego ottimale, nella dipendenza eccessiva dalle condizioni ambientali in cui sono applicati.

Se l'organismo antagonista ha un'efficacia parziale, in presenza di piogge e bagnature fogliari prolungate le infezioni possono susseguirsi molto rapidamente in campo, portando a perdite consistenti nella produzione.

L'effetto deprimente esercitato sulla germinazione delle oospore da parte di alcuni organismi non sarebbe sufficiente per eliminare le infezioni primarie nel vigneto.

La prospettiva concreta per un utilizzo degli agenti di difesa biologica può quindi solo basarsi su un uso combinato di microrganismi attivi sulla fase svernante per ridurre l'inoculo primario e sull'aumento dell'efficacia e affidabilità contro le infezioni secondarie (con formulazioni migliori, miscele di microrganismi, protocolli d'impiego adatti, ecc.)

Gli ibridi interspecifici

Nel lungo periodo il miglioramento genetico tradizionale (ma "assistito" mediante l'utilizzo di marcatori molecolari per i geni di resistenza) per vitigni resistenti e/o tolleranti potrebbe portare risorse nuove per la riduzione dell'uso del rame grazie ad una minore sensibilità della pianta nei confronti del patogeno.

Il progetto AGRIBIO

Agricoltura biologica: strategie innovative per la difesa delle colture

I. Pertot

Il progetto AGRIBIO, finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento dal 2000 al 2004 e sviluppato dall'Unità Operativa Difesa delle colture e selezione sanitaria dell'Istituto agrario di S. Michele all'Adige, ha permesso di individuare alcuni promettenti agenti di difesa biologica attivi sia sulla fase svernante del patogeno, sia nei confronti delle infezioni secondarie.

Poiché i recenti studi hanno dimostrato che le infezioni primarie di *P. viticola* hanno un'importanza rilevante per lo sviluppo epidemico della malattia, solo un metodo che sfrutta un approccio integrato di applicazione degli agenti di difesa biologica potrebbe permettere una concreta riduzione dell'utilizzo di rame.

Numerosi studi, confermati peraltro anche dal progetto AGRIBIO, evidenziano che l'utilizzo di un unico microrganismo antagonista non è sufficiente per mantenere lo sviluppo della malattia ad un livello accettabile.

Gli obiettivi del progetto sono stati: la messa punto di metodi di screening per l'individuazione di agenti di difesa biologica contro la peronospora della vite, lo studio dei meccanismi d'azione (Pertot *et al.*, 2004) e dei metaboliti da essi prodotti ed infine la valutazione degli organismi più promettenti in condizioni controllate in serra ed in campo in presenza d'infezioni naturali della malattia (Vecchione, 2005).

P. viticola non è un organismo coltivabile *in vitro*, di conseguenza è impossibile eseguire uno screening preliminare mediante il metodo delle colture duali. Durante il progetto si sono messi a punto dei test veloci basati su metodi microbiologici (inibizione della germinazione delle oospore e degli sporangi) e molecolari (PCR quantitativa) per effettuare la valutazione di numeri molto elevati di microrganismi (Pertot *et al.*, 2003; Valsesia *et al.*, 2003).

Gli agenti di difesa biologica che agi-

scono sulla fase svernante del patogeno, potrebbero essere utilizzati per la riduzione dell'inoculo primario, mentre quelli che inibiscono l'infezione e/o la sporulazione di *P. viticola* potrebbero essere utilizzati per ridurre le infezioni secondarie.

Quelli che hanno azione contemporaneamente sulla riduzione dell'inoculo svernante e sulla germinazione degli sporangi o sulla sporulazione potrebbero essere integrati in sistema per il controllo della malattia durante tutta la stagione.

Microrganismi sperimentali con effetto sulle oospore svernanti

Il metodo sviluppato si basa sull'utilizzo del test di germinazione mediante l'uso di dischetti fogliari, utilizzato correntemente per la valutazione della germinazione primaverile delle oospore.

In settembre si raccolgono, in vigneti non trattati, foglie di vite infettate da peronospora che vengono poi macinate.

A 60 g di questa poltiglia si aggiungono 20 ml di brodo colturale con microrganismo da testare e il materiale viene posto in contenitori forati (utilizzati comunemente in caseifici) riempiti per due terzi di sabbia. I contenitori vengono quindi interrati nel vigneto, in modo che la poltiglia sia allo stesso livello del terreno. Nelle stesse condizioni si pone il testimone non trattato, costituito solamente dalla poltiglia di foglie macinate.

All'inizio di marzo, la poltiglia non trattata con i potenziali antagonisti viene raccolta e posta in scatole con dischetti fogliari di vite sani, galleggianti su un velo d'acqua che ricopre la poltiglia. I dischetti fogliari vengono rimossi quotidianamente e posti in camera umida per 4-5 giorni per poi valutare l'eventuale presenza di sporulazione.

Quando il tempo di germinazione delle oospore non trattate corrisponde a meno di un giorno, si ripete lo stesso test, utilizzando la poltiglia trattata con i potenziali antagonisti. Per valutare l'azione dei microrganismi sulle oospore sono stati utilizzati due indici:

- il ritardo di germinazione delle oospore, per valutare l'effetto del microrganismo sul tempo di germinazione delle oospore,
- e l'efficacia del microrganismo sulla germinazione delle oospore, per valutare l'inibizione della sporulazione delle oospore da parte del potenziale antagonista.

I test di efficacia sono durati tre anni in cui sono stati valutati 123 organismi. Durante il primo anno, 14 degli organismi testati sono risultati efficaci, ma nel secondo anno di sperimentazione solo uno di essi ha confermato i risultati ottenuti.

Soltanto un fungo e due batteri sono risultati efficaci in tutti gli anni di spe-

rimentazione (Vecchione, 2005).

Sebbene ulteriori miglioramenti possano essere raggiunti con la formulazione di questi organismi sperimentali o con il perfezionamento dei metodi applicativi, questi risultati sollevano ancora una volta la questione delle difficoltà applicative dei biofungicidi e la loro forte dipendenza dalle condizioni ambientali.

Microrganismi sperimentali con effetto sulle infezioni secondarie

Nel metodo per l'identificazione di agenti di difesa contro le infezioni secondarie, si trattano dei dischetti fogliari di vite con i microrganismi cresciuti in coltura liquida. I dischetti vengono in seguito infettati artificialmente con una sospensione di sporangi di *P. viticola*. Si determina l'efficacia del microrganismo nella riduzione della sporulazione, com-

parando il numero di sporangi/cm² presenti sulle foglie trattate con il microrganismo, con il numero di sporangi/cm² presenti sulle foglie non trattate e nell'inibizione diretta da parte dei microrganismi sulla germinazione degli sporangi.

Per quanto riguarda il test sull'efficacia dell'inibizione del processo di sporulazione, nel corso del progetto AGRIBIO sono stati testati 1700 microrganismi di cui 512 funghi, 881 batteri e 307 lieviti. Dai risultati parziali ottenuti nei primi test effettuati si sono dimostrati efficaci circa 20 organismi sperimentali, che verranno in seguito valutati per le loro caratteristiche tossicologiche e potranno poi essere eventualmente formulati per un futuro sviluppo commerciale (Vecchione, 2005).

Nei test sull'efficacia dell'inibizione del processo di infezione sono stati valutati 29 microrganismi di cui 10 funghi, 14 batteri e cinque lieviti.

Di questi solo otto hanno inibito

totalmente il processo di infezione (Vecchione, 2005).

Microrganismi decompositori da tessuti fogliari e radicali in decomposizione

Per valutare l'effetto della decomposizione della foglia sull'inoculo primario sono stati isolati da materiale fogliare in decomposizione 1729 organismi. Di essi solo 26 sono risultati sufficientemente efficaci come decompositori del materiale fogliare, ma nessuno di essi è risultato attivo nella riduzione della germinabilità delle oospore.

Questo risultato conferma il fatto che le oospore sono in grado di sopravvivere e germinare anche quando non sono incluse nel materiale vegetale. Non è sufficiente disgregare il materiale vegetale, ma è necessario che il microrganismo antagonista interagisca con l'oospora stessa.



Fig. 14 - Fitotossicità causata da *Inula viscosa* su vite

Efficacia nei confronti della peronospora delle alternative al rame nel vigneto

Dai risultati del progetto AGRIBIO (Fig. 15), il rame si conferma esser l'unico prodotto in grado di controllare al meglio lo sviluppo della peronospora in condizioni ambientali favorevoli alla malattia.

I bassi dosaggi di rame se oculatamente applicati tenendo conto delle condizioni ambientali e dello sviluppo della pianta, permettono di ridurre l'apporto annuo del metallo, ma non oltre una soglia minima legata alla sensibilità del vitigno, alle condizioni ambientali ed alla pressione della malattia.

Gli estratti di *Inula viscosa*, sebbene garantiscano una buona protezione nei confronti della malattia, risultano inapplicabili nella pratica a causa dell'elevata fitotossicità nei confronti della vite (Fig. 14).

Le argille acide (es. Mycosin) si con-

fermano scarsamente efficaci nelle condizioni ambientali del Trentino, a causa soprattutto dell'elevata piovosità presente nella provincia che ne riduce l'effetto.

Alcuni biofungicidi, per il momento ancora sperimentali su peronospora, come *Trichoderma harzianum* T39 (TRICHODEX), *Bacillus subtilis* (Serenade) e *Clonostachys rosea* + *T.harzianum* (Clonotri) mostrano un'efficacia solo parziale. La scarsa efficacia si evidenzia soprattutto nella seconda parte della stagione in cui le infezioni aumentano esponenzialmente.

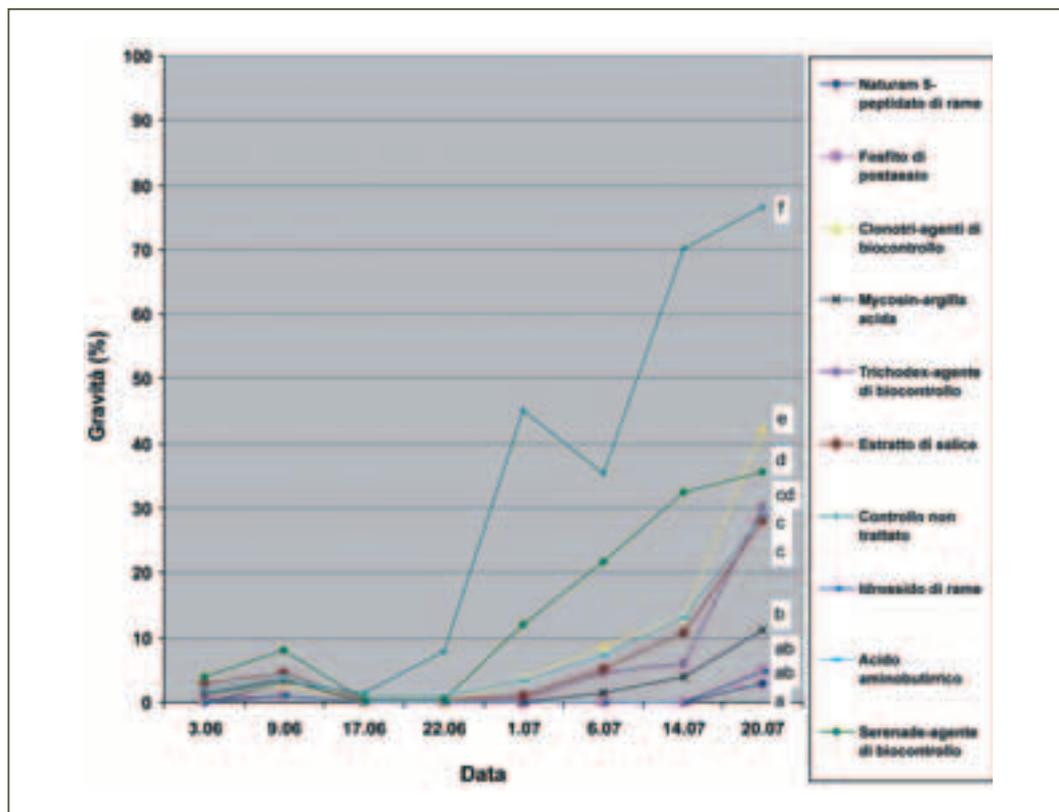
Gli induttori di resistenza di origine naturale, come l'estratto di salice o molecole presenti in natura (acido aminobutirrico), sono in grado di proteggere la vite dagli attacchi di peronospora, ma sempre a livelli insufficienti se comparati con gli standard produttivi richiesti in un'azienda biologica commerciale.

Il fosfito di potassio rappresenta

l'unica alternativa con efficacia nei confronti della peronospora paragonabile al rame, anche se sembra es-

sere molto difficile un suo inserimento nell'Allegato II del regolamento 2092.

Fig. 15 - Risultati delle prove effettuate su vigneto biologico presso l'azienda sperimentale "Navesel" a Rovereto nel corso del 2004. Lettere uguali indicano differenze statisticamente non significative (test di Duncan)



Ringraziamenti

Si ringraziano Enzo Mescalchin per la revisione dei testi, Marco Delaiti, Antonella Vecchione, Luca Zulini, Oliviero Sandri, Yigal Elad, Hamid Elbilali, e tutti i colleghi dell'UO Difesa delle colture e del Centro SafeCrop per il loro contributo nelle prove sperimentali ed il materiale fotografico.

La pubblicazione è stata effettuata nell'ambito del progetto AGRIBIO e grazie al contributo dei ricercatori del Centro SafeCrop, progetti entrambi finanziati dalla Provincia Autonoma di Trento (Fondo per la ricerca).

Letteratura citata

- Agrios G.N. (1997), The downy mildews, in *Plant Pathology*, San Diego CA, 4th Ed. Academic press, pp. 278-83.
- Ambrus A., Hamilton D.J., Kuiper H.A., Racke H. (2003), Significance of impurities in the safety evaluation of crop protection product, in *Pure Appl. Chem.*, 75 (7), pp. 937-973.
- Cohen Y., Baider A., Ben-Daniel B., Ben-Daniel Y. (2003), Fungicidal preparations from *Inula viscosa*, online, <http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/ecofruvit/fungipreparations31.pdf>
- Cortesi P., Zerbetto F. (1994), Dynamics of oospore maturation of *Plasmopara viticola* in northern Italy, in *Proc. 1st Int. Workshop on Grapevine Downy Mildew Modeling, Geneva, NY, USA*, 26-30 August 1991, Gadoury DM, Seem RC eds.. NY Agric. Exp. Stn. Special Rep., (68), pp. 55-73.
- Cravero S., Bassignana E., Crovella P., Ferrari D. (2002), Difesa della Peronospora della vite in viticoltura biologica: Verifica dell'attività fungicida di prodotti di natura diversa impiegati in vigneti piemontesi, *Atti giornate fitopatologiche 2002*, (2), pp. 289-296.
- Deer H. M.; Beard R., Effect of water ph on the chemical stability of pesticides: <http://extension.usu.edu/files/agpubs/pesti14.pdf>
- Delaiti M., Sandri O. (2005), Rame in viticoltura: selettività di diversi formulati commerciali, in *Terra trentina*, (1), pp. 32-36.
- Donnarumma L., La Torre A., Acciarino C. (1999), La protezione delle colture in agricoltura biologica, in *Notiziario ERS*A, (2), pp. 40-45.
- Ellis M.A., *Using Fungicides for Controlling Grape Diseases*, online, http://winegrape.cas.psu.edu/grapevine/gv_spring_02/gv_using_fungicides.htm.
- Epstein E. (1994), The anomaly of silicon in plant biology, in *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, (91), pp. 11-17.
- Ferrari M., Marcon M., Menta A. (1996), in *Fitopatologia ed entomologia agraria*, Bologna, Edagricole, pp. 369-371.
- Gehmann K. (1987), *Untersuchungen zur Epidemiologie des Falschen Mehltaus an Weinreben Plasmopara viticola*, Berk. & Curt, ex de Bary, Berl. & de Toni. Dissertation, Universität Hohenheim.

Gobbin D., Pertot I., Gessler C. (2003a), Identification of microsatellite markers for *Plasmopara viticola* and establishment of high throughput method for SSR analysis, in *European Journal of Plant Pathology*, (109), pp 153-164.

Gobbin D., Pertot I., Gessler C. (2003b), Genetic structure of a *Plasmopara viticola* population in an isolated Italian mountain vineyard, in *Journal of Phytopathology*, 151(11-12), pp. 636-646.

Gobbin D. (2004), *Redefining Plasmopara viticola epidemiological cycle by molecular genetics*, Diss., Naturwissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr. 15385, online, <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=15385>

Gregory C.T. (1915), Studies on *Plasmopara viticola*. *Official report of the session of the international congress on viticulture, P.P.I.E.* San Francisco, California, July 12 -13, pp. 126-150.

Jermine M., Gobbin D., Blaise P., Gessler C. (2003), Influence of the Overwintering methods on the germination dynamic of downy mildew (*Plasmopara viticola*) oospores, in *IOBC/WPRS Bulletin*, 26(8), pp. 37-42.

Kast W.K. (2000), Salicylic and Phosphorous acid – possible alternative to copper? Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Wein-und Obstbau- Weinsberg, *Proceedings 6th International Congress of Organic Viticulture*, Basel, 2000, Willer, H. and Meier, U. (eds). SOL & IFOAM & FiBL, pp.177-179.

Mescalchin E., Pertot I. (2003), La riduzione del rame in viticoltura biologica, in *Bioagricoltura*, (81), pp. 27-29

Lafon R., Clerjeau M. (1988), Downy mildew, in Pearson R.C., Goheen A.C., *Compendium of Grape Diseases*, St. Paul, Minnesota USA, APS Press, pp. 11-13.

Matta A. (1996), in *Fondamenti di patologia vegetale*, Bologna, Patron editore, pp. 303-304.

Mattedi L., Varner M. (2000), in *Natura e agricoltura*, Bolzano, Arti Grafiche La Commerciale, pp. 147-151.

Pertot I., Delaiti M., Mescalchin E., Zini M., Forti D. (2001), Attività antiperonosporica di nuove formulazioni di composti rameici utilizzati a dosi ridotte e prodotti alternativi al rame impiegabili in viticoltura biologica, *Atti giornate fitopatologiche 2002*, (2), pp. 297-302.

Pertot I., De Luca F., Vecchione A., Zasso R., Zulini L. (2003), A screening system for identifying biological control agents of *Plasmopara viticola*, *Atti del 8th International Congress of Plant Pathology (ICPP2003)*, Christchurch, Nuova Zelanda, 2-7 Febbraio 2003.

Pertot I., Vecchione A., Zulini L., Gessler C. (2004), Induced resistance as potential tool in the integrated approach for *Plasmopara viticola* biocontrol, *Atti del International Joint Workshop on PR-Proteins and Induced Resistance*, Elsinore Danimarca, 5-9 maggio, 2004, p. 53.

Pertot I., Zulini L. (2003), Studies on *Plasmopara viticola* oospore germination in Trentino, Italy, in *IOBC/WPRS Bulletin*, 26(8), pp. 43-47.

Pontiroli R., Rizzotti R., Zerbotto F. (2001), Prove di difesa antiperonosporica in viticoltura biologica, in *Informatore-Fitopatologico*, 51 (10), pp. 62-66.

Quarles W. (2004), *Least-toxic controls of plant diseases*, online, <http://www.bbg.org/gar2/topics/sustainable/handbooks/naturaldisease/leasttoxic.html>.

Rumbou A., Gessler C. (2004), Genetic dissection of a *Plasmopara viticola* population from a

Greek vineyard in two consecutive years, in *European Journal of Plant Pathology* (110), pp. 379-92.

Schenk P., Anton I., Fluri P. (2004), *Effetto dell'olio di margosa sugli acari della varroa e sulle api*, online, http://www.apis.admin.ch/it/krankheiten/docs/aetherisch/niemoel_i.pdf

Schilder A.M.C., Gillett J.M., Sysak R.W., Wise J.C. (1996), *Evaluation of environmentally friendly products for control of fungal diseases of grapes*, online, <http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/ecofruvit/friendlyproducts33.pdf>

Stefanelli G. (1993), Utilizzo del rame in viticoltura: luci ed ombre su uno dei più importanti anticrittogamici, *Atti dell'incontro tecnico*, Comunità montana del Gemonese, 12-13 novembre 1993.

Tamm L., Fuchs J.G., Boger N., Muhletaler L., Amsler A., levite D., Raseli A. (2004), Properties of acidified clay preparation. Eigenschaften von tonerdepreparaten: Erfahrungen aus der schweiz. Betrag am 1, *Internationalen Symposium für ökologischen Weinbau. Intervist Stuttgart, 12-13 Mai 2004*, pp. 27-36.

Tilcher R., Schmidt C., Lorenz D., Wolf G.A. (2003), About the use of antagonistic bacteria and fungi. Forschungsanstalt Geisenheim/ Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft/ Institut für Pflanzenpathologie der Georg-August- Universität, online, <http://www.infodienst-mlr.bwl.de/la/lvwo/ecofruvit/antagonist29.pdf>

Valsesia G., Patocchi A., Pertot I., Gessler C. (2003), Development of an high-throughput method for quantification of *Plasmopara viticola* on DNA on grape leaves, *Atti del European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection and Production in Viticulture"*, 18-22 Marzo 2003.

Vecchione A. (2005), Research and development of new strategies for copper replacement or reduction iun organic viticulture, *Tesi di dottorato presso l'Università degli studi di Udine*.

Ulteriori approfondimenti

Albionlabs: <http://www.albionlabs.com>

CDA-UK, "Uses of Copper Compounds. Copper Development Association": <http://www.copper.org/compounds/ukcomp.html>
www.chemicalland21.com

Fitogest: www.fitogest.it

ISPAVE, Istituto sperimentale per la patologia vegetale, Roma: <http://www.ispave.it/fpdb/bancadatibiologica/ricerca.asp>

DuPont, Lavori presentati alle Giornate Fitopatologiche 2000: <http://www.angelomorittu.com/Giornate%20fitopatologiche>

Pro.B.E.R: <http://www.prober.it/documentazione/>

Ultima data di consultazione dei siti internet: 15 marzo 2005

Note biografiche

Cesare Gessler

Fitopatologo, ha pubblicato più di cento articoli in riviste scientifiche internazionali. La sua ricerca si è concentrata sulle patologie fungine del melo e della vite, in particolare sulla genetica delle interazioni tra pianta e malattia. Come responsabile della patologia vegetale delle colture perenni ha una lunga esperienza di insegnamento presso il Politecnico Federale di Zurigo in Svizzera. Il suo interesse per le alternative non chimiche nella protezione delle colture lo ha portato a collaborare attivamente con l'Organizzazione Internazionale per la Lotta Biologica e integrata (IOBC) ove ricopre il ruolo di tesoriere. La sua esperienza nelle tecnologie genetiche è valorizzata in Italia con la nomina di membro del Consiglio Scientifico per le Biotecnologie in Agricoltura, Regione Lombardia. Recentemente è stato chiamato alla direzione scientifica del Centro SafeCrop, Centro per la ricerca e lo sviluppo di sistemi per la protezione delle piante a basso impatto sull'ambiente e sulla salute del consumatore, presso l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige.

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, fitoplasmii 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.

Davide Gobbin

Laureato in Biologia nel 1998 al Politecnico Federale di Zurigo (ETH). Ha conseguito nel 2003 il dottorato di ricerca con una tesi riguardante l'epidemiologia della peronospora della vite. Dal 2004 è impiegato quale assistente e biologo molecolare sia al dipartimento di fitopatologia dell'ETH, sia al Centro SafeCrop dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige.

Alessandro Ferrari

Laureato in Biotecnologie agro-industriali nel 2004 presso l'Università di Verona, con una tesi in microbiologia ambientale (risanamento di siti contaminati da idrocarburi policiclici aromatici), frutto di una collaborazione internazionale nell'ambito del progetto europeo "Erasmus".

Ora, come collaboratore scientifico del Centro Safecrop, si occupa della messa a punto di sistemi pianta-patogeno per lo studio di efficacia e per lo sviluppo di agenti di difesa biologica e prodotti a basso impatto sull'uomo e sull'ambiente.

Silvia Dagostin

Laureata in Chimica e Tecnologie farmaceutiche presso l'Università di Padova. Entrata a far parte del Centro SafeCrop dell'Istituto Agrario di San Michele all'Adige nel gennaio 2005, partecipa al progetto europeo "REPCO" per l'individuazione di alternative all'uso del rame in agricoltura biologica e svolge attività di ricerca in serra ed in campo sulla peronospora della vite.