

## TRATTAMENTI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE PER LA PROTEZIONE ANTIPERONOSPORICA E ANTIROIDICA DELLA VITE IN AGRICOLTURA BIOLOGICA

V. MANCINI<sup>1</sup>, R. FOGLIA<sup>1</sup>, M. GREGORI<sup>1</sup>, D. MARCOLINI<sup>1</sup>, D. COPPA<sup>2</sup>,  
S. NARDI<sup>3</sup>, G. ROMANAZZI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche - Via Breccie Bianche, 10, 60131 Ancona

<sup>2</sup> Terre Cortesi Moncaro Società Cooperativa Agricola, Via Piandole, 7/A, 60036 Montecarotto (AN)

<sup>3</sup> Servizio Fitosanitario Regionale – ASSAM – Via dell’Industria, 1, 60027 Osimo (AN)  
g.romanazzi@univpm.it

### RIASSUNTO

Nel biennio 2016-2017, in due vigneti della varietà Montepulciano e Verdicchio, è stata condotta una prova in cui sono stati messi a confronto prodotti a base di rame (idrossido e poltiglia bordolese) e composti “alternativi”, tra cui diversi formulati a base di chitosano, estratto di semi di pompelmo e olio essenziale di arancio dolce, per verificarne l’efficacia nei confronti della peronospora della vite ed eventuali effetti secondari nei confronti dell’oidio. I formulati “alternativi” sono stati applicati singolarmente, mentre un formulato a base di chitosano è stato anche alternato a idrossido di rame, secondo diverse strategie. In entrambe le annate, il chitosano in formulazione Chito Plant ha garantito una protezione della coltura non dissimile da quella fornita dai prodotti cuprici, sia quando applicato da solo sia quando somministrato alternato a idrossido di rame, riducendo anche i sintomi di oidio sui grappoli.

**Parole chiave:** chitosano, estratto di piante, olio essenziale, *Plasmopara viticola*, rame

### SUMMARY

#### LOW ENVIRONMENTAL IMPACT TREATMENTS FOR GRAPEVINE DOWNY AND POWDERY MILDEW MANAGEMENT IN ORGANIC AGRICULTURE

During 2016 and 2017, field trials were carried out in two vineyards of cv Montepulciano and Verdicchio. Copper-based products (copper hydroxide and Bordeaux mixture) and alternative compounds, including several chitosan-based formulations, grapefruit seed extract and sweet orange essential oil, were compared to determine their effectiveness in the control of grapevine downy mildew and potential side effects against powdery mildew. The alternative compounds were applied singularly, while a chitosan-based formulation was also alternated with low copper rates, following different strategies. In both years, chitosan in Chito Plant formulation provided good protection of the canopy, both when applied alone and when alternated with copper hydroxide, reducing also powdery mildew symptoms on grapes.

**Keywords:** chitosan, copper, essential oil, plant extract, *Plasmopara viticola*

### INTRODUZIONE

La peronospora della vite, causata da *Plasmopara viticola*, è una delle più gravi malattie che colpisce la vite a livello mondiale. I fungicidi più utilizzati nel controllo di questa malattia sono tuttora quelli a base di rame, specialmente nei vigneti biologici (Speiser et al., 2000; Miotto et al., 2014). Il loro ripetuto uso così come le dosi eccessive impiegate in passato hanno portato ad un accumulo di questo metallo pesante nel suolo (García-Esparza et al., 2006; Fernández-Calviño et al., 2008; Strawn e Baker 2008; Duca et al., 2016). Prove di campo hanno messo in evidenza una correlazione positiva tra concentrazioni elevate di rame

nel suolo e riduzione delle popolazioni di lombrichi (Paoletti et al., 1998; Wightwick et al., 2008). Altri effetti ambientali negativi del rame sono alterazioni dell'attività biologica nel suolo e inquinamento delle falde acquifere (Rusjan et al., 2007; Komárek et al., 2010; Van Bruggen et al., 2016). Inoltre, nonostante il rame sia essenziale per lo sviluppo delle piante, dosi eccessive possono influenzare negativamente la crescita e la produttività. Un alto contenuto di rame negli acini oltre a rappresentare un rischio per la salute umana, può ridurre la concentrazione di importanti aminoacidi nell'uva (Garde-Cerdán et al., 2017) e compromettere la qualità del vino (García-Esparza et al., 2006; Miotto et al., 2014; Provenzano et al., 2010).

A causa di questi problemi, l'utilizzo di rame in agricoltura biologica nell'Unione Europea è stato limitato dal Regolamento UE 473/2002, che prevede 6 kg/ha di rame metallo per anno. Inoltre, è attiva una discussione a livello europeo per cui alcuni Paesi (ad esempio 3 kg/ha in Germania e Austria) hanno ulteriormente ridotto tale limite, in qualche caso (Danimarca, Finlandia, Paesi Bassi e Svezia) portato a zero. In seguito a queste limitazioni, negli ultimi anni è stata incoraggiata la sperimentazione di prodotti alternativi, in modo da ridurre o eliminare formulati a base di rame in agricoltura biologica (Gessler et al., 2011), che ha portato ad identificare una serie di composti naturali con interessanti qualità in termini di controllo della peronospora della vite (Aziz et al., 2006; Rabea et al., 2005; Maia et al., 2012; Romanazzi et al., 2016; Van Bruggen et al., 2016).

Questo studio si è proposto di valutare l'efficacia di alcuni composti naturali nei confronti della peronospora della vite, fra cui diversi formulati di chitosano, estratto di semi di pompelmo e olio essenziale di arancio dolce. I formulati sono stati distribuiti sulla vegetazione, applicandoli singolarmente o, nel caso del chitosano, alternandoli con idrossido di rame. L'efficacia di questi composti è stata confrontata con quella di idrossido di rame e poltiglia bordolese. Sono stati valutati anche eventuali effetti collaterali dei formulati antiperonosporici nel contenere le infezioni di oidio sui grappoli.

## MATERIALI E METODI

### Prova sperimentale

La prova sperimentale è stata condotta nel biennio 2016-2017 presso due vigneti: il primo anno presso un vigneto di circa 0,5 ha della varietà Montepulciano, allevato a "Guyot", con un sesto di impianto di  $0,85 \times 2,80$  m, non irrigato, ubicato nei pressi di Montesicuro (AN); il secondo anno presso un vigneto di circa 0,5 ha della varietà Verdicchio, allevato a "doppio capovolto", con un sesto di impianto di  $1,5 \times 3$  m, non irrigato, ubicato nei pressi di San Marcello (AN).

Lo schema sperimentale adottato, a blocchi randomizzati, ha previsto parcelle da sette e sei viti ciascuna, rispettivamente nel primo e secondo anno, e quattro repliche. Nel complesso sono state previste 12 e 10 tesi, rispettivamente nel primo e secondo anno, e 4 diverse strategie di applicazione dei formulati (tabelle 1 e 2).

I trattamenti sono stati effettuati bagnando la vegetazione con un volume equivalente a 10 hL/ha. Ad ogni filare trattato è seguito un filare non trattato, al fine di limitare i possibili effetti di deriva. I trattamenti sono stati eseguiti con un'irroratrice a spalla modello Honda GX 25, alla pressione di esercizio di 2,5 atm. Le irrorazioni sono state effettuate a partire da metà maggio e proseguite con cadenza settimanale fino a fine luglio (tabella 2).

Tabella 1. I prodotti cuprici e alternativi applicati con relativa composizione e anno di applicazione

Formulati	Principi attivi e concentrazione	Anno di applicazione
Poltiglia Disperss	Poltiglia bordolese (20% rame da idrossisolfato)	2016, 2017
Funguran	Idrossido di rame (250 g/L)	2016, 2017
Chito Plant	Chitosano (99,9%), boro (0,05%), zinco (0,05%)	2016, 2017
Kaitosol	Chitosano (1,25%)	2016
OII-YS	Chitosano ed estratto della pianta di yucca (8%)	2016
DF-100	Estratto di semi di pompelmo	2016
Chito Plant Solution	Chitosano (1,25%)	2017
Prev-am	Olio essenziale di arancio dolce (5,88%)	2017
DF-100 FORTE	Estratto di semi di pompelmo	2017

Tabella 2. Strategie adottate nell'applicazione dei formulati cuprici e dei prodotti alternativi e date dei trattamenti nel 2016 e nel 2017

Tesi/Formulati Dose/ha	Strategia	Trattamenti	
		2016	2017
Poltiglia Disperss 5 Kg	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Funguran 2,8 L	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Chito Plant 5 Kg	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Chito Plant 0,6 Kg	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	
Kaitosol 400 L	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	
Kaitosol 48 L	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	
OII-YS 83 L	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	
DF100 5L	A	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6, 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	
Chito Plant Solution 200 L	A		3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Prev-am 48 L	A		3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
DF100 FORTE 5L	A		3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6, 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Funguran 2,8 L/ Chito Plant 5 Kg	B	23/5, 6/6, 20/6, 5/7, 19/7 31/5, 14/6, 28/6, 12/7, 25/7	3/5, 15/5, 27/5, 13/6, 27/6, 10/6 9/5, 20/5, 6/6, 20/6, 4/6, 19/6
Funguran 2,8 L/ Chito Plant 5 Kg	C	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7
Chito Plant 5 Kg/ Funguran 2,8 L	D	23/5, 31/5, 6/6, 14/6, 20/6 28/6, 5/7, 12/7, 19/7, 25/7	3/5, 9/5, 15/5, 20/5, 27/5, 6/6 13/6, 20/6, 27/6, 4/7, 10/7, 19/7

## **Valutazione dei sintomi**

Le infezioni sono state rilevate a partire dalla comparsa della malattia, sia sulle foglie sia sui grappoli, utilizzando due scale empiriche che prevedono una serie di classi di gravità in relazione alla percentuale di superficie interessata dai sintomi ascrivibili a peronospora o a oidio. Per quanto riguarda le foglie, sono state utilizzate le seguenti classi di gravità: 0 = assenza di sintomi; 1 = 1-10% di superficie fogliare infetta; 2 = 11-20%; 3 = 21-30%; 4 = 31-40%; 5 = 41-50%; 6 = 51-60%; 7 = 61-70%; 8 = 71-80%; 9 = 81-90%; 10 = 91-100%. I danni su grappoli sono stati valutati utilizzando la seguente scala empirica: 0 = assenza di sintomi; 1 = 1-5 bacche infette; 2 = 6-11 bacche infette; 3 = 12-25 bacche infette; 4 = 25% del grappolo infetto; 5 = 26-50% del grappolo infetto; 6 = 51-75% del grappolo infetto; 7 = >75% del grappolo infetto. L'adozione della scala empirica ha permesso di calcolare la diffusione della malattia e la gravità media, i cui valori sono stati sottoposti ad analisi della varianza e le medie messe a confronto con il test HSD di Tukey e di Duncan, rispettivamente nel primo e secondo anno (Gomez e Gomez, 1984). Vengono riportati i valori medi e la relativa deviazione standard.

## **RISULTATI**

### **Condizioni climatiche**

Le condizioni climatiche del periodo primaverile-estivo del 2016 sono state caratterizzate da un'elevata piovosità dalla fine del mese di aprile fino alla terza settimana di giugno e da un periodo di siccità a partire dalla fine di giugno fino a metà luglio, favorendo un'elevata pressione della peronospora. Nel 2017, la bassa piovosità verificatasi dalla fine del mese di aprile fino alla prima settimana di settembre, in concomitanza con le elevate temperature, ha determinato una bassa pressione di entrambe le malattie.

### **Anno 2016**

Le piogge, che si sono protratte fino a fine giugno, hanno favorito le infezioni di peronospora, permettendo di rilevare i primi sintomi sulle foglie proprio in quel periodo. Nei rilievi effettuati successivamente si è avuto un incremento della malattia fino a registrare i valori più elevati nella seconda metà di luglio sulle foglie e sui grappoli. Per quanto riguarda le infezioni di oidio, sulle foglie non sono stati rilevati sintomi, mentre sui grappoli, nonostante siano stati rilevati valori elevati di malattia, non sono state registrate differenze significative tra le diverse tesi (dati non mostrati).

Nel rilievo effettuato sulle foglie il 19 luglio i valori più bassi di gravità di peronospora sono stati registrati nelle parcelle trattate con Funguran, Chito Plant 0,5% e le combinazioni di Funguran e Chito Plant seguendo le strategie B e C. Valori significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato sono stati registrati anche nelle parcelle trattate con Poltiglia disperss, OII-YS e le combinazioni di Funguran e Chito Plant seguendo la strategia D. Per quanto riguarda la diffusione della malattia, gli stessi prodotti che hanno garantito una significativa riduzione della gravità ne hanno ridotto in modo significativo anche la diffusione, ad eccezione di OII-YS (tabella 3).

Nel rilievo effettuato sui grappoli il 25 luglio, le parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Chito Plant 0,5% e le combinazioni di Funguran e Chito Plant applicati seguendo le strategie B e D hanno mostrato i valori più bassi di gravità. Valori significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato sono stati registrati anche nelle parcelle trattate con OII-YS e la combinazione di Funguran e Chito Plant applicati seguendo la strategia C. Considerando la diffusione della malattia, le parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Chito Plant 0,5% e le combinazioni di Funguran e Chito Plant applicati seguendo tutte le tre strategie hanno mostrato valori significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato (tabella 3).

Tabella 3. Valori di gravità e diffusione della peronospora registrati su foglie e grappoli (2016)

Trattamento (strategia)	Foglie (19 luglio)		Grappoli (25 luglio)	
	Gravità (1-10)	Diffusione (%)	Gravità (1-7)	Diffusione (%)
Poltiglia Disperss (A)	2,6 ± 1,0* cd	14,5 ± 14,4 e	1,6 ± 1,1 d	22,6 ± 18,2 b
Funguran (A)	1,9 ± 1,2 d	14,7 ± 14,2 e	2,2 ± 1,6 d	32,8 ± 28,7 b
Chito Plant 0,5% (A)	2,3 ± 1,0 d	40,8 ± 30,8 cd	2,3 ± 1,4 d	36,1 ± 25,1 b
Chito Plant 0,06% (A)	4,4 ± 1,3 ab	70,4 ± 26,5 ab	5,1 ± 0,9 a	83,6 ± 19,9 a
Kaitosol 0,5% (A)	5,0 ± 1,0 a	68,5 ± 23,2 ab	5,4 ± 0,9 a	74,7 ± 25,4 a
Kaitosol 0,06% (A)	4,7 ± 1,3 ab	81,0 ± 23,1 a	5,5 ± 1,1 a	78,8 ± 22,6 a
OII-YS (A)	3,7 ± 1,3 bc	53,5 ± 33,5 bc	3,6 ± 1,1 c	72,0 ± 23,9 a
DF-100 (A)	5,3 ± 2,4 a	76,5 ± 27,0 ab	4,9 ± 1,6 ab	74,3 ± 27,7 a
Funguran/Chito Plant (B)	2,3 ± 0,8 d	27,0 ± 24,1 de	2,0 ± 1,0 d	39,5 ± 22,8 b
Funguran/Chito Plant (C)	2,3 ± 0,7 d	22,3 ± 18,3 de	3,7 ± 2,8 bc	41,5 ± 32,7 b
Chito Plant/Funguran (D)	2,5 ± 1,3 cd	26,2 ± 19,2 de	1,7 ± 0,6 d	31,8 ± 24,1 b
Testimone non trattato	5,5 ± 2,4 a	71,8 ± 29,4 ab	5,8 ± 1,2 a	86,4 ± 21,3 a

\* = Deviazione standard

#### Anno 2017

La scarsità delle piogge durante il ciclo fenologico della vite, ma soprattutto la bassa umidità relativa non hanno permesso la manifestazione di nessuno dei due patogeni sulle foglie di alcuna delle tesi a confronto. Sui grappoli è stata registrata una bassissima incidenza di peronospora (dati non mostrati), non permettendo di evidenziare differenze tra le tesi.

Per quanto riguarda l'oidio, nel rilievo effettuato il 19 luglio sui grappoli i valori di gravità sono risultati significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato nelle tesi trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Chito Plant, Chito Plant Solution e la combinazione di Chito Plant e Funguran applicati seguendo la strategia B e D. Valori di diffusione significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato sono stati registrati nelle parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Prev-am, Chito Plant irrorato secondo la strategia A e in combinazione con Funguran secondo la strategia D. Tra questi quelli che hanno determinato la riduzione maggiore di tale indice sono stati Poltiglia Disperss e Chito Plant in combinazione con Funguran secondo la strategia D (tabella 4).

Nel rilievo del 9 agosto non sono stati osservati particolari incrementi dei valori di malattia rispetto a quelli del rilievo precedente. Valori di gravità significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato sono stati registrati nelle parcelle irrorate con Poltiglia Disperss, Prev-am e Chito Plant distribuito secondo la strategia A e in combinazione con Funguran secondo la strategia B. Valori di diffusione significativamente più bassi rispetto al testimone non trattato sono stati registrati nelle parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Prev-am, Chito Plant Solution e Chito Plant irrorato secondo la strategia A e in combinazione con Funguran secondo le strategie B, C e D. Tra questi i formulati che hanno determinato la riduzione maggiore di tale parametro sono stati Chito Plant irrorato sia secondo la strategia A che in combinazione con Funguran secondo la strategia B (tabella 4).

Tabella 4. Valori di gravità e diffusione dell'oidio registrati su grappoli (2017)

Trattamento (strategia)	19 luglio		9 agosto	
	Gravità (1-7)	Diffusione (%)	Gravità (1-7)	Diffusione (%)
Poltiglia Disperss (A)	1,0 ± 0,1* c	8,9 ± 6,9 c	1,2 ± 0,4 c	12,0 ± 6,6 bc
Funguran (A)	1,2 ± 0,4 c	10,2 ± 9,2 bc	1,6 ± 0,7 bc	15,2 ± 8,6 ab
Chito Plant (A)	1,1 ± 0,2 c	9,7 ± 7,3 bc	1,5 ± 0,5 c	5,7 ± 5,7 c
Chito Plant Solution (A)	1,2 ± 0,3 c	16,5 ± 11,0 ab	1,7 ± 0,8 bc	13,1 ± 9,5 bc
Prev-am (A)	1,3 ± 0,6 bc	12,1 ± 12,0 bc	1,3 ± 0,8 c	10,2 ± 10,1 bc
DF-100 FORTE (A)	1,7 ± 0,7 ab	20,0 ± 12,5 a	2,2 ± 0,7 a	15,4 ± 10,2 ab
Funguran/Chito Plant (B)	1,3 ± 0,4 c	15,0 ± 33,0 abc	1,5 ± 0,6 c	7,1 ± 7,3 c
Funguran/Chito Plant (C)	2,0 ± 1,6 a	15,9 ± 13,6 abc	2,2 ± 2,1 a	13,3 ± 10,9 bc
Chito Plant/Funguran (D)	1,2 ± 0,3 c	9,0 ± 6,6 c	1,6 ± 0,8 bc	9,9 ± 9,4 bc
Testimone non trattato	1,7 ± 0,7 ab	20,3 ± 15,0 a	2,1 ± 0,8 ab	20,7 ± 19,1 a

\* = Deviazione standard

### DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La presente prova sperimentale ha avuto come obiettivo la valutazione dell'efficacia antiperonosporica e antioidica di diversi prodotti alternativi al rame, a confronto con due prodotti cuprici con diversi contenuti di rame, che potrebbero entrare a far parte di strategie di lotta integrata per affiancare o sostituire i prodotti rameici.

I prodotti che sono risultati migliori nel contenimento della diffusione della peronospora sono stati la poltiglia bordolese (Poltiglia Disperss), l'idrossido di rame (Funguran) e il chitosano in formulazione Chito Plant allo 0,5%, applicato singolarmente o nelle diverse combinazioni con il rame, specialmente nel primo anno, caratterizzato da un'elevata incidenza della malattia. Nel secondo anno, nonostante non siano state registrate differenze significative tra le varie tesi e rispetto al testimone non trattato, i valori più bassi di peronospora sono stati rilevati nelle stesse tesi dell'anno precedente (dati non mostrati).

Il chitosano si è riconfermato come prodotto alternativo più efficace nel contenimento della peronospora su foglie e grappoli, in formulazione Chito Plant e OII-YS in ordine decrescente di efficacia (Aziz et al., 2006; Dagostin et al., 2011; Maia et al., 2012; Romanazzi et al., 2016), confermando la sua triplice attività antimicrobica, filmogenica ed elicitante le difese della pianta (Romanazzi et al., 2017).

Tra le molecole naturali che non hanno garantito una buona protezione della vite sono comprese l'estratto di semi di pompelmo sia in formulazione DF100 che DF100 FORTE, il Kaitosol, il Chito Plant alla concentrazione dello 0,06% e l'olio essenziale di arancio dolce. Quest'ultimo, oltre a non aver contribuito al contenimento della malattia, ha provocato lievi fenomeni di fitotossicità sui grappoli, che si sono manifestati come forme di rugginosità degli acini, e ha determinato una riduzione maggiore del peso medio dei grappoli (dati non mostrati).

Per quanto riguarda l'azione di controllo nei confronti dell'oidio sui grappoli, tutti i formulati applicati, ad eccezione dell'estratto di semi di pompelmo, hanno contribuito a ridurre la presenza della malattia. In particolare i prodotti maggiormente efficaci sono risultati la poltiglia bordolese, l'olio essenziale di arancio dolce, il chitosano nella formulazione Chito Plant Solution e Chito Plant, quest'ultimo applicato sia da solo sia in combinazione con l'idrossido di rame.

In seguito ai risultati ottenuti si può affermare che, nonostante i dati siano sostanzialmente riferibili ad un solo anno di prove per ognuna delle malattie, il chitosano nella formulazione Chito Plant ha mostrato un livello di protezione da *P. viticola* paragonabile a quello ottenuto dalla poltiglia bordolese e dall'idrossido di rame, garantendo anche una significativa riduzione dei sintomi di oidio. Facendo seguito ad indagini precedenti (Romanazzi et al., 2016), la sperimentazione ha confermato, a livello sperimentale, il chitosano come una alternativa all'uso dei prodotti rameici per il controllo della peronospora, con un'attività collaterale nei confronti dell'oidio, e la sua recente autorizzazione all'uso quale prodotto di base per la protezione delle piante (Reg. UE n. 563 del 23 maggio 2014) apre la strada a nuove strategie di protezione della vite sostenibili dal punto di vista economico e ambientale.

#### LAVORI CITATI

- Aziz A., Trotel-Aziz P., Dhuicq L., Jeandet P., Couderchet M., Vernet G., 2006. Chitosan oligomers and copper sulfate induce grapevine defense reactions and resistance to gray mold and downy mildew. *Phytopathology*, 96, 1188–1194.
- Dagostin S., Schärer H.J., Pertot I., Tamm L., 2011. Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *Crop Protection*, 30, 776-788.
- Duca D., Toscano G., Pizzi A., Rossini G., Fabrizi S., Lucesoli G., Servili A., Mancini V., Romanazzi G., Mengarelli C., 2016. Evaluation of the characteristics of vineyard pruning residues for energy applications: effect of different copper-based treatments. *Journal of Agricultural Engineering*, 497, 22–27.
- Fernández-Calviño D., Rodríguez-Suárez J.A., López-Periago E., Arias-Estévez M., Simal-Gándara J., 2008. Copper content of soils and river sediments in a winegrowing area, and its distribution among soil or sediment components. *Geoderma*, 145, 91–97.
- Garde-Cerdán T., Mancini V., Carrasco-Quiroz M., Servili A., Gutiérrez-Gamboa G., Foglia R., Pérez-Álvarez E.P., Romanazzi G., 2017. Chitosan and laminarin as alternatives to copper for *Plasmopara viticola* control: Effects on grape amino acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 75, 7379-7386.
- García-Esparza M.A., Capri E., Pirzadeh P., Trevisan M., 2006. Copper content of grape and wine from Italian farms. *Food Additives and Contaminants*, 23, 274–80.
- Gomez K.A., Gomez A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research, 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.
- Komárek M., Cadková E., Chrástný V., Bordas F., Bollinger J.C., 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: a review of environmental and toxicological aspects. *Environment International*, 36, 138–151.
- Maia A.J., Leite C.D., Botelho R.V., Faria C.M.D.R., Machado D., 2012. Chitosan as an option to control mildew in the sustainable vinegrowing. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33, 2519–2530.
- Miotto A., Ceretta C.A., Brunetto G., Nicoloso F.T., Giroto E., Farias J.G., Tiecher T.L., De Conti L., Trentin G., 2014. Copper uptake, accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil. *Plant and Soil*, 374, 593–610.
- Paoletti M.G., Sommaggio D., Favretto M.R., Petruzzelli G., Pezzarossa B., Barbafieri M., 1998. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*, 10, 137–150.
- Provenzano M.R., El Bilali H., Simeone V., Baser N., Mondelli D., Cesari G., 2010. Copper contents in grapes and wines from a Mediterranean organic vineyard. *Food Chemistry* 122, 1338–1343.

- Rabea E.I., El Badawy M., Rogge T.M., Stevens C.V., Höfte M., Steurbaut W., Smagghe G., 2005. Insecticidal and fungicidal activity of new synthesized chitosan derivatives. *Pest Management Science*, 61, 951–960.
- Romanazzi G., Mancini V., Feliziani E., Servili A., Endeshaw S., Neri D., 2016. Impact of alternative fungicides on grape downy mildew control and vine growth and development. *Plant Disease*, 100, 1–10.
- Romanazzi G., Feliziani E., Bautista Baños S., Sivakumar D., 2017. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 579-601.
- Rusjan D., Strlic M., Pucko D., Korosec-Koruza Z., 2007. Copper accumulation regarding the soil characteristics in Sub-Mediterranean vineyards of Slovenia. *Geoderma*, 141, 111–118.
- Speiser B., Berner A., Häseli A., Tamm L., 2000. Control of downy mildew of grapevine with potassium phosphonate: effectivity and phosphonate residues in wine. *Biological Agriculture and Horticulture*, 17, 305–312.
- Strawn D.G., Baker L.L., 2008. Speciation of Cu in a Contaminated Agricultural Soil Measured by XAFS,  $\mu$ -XAFS, and  $\mu$ -XRF. *Environmental Science and Technology*, 42, 37–42.
- Van Bruggen A.H.C., Gamlielb A., Finckhc M.R., 2016. Plant disease management in organic farming systems. *Pest Management Science*, 72, 30–44.
- Wightwick A.M., Mollah M.R., Partington D.L., Allinson G., 2008. Copper fungicide residues in Australian vineyard soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 2457–2464.