ATTI *Giornate Fitopatologiche*, 2016, 2, 453-460

APPROCCI INNOVATIVI PER LA PROTEZIONE DELLA VITE DALLA PERONOSPORA

G. ROMANAZZI[1], V. MANCINI[1], A. SERVILI[1], R. FOGLIA[1], L. FLAMINI[2], S. NARDI[2]
[1] Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche - Via Brecce Bianche, 10, 60131 Ancona
[2] Servizio Fitosanitario Regionale – ASSAM – Via dell'Industria, 1, 60027 Osimo (AN)
g.romanazzi@univpm.it

RIASSUNTO

Nel biennio 2014-2015, in un vigneto della varietà Montepulciano, 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 il chitosano e una miscela di laminarina ed estratti di *Saccharomyces* spp., per verificarne l'efficacia nei confronti della peronospora della vite. I formulati "alternativi" sono stati applicati singolarmente oppure alternati a idrossido di rame, secondo diverse strategie. Sia nel 2014, annata favorevole allo sviluppo della malattia, sia nel 2015, caratterizzato da condizioni climatiche sfavorevoli allo sviluppo del patogeno, il chitosano 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.
Parole chiave: chitosano, laminarina, *Plasmopara viticola*, rame

SUMMARY

INNOVATIVE APPROACHES FOR GRAPEVINE DOWNY MILDEW PROTECTION

During 2014 and 2015, field trials were carried out in a vineyard of the cv Montepulciano, where copper based products (copper hydroxide and bordeaux mixture) and alternative compounds, including chitosan and a combination of laminarin with *Saccharomyces* spp., were compared to determine their effectiveness in the control of grapevine downy mildew. The alternative compounds were applied singularly or alternated with low copper rates, following different strategies. Both during 2014, a favorable year for the disease development, and in the second year, characterized by unfavorable climatic condition for the pathogen development, chitosan treatment provided a good protection of the canopy, both when applied alone and when alternated with copper hydroxide.
Keywords: chitosan, copper, laminarin, *Plasmopara viticola*

INTRODUZIONE

La peronospora della vite, causata da *Plasmopara viticola*, è una delle più gravi malattie che colpisce la vite, specialmente in Europa, dove le condizioni climatiche sono caratterizzate da elevata umidità e abbondanti piogge. Negli ultimi 20 anni, il rame è stato il prodotto più utilizzato nella difesa della vite, specialmente in vigneti biologici (Speiser *et al.*, 2000; Gessler *et al.*, 2011). In passato l'utilizzo di dosi elevate di rame ha portato all'accumulo di questo metallo pesante nel suolo, dove non subisce alcuna metabolizzazione e viene eliminato solo dall'azione dilavante della pioggia (Rusjan *et al.*, 2007). Il suo accumulo eccessivo causa una diminuzione delle popolazioni di carabidi e lombrichi, alterazioni metaboliche ed enzimatiche, abbassamento del pH del suolo e riduzione dello sviluppo delle viti (Pontiroli *et al.*, 2001). A causa di questi problemi, l'utilizzo di rame in agricoltura biologica nell'Unione Europea è stato limitato dal Regolamento UE 473/2002 (Commissione Europea 2002), che prevede 6 kg/ha per anno. 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). Alcuni studi hanno identificato una serie di composti naturali con qualità interessanti nel controllo della peronospora, come il chitosano, un oligosaccaride che agisce come elicitore (Walters *et al.*, 2005; Romanazzi *et al.*, 2016b), la laminarina, un β-1,3-glucano estratto dall'alga *Laminaria digitata* e microrganismi comunemente presenti nella rizosfera.

Questo studio si è proposto di valutare l'efficacia di alcuni composti naturali, fra cui il chitosano, la combinazione di laminarina ed estratti di *Saccharomyces* spp., nei confronti della peronospora della vite, i quali sono stati distribuiti sulla vegetazione, applicandoli singolarmente o alternandoli con idrossido di rame. L'efficacia di questi composti è stata confrontata con quella di idrossido di rame e poltiglia bordolese.

MATERIALI E METODI

Prova sperimentale

La prova sperimentale è stata condotta nel biennio 2014-2015 presso un vigneto di circa 0,5 ha della varietà Montepulciano, allevato a "Guyot", con un sesto di impianto di 0,85 × 2,80 m, non irrigato, ubicato nei pressi di Montesicuro (AN).

Lo schema sperimentale adottato, a blocchi randomizzati, ha previsto parcelle da sette viti ciascuna, con quattro repliche. Nel complesso sono state previste 11 tesi 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 1. I prodotti cuprici e alternativi applicati con relativa composizione

Formulati	Principi attivi e concentrazione	Formulazione
Poltiglia Disperss	Poltiglia bordolese (20 % rame da idrossisolfato)	WG
Funguran	Rame da idrossido (250 g/L)	SC
Chito Plant	Chitosano (99,9 %) + B (0,05 %) + Zn (0,05 %)	WP
Frontiere	Laminarina (53-54 g/L)	L
Oomisine	Estratti microbici di *Saccharomyces* spp. (10), carbossilamine (10), manganese (3,0%), boro (1,8 %), zinco (0,3%), molibdeno (0,05%)	WP

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. 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 causati da *P. viticola* 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 (Gomez e Gomez, 1984).

Tabella 2. Strategie adottate nell'applicazione dei formulati cuprici e dei prodotti alternativi e date dei trattamenti nel 2014 e nel 2015

Tesi/Formulati Dose/ha	Strategia	Trattamenti	
		2014	2015
Poltiglia Disperss 5 kg	A	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6, 24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6, 25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Funguran 2,8 L	A	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6, 24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6, 25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Chito Plant 8 L	A	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6, 24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6, 25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Frontiere + Oomisine 1 L + 2 L	A	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6, 24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6, 25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Funguran 2,8 L/	B	19/5, 3/6, 16/6, 1/7, 15/7	14/5, 27/5, 12/6, 25/6, 8/7, 21/7
Chito Plant 8 L		26/5, 9/6, 24/6, 8/7, 22/7	21/5, 4/6, 18/6, 1/7, 15/7, 28/7
Funguran 2,8 L/	C	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6
Chito Plant 8 L		24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Chito Plant 8 L/	D	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6,
Funguran 2,8 L		24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Funguran 2,8 L/	B	19/5, 3/6, 16/6, 1/7, 15/7	14/5, 27/5, 12/6, 25/6, 8/7, 21/7
Frontiere + Oomisine 1 L + 2 L		26/5, 9/6, 24/6, 8/7, 22/7	21/5, 4/6, 18/6, 1/7, 15/7, 28/7
Funguran 2,8 L/	C	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6
Frontiere + Oomisine 1 L + 2 L		24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7
Frontiere + Oomisine 1 L + 2 L/	D	19/5, 26/5, 3/6, 9/6, 16/6	14/5, 21/5, 27/5, 4/6, 12/6, 18/6
Funguran 2,8 L		24/6, 1/7, 8/7, 15/7, 22/7	25/6, 1/7, 8/7, 15/7, 21/7, 28/7

RISULTATI

Condizioni climatiche

Le condizioni climatiche che hanno caratterizzato il periodo primaverile-estivo del 2014 sono state caratterizzate da precipitazioni pressoché costanti, di notevole entità anche in estate, le quali hanno determinato una elevata pressione della malattia. Nel 2015, nonostante le abbondanti precipitazioni che hanno caratterizzato la fine di maggio, le elevate temperature e le scarse precipitazioni, che si sono protratte dal mese di giugno per tutta la stagione estiva, non hanno favorito la comparsa dei sintomi, determinando una bassa pressione della malattia.

Anno 2014

I primi sintomi di peronospora sono apparsi sulle foglie nella prima metà di giugno, e nel rilievo effettuato a fine giugno la diffusione della malattia è risultata inferiore al 7% sul testimone (dati non mostrati). Nei rilievi effettuati successivamente si è avuto un incremento della malattia fino a registrare i valori più elevati a fine luglio sulle foglie e sui grappoli. Nel rilievo effettuato il 29 luglio, la diffusione della malattia è stata significativamente ridotta nelle parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Funguran / Chito Plant e Funguran / Frontiere + Oomisine applicati seguendo la strategia C, con una riduzione pari a 51%, 55%, 46% e 52%, rispettivamente, a confronto con il testimone non trattato. Per quanto riguarda la gravità della peronospora, nelle parcelle trattate con gli stessi formulati è stata riscontrata una riduzione significativa rispetto al testimone non trattato, la quale è stata osservata anche nelle parcelle trattate con Chito Plant e con Funguran / Chito Plant applicato seguendo la strategia B (tabella 3).

Nel rilievo sui grappoli effettuato nello stesso giorno, la diffusione della malattia è stata significativamente ridotta nelle parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Chito Plant, Funguran / Chito Plant, indipendentemente dalla strategia applicata, e Funguran / Frontiere + Oomisine, applicando la strategia C (43%, 47%, 36%, 40%, 48%, 37 e 37% rispettivamente, a confronto con il testimone non trattato). Nelle stesse parcelle è stata registrata anche una gravità significativamente inferiore rispetto al testimone non trattato, tranne in quelle trattate con Chito Plant e con Funguran / Frontiere + Oomisine, dove la gravità non è risultata differente rispetto al testimone non trattato (tabella 3).

Tabella 3. 2014: valori di diffusione e gravità della peronospora registrati su foglie e grappoli

Trattamento (strategia)	Foglie (29 luglio)		Grappoli (29 luglio)	
	Diffusione (%)	Gravità (1-10)	Diffusione (%)	Gravità (1-7)
Poltiglia Disperss (A)	29,8 ± 14,6 cd*	2,9 ± 0,8 de	47,4 ± 23,4 cd	1,6 ± 2,0 d
Funguran (A)	27,6 ± 25,4 d	2,5 ± 1,1 e	44,0 ± 30,5 d	2,1 ± 2,0 cd
Chito Plant (A)	50,4 ± 26,1 ab	3,5 ± 0,8 cd	53,3 ± 27,9 bcd	2,4 ± 1,7 abcd
Frontiere+Oomisine (A)	58,9 ± 20,9 a	4,9 ± 0,8 a	79,2 ± 25,1 ab	4,5 ± 2,1 ab
Funguran / Chito Plant (B)	44,2 ± 23,1 abcd	3,2 ± 1,0 cde	50,5 ± 35,9 cd	2,1 ± 1,8 bcd
Funguran / Chito Plant (C)	33,1 ± 19,9 bcd	2,8 ± 1,1 de	43,9 ± 31,9 d	1,2 ± 1,5 d
Chito Plant / Funguran (D)	48,5 ± 23,8 abc	3,7 ± 0,8bcd	53,1 ± 30,4 bcd	2,4 ± 2,2 bcd
Funguran / Frontiere+Oomisine (B)	55,6 ± 24,1 a	4,0 ± 1,1 abc	73,0 ± 30,0 abc	4,5 ± 2,1 abc
Funguran / Frontiere+Oomisine (C)	29,2 ± 15,1 cd	2,8 ± 1,0 de	53,1 ± 33,6 bcd	2,3 ± 1,7 abcd
Frontiere+Oomisine / Funguran (D)	61,8 ± 21,1 a	4,5 ± 1,2 ab	80,0 ± 26,2 ab	4,9 ± 2,3 a
Testimone non trattato	61,3 ± 20,9 a	4,7 ± 1,1 ab	83,8 ± 20,6 a	5,1 ± 2,2 a

*I valori seguiti dalla stessa lettera nella stessa colonna non sono significativamente differenti per P≤0,05, secondo il test HSD di Tukey

(A) = strategia A, (B) = strategia B, (C) = strategia C, (D) = strategia D

Anno 2015

I primi sintomi di peronospora sono apparsi sulle foglie a fine giugno, dove è stata registrata una diffusione della malattia non superiore al 9% sul testimone non trattato (dati non mostrati). Nel rilievo effettuato sulle foglie il 7 luglio, la diffusione della malattia è stata significativamente ridotta in tutte le parcelle trattate, in particolare la maggiore efficacia è stata garantita nelle parcelle trattate con Poltiglia Disperss, Funguran, Chito Plant, Funguran / Chito Plant, indipendentemente dalla strategia applicata, e Funguran / Frontiere + Oomisine, applicati seguendo la strategia B e C, dove la riduzione della diffusione della malattia è stata pari a 85%, 87%, 95%, 89%, 78%, 88%, 82% e 90%, rispettivamente, a confronto con il testimone non trattato. Per quanto riguarda la gravità della peronospora, gli stessi formulati ne hanno garantito una riduzione significativa rispetto al testimone non trattato, registrando nelle parcelle trattate con Chito Plant i valori più bassi (tabella 4).

Nel rilievo sui grappoli effettuato il 2 settembre, la diffusione della malattia è stata significativamente ridotta nelle parcelle trattate con Funguran, Chito Plant, Funguran / Chito Plant, applicato seguendo la strategia B e C, e Funguran / Frontiere + Oomisine, seguendo la strategia C e D (67%, 72%, 71%, 70%, 56% e 61% rispettivamente) a confronto con il testimone non trattato. Nelle stesse tesi è stata registrata anche una gravità significativamente inferiore rispetto al testimone non trattato, tranne in quelle trattate con Funguran / Frontiere + Oomisine, seguendo la strategia C, dove la gravità non è risultata differente rispetto al testimone non trattato (tabella 4).

Tabella 4. 2015: valori di diffusione e gravità della peronospora registrati su foglie e grappoli

Trattamento (strategie)	Foglie (7 luglio)		Grappoli (2 settembre)	
	Diffusione (%)	Gravità (1-10)	Diffusione (%)	Gravità (1-7)
Poltiglia Disperss (A)	2,3 ± 1,9 d*	0,9 ± 0,5 cd	18,1 ± 20,1 abc	1,1 ± 1,5 abc
Funguran (A)	1,9 ± 2,2 d	0,7 ± 0,5 de	12,3 ± 15,5 c	0,6 ± 0,6 c
Chito Plant (A)	0,7 ± 1,4 d	0,4 ± 0,6 e	10,3 ± 13,9 c	0,5 ± 0,6 c
Frontiere+Oomisine (A)	11,8 ± 5,3 b	1,4 ± 0,4 ab	32,4 ± 21,8 ab	1,8 ± 1,0 ab
Funguran / Chito Plant (B)	1,7 ± 1,8 d	0,8 ± 0,5 de	10,8 ± 16,1 c	0,9 ± 1,5 bc
Funguran / Chito Plant (C)	3,4 ± 2,1 d	1,1 ± 0,4 bcd	11,1 ± 20,8 c	0,6 ± 0,7 c
Chito Plant / Funguran (D)	1,8 ± 1,4 d	0,8 ± 0,5 de	24,6 ± 29,5 abc	1,2 ± 1,6 abc
Funguran / Frontiere+Oomisine (B)	2,7 ± 3,0 d	0,9 ± 0,6 cd	21,4 ± 23,1 abc	1,3 ± 1,2 abc
Funguran / Frontiere+Oomisine (C)	1,6 ± 1,7 d	0,8 ± 0,5 cd	16,0 ± 16,4 bc	1,1 ± 1,0 abc
Frontiere+Oomisine / Funguran (D)	8,3 ± 4,2 c	1,3 ± 0,3 abc	14,3 ± 16,5 bc	1,1 ± 0,9 bc
Testimone n. t.	15,3 ± 7,0 a	1,5 ± 0,4 a	36,8 ± 27,3 a	2,1 ± 1,3 a

*Vedi tabella 3

(A) = strategia A, (B) = strategia B, (C) = strategia C, (D) = strategia D

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I due anni in cui è stata condotta la prova sperimentale sono stati caratterizzati da differenti condizioni climatiche. I rilievi effettuati hanno permesso di evidenziare differenze di efficacia antiperonosporica in seguito all'applicazione di prodotti rameici e "alternativi".

I due prodotti rameici applicati hanno garantito la migliore protezione della vite su foglie e grappoli in condizioni di elevata pressione della malattia ed in generale l'idrossido (Funguran) ha fornito la migliore difesa antiperonosporica in entrambe le annate.

Tra i prodotti "alternativi" applicati singolarmente, quello che ha determinato la maggiore riduzione dei sintomi di malattia è stato il chitosano (Chito Plant) rispetto alla miscela di laminarina ed estratti di *Saccharomyces* spp. (Frontiere + Oomisine), che in condizioni di elevata pressione della malattia ha mostrato una parziale efficacia nei confronti del patogeno, mentre in condizioni di bassa pressione è risultato efficace alla pari dei formulati rameici, come anche riportato da Aziz *et al.* (2006) e Maia *et al.* (2012).

La laminarina combinata con estratti di *Saccharomyces* spp. (Frontiere + Oomisine) in condizioni di elevata pressione della malattia non ha mostrato alcuna efficacia nei confronti della peronospora, ed anche in condizioni di bassa pressione non ha determinato la riduzione dei sintomi rispetto al testimone non trattato, ad esclusione della diffusione della malattia sulle foglie.

L'utilizzo del chitisano (Chito Plant) alternato all'idrossido di rame (Funguran) ha garantito una buona protezione della vegetazione in entrambi gli anni, in particolare se applicato seguendo la strategia B e C, cioè alternandolo settimanalmente all'altro formulato o applicandolo per la prima metà della stagione. Per quanto riguarda l'utilizzo della laminarina in miscela con estratti di *Saccharomyces* spp. (Frontiere + Oomisine) somministrata in alternanza con l'idrossido di rame (Funguran), solo nel secondo anno, in condizioni di bassa pressione della malattia, le strategie si sono rivelate efficaci nel ridurre i sintomi di malattia, in particolare sulle foglie. L'applicazione di chitosano (Chito Plant) alternato con idrossido di rame (Funguran) ha permesso di usare solamente 2,8 kg/ha e 3,2 kg/ha di rame all'anno rispettivamente nel 2014 e nel 2015, contro i 10-12 kg/ha e i 5,6-6,5 kg/ha rispettivamente della poltiglia bordolese (Poltiglia Disperss) e dell'idrossido di rame (Funguran) applicati settimanalmente, rappresentando una buona alternativa all'utilizzo di rame, in condizioni sia di bassa che di elevata pressione della malattia.

La sperimentazione ha confermato la buona efficacia dei prodotti rameici, che hanno garantito la migliore protezione della vite nei confronti della peronospora, sebbene gli apporti cuprici siano consistenti e per l'idrossido di rame al limite dei regolamenti imposti per l'agricoltura biologica, mentre applicando la poltiglia bordolese somministriamo una dose doppia rispetto al limite di legge. Fra i prodotti alternativi, merita una particolare attenzione l'uso del chitosano, il quale ha garantito una buona protezione in condizioni sia di bassa (La Torre *et al.*, 2010, Romanazzi *et al.*, 2010, Dagostin *et al.*, 2011) sia di alta pressione della malattia, applicato sia singolarmente o in strategia con rame a dosaggio ridotto. Tale prodotto, di cui sono ormai disponibili diversi formulati commerciali (Feliziani *et al.*, 2013) è dotato di attività diretta sul patogeno ed è in grado di potenziare le difese della pianta, risultando attivo anche contro la muffa grigia della vite (Romanazzi *et al.*, 2009). Un formulato commerciale è già stato sperimentato per l'attività antiperonosporica su vite (Romanazzi *et al.*, 2016a) e di recente il chitosano cloridrato è stato registrato come prodotto di base per la protezione delle piante (Reg. UE 563/2014). Pertanto, a seguito della registrazione di uno o più prodotti commerciali, si potrà considerare un'alternativa al rame per la protezione del vigneto in agricoltura biologica ed integrata, portando ad una contemporanea riduzione degli apporti cuprici.

Ringraziamenti
Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Trattamenti a basso impatto ambientale per la difesa antiperonosporica su vite" promosso dall'ASSAM-Regione Marche. Si ringraziano per la gentile collaborazione Danilo Coppa e l'azienda vitivinicola Terre Cortesi – Moncaro, nonché Alessandro Del Re per il supporto a trattamenti e rilievi della malattia.

LAVORI CITATI

Aziz A., Poinssot B., Daire X., Adrian M., Bézier A., Lambert B., Joubert J.-M., Pugin A., 2003. Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16, 1118–1128.

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.

Feliziani E., Smilanick J.L., Margosan D.A., Mansour M.F., Romanazzi G., Gu S., Gohil H., Rubio Ames Z., 2013. Preharvest fungicide, potassium sorbate, or chitosan use on quality and storage decay of table grapes. *Plant Disease*, 97, 307-314

Gessler C., Pertot I., Perazzoli M., 2011. *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea*, 50, 3-44.

Gomez K.A., Gomez A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research, 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.

La Torre A., Talocci S., Miele M., 2010. Evaluation of anti-downy mildew effectiveness and economic sustainability of substances of natural origin. *Petria*, 20, 46–48.

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.

Pontiroli R., Rizzotti R., Zerbetto F., 2001. Low rate copper formulations in control of grapevine downy mildew in Oltrepò Pavese. *Informatore Fitopatologico*, 10, 62–66.

Romanazzi G., Mlikota Gabler F., Margosan D.A., Mackey B.E., Smilanick J.L., 2009. Effect of chitosan dissolved in different acids on its ability to control postharvest gray mold of table grape. *Phytopathology*, 99, 1028-1036.

Romanazzi G., Santini M., Murolo S., Masciulli A., D'Ercole G., Patrizio F., 2010. Evaluation of the effectiveness of copper formulations used at reduced rates and of alternative compounds in the control of *Plasmopara viticola*. *Petria*, 20 (1), 9–12.

Romanazzi G., Feliziani E., Bautista Baños S., Sivakumar D., 2016a. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (in stampa, DOI 10.1080/10408398.2014.900474).

Romanazzi G., Mancini V., Feliziani E., Servili A., Endeshaw S., Neri D., 2016b. Impact of alternative fungicides on grape downy mildew control and vine growth and development. *Plant Disease* (in stampa, DOI 10.1094/PDIS-05-15-0564-RE).

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.

Walters D., Walsh D., Newton A., Lyon G., 2005. Induced resistance for plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology*, 95, 1368–1373.