IMPIEGO DI UN NUOVO ADIUVANTE DI ORIGINE NATURALE A BASE POLISACCARIDICA PER LA RIDUZIONE DELLE QUANTITÀ DI RAME IMPIEGATE PER IL CONTENIMENTO DI *PLASMOPARA VITICOLA*

V. BATTAGLIA[1], R. SORRENTINO[1], M. CERMOLA[1], P. MORMILE[2], E. LAHOZ[1]
[1] CREA – Centro di ricerca Cerealicoltura e colture industriali - Via Torrino 2, 81100 Caserta
[2] CNR – Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti "Eduardo Caianiello"
Via Campi Flegrei 34, 80072 Pozzuoli (Na)
valerio.battaglia@crea.gov.it

RIASSUNTO

Sono state svolte nel 2014 e 2016 prove di campo al fine di valutare l'efficacia e la persistenza dell'ossicloruro di rame in miscela con un nuovo adiuvante naturale (PSS®) derivato da carrube di *Ceratonia siliqua* per il contenimento della peronospora della vite. L'ossicloruro di rame è stato applicato ogni 7 e 14 giorni miscelato o meno con l'adiuvante, il quale è stato anche da solo. Per valutare la distribuzione del rame sulla pianta, sono state condotte osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM). PSS da solo non ha influenzato lo sviluppo della malattia, mentre ha aumentato significativamente l'efficacia e la persistenza del rame su foglie e grappoli. Sui grappoli, a intervalli di 14 giorni, l'efficacia sull'incidenza del rame più PSS era circa il 60%, mentre l'efficacia sulla gravità era rispettivamente del 60,1 e del 65,6% per l'anno 2014 e 2016; mentre senza PSS l'efficacia era significativamente inferiore. L'analisi al SEM ha dimostrato che le particelle di rame, mescolate con PSS, erano ancora uniformemente distribuite sulle foglie dopo 14 giorni dall'applicazione, mentre applicate da sole dopo 7 giorni sono risultate meno disperse e con una concentrazione inferiore. L'uso dell'adiuvante ha ridotto la quantità annuale di rame da 7,9 kg/ha (rame ogni 7 giorni) a 4,5 kg/ha (ogni 14 giorni mescolato a PSS).

Parole chiave: adesivante biodegradabile, peronospora, vite, analisi al SEM, carrube

SUMMARY

EVALUATION OF A NEW NATURAL POLYSACCHARIDIC-BASED ADJUVANT TO REDUCE THE AMOUNT OF COPPER IN THE CONTROL OF *PLASMOPARA VITICOLA*

Two field trials (2014 and 2016) were carried out with the aim to evaluate the efficacy and the persistence of copper oxychloride to control downy mildew of grapevine in mixture with a new natural adjuvant (PSS®) derived from locust bean (*Ceratonia siliqua*) gum. Copper oxychloride was applied every 7 and 14 days mixed or not with PSS. PSS was also applied alone. To evaluate the distribution of copper on leaves, observations by scanning electron microscope (SEM) were made. PSS alone did not influence the development of the disease, while significantly increased efficacy and persistence of copper oxychloride both on leaves and bunches. On bunches, at 14-day intervals, efficacy on incidence of copper oxychloride plus locust bean gum was about 60% while efficacy on severity was 60.1 and 65.6% for the year 2014 and 2016, respectively; while no locust bean gum efficacy was significantly lower. The SEM analysis demonstrated that copper fungicide particles, when mixed with locust bean gum, were still uniformly distributed on leaves after 14 days from application, but if applied alone, after 7 days they were less dispersed and with a lower concentration. The use of locust bean gum reduced the annual amount of copper in integrated cultivations from 7.9 kg/ha applying copper oxychloride every 7 days to 4.5 kg/ha when applied every 14 days mixed with PSS.

Keywords: biodegradable sticker, downy mildew, grapevine, SEM analysis, locust bean

INTRODUZIONE

Il rame è impiegato nella difesa fitosanitaria di molteplici colture agrarie a causa della sua attività fungicida e battericida. L'impiego di questo metallo pesante si accompagna con un costante accumulo nel suolo agrario che sta generando problemi di impatto ambientale. Va considerato che fra tutti i settori produttivi, la viticoltura, in modo speciale quella biologica, per diffusione e superficie investita necessita di quantità consistenti di rame per il contenimento della peronospora, causata dall'oomicete *Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni 1888. Allo stato attuale non sono disponibili sul mercato principi attivi alternativi al rame in grado di contenere la malattia con la stessa efficacia. In annate di elevata pressione epidemica da parte dell'oomicete si può determinare, se non contenuto tempestivamente, la totale compromissione/perdita della produzione. Il numero e l'intervallo delle applicazioni di rame dipendono dalla fase fenologica, dal rischio di infezione, dalla pressione della malattia e dalla qualità della distribuzione sulle foglie. Formulazione e adiuvanti potrebbero svolgere un ruolo importante nel migliorare la biodisponibilità e regolare la frequenza di applicazione (Stevens, 1993). L'aggiunta di un adiuvante appropriato ad un fungicida fogliare può migliorarne significativamente la copertura, l'assorbimento, l'efficacia e può ridurre la quantità totale applicata a stagione. Coadiuvanti antiparassitari sono additivi usati per molti scopi: aumentare la persistenza sulle foglie (Steurbaut, 1993); regolare l'assorbimento, ritenzione spray (Hart et al., 1992) resistenza alla pioggia (Kudsk et al., 1991) perdite fogliari di deflusso (Reddy e Locke, 1996), evaporazione e diffusione (Xu et al., 2010) e traslocazione di prodotti fitosanitari (Orbovic et al., 2007). L'adiuvante può influenzare l'efficacia degli agrofarmaci (Krogh et al., 2003; Rowen, 1979; Van Zyl et al., 2010a, b) ottenendo benefici economici e ambientali (Van Zyl et al., 2010a). Per quanto riguarda la vite, Van Zyl et al. (2010a) hanno riportato l'effetto sulle foglie di vite e l'efficacia verso *Botrytis cinerea* di soli 3 tensioattivi. Sono stati pubblicati lavori sull'interazione tra fungicidi rameici e adiuvanti sugli agrumi (Orbovic et al., 2007).

Questo lavoro ha avuto l'obiettivo di studiare l'attività svolta da un nuovo prodotto a base polisaccaridica che, utilizzato come adiuvante, possa ridurre la quantità di rame necessaria per contenere la peronospora della vite. A tale scopo, sono state condotte due prove di campo con l'obiettivo di: (i) valutare l'effetto dell'ossicloruro di rame associato con il prodotto a base di galattomannani da carrube (di seguito PSS) sull'efficacia nel controllo di *P. viticola*; (ii) ridurre la quantità totale di rame utilizzata; (iii) valutare la persistenza del rame quando associato al PSS su superficie fogliare e grappoli.

MATERIALI E METODI

PSS: preparazione e fitotossicità

Per la conduzione delle prove è stato impiegato un gel polisaccaridico, a base di galattomannani, estratto da carrube (PSS®). La formulazione a base di prodotti naturali garantisce la stabilità del formulato in acqua. Il PSS ha una capacità di idratazione e espansione pari a quattro volte il suo volume iniziale senza rottura. Il tempo di degradazione è pari a 4 settimane (dati non riportati). Le valutazioni di fitotossicità sono state eseguite secondo le linee guida OEPP/EPPO utilizzando una scala empirica (1 nessun sintomo, 9 foglie o grappoli completamente coperti da macchie necrotiche).

Prove di campo

Nel 2014 e nel 2016 sono state condotte due prove mettendo a confronto: (i) controllo non trattato (UC); (ii) PSS applicato da solo (PSS); (iii) ossicloruro di rame e adiuvante PSS ogni 7 giorni (CuPSS7); (iv) ossicloruro di rame e adiuvante PSS ogni 14 giorni (CuPSS14); (v)

ossicloruro di rame da solo ogni 7 giorni (Cu7); (vi) ossicloruro di rame da solo ogni 14 giorni (Cu14). Le prove sono state allestite nel Sud Italia, in due vigneti ubicati in provincia di Avellino (Tufo) nel 2014 e in provincia di Benevento (Torrecuso) nel 2016. I vitigni impiegati sono stati "Aglianico" a Tufo e "Falanghina" a Torrecuso. È stato utilizzato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con quattro repliche (10 piante/parcella). La dose del formulato commerciale Cuproram (Arysta Lifescience, contenente il 37,5% di ossicloruro di rame) è stata 3 kg/ha; il volume d'acqua utilizzato per ogni applicazione è stato di 1000 L/ha; il PSS è stato aggiunto, nelle tesi in studio, alla dose di 3 kg/ha. Il calendario dei trattamenti è riportato nella tabella 1. Sono state effettuate 7 applicazioni nelle tesi PSS, Cu7 e CuPSS7, e 4 nelle restanti. A 21 giorni dall'ultima applicazione, sui grappoli sono state eseguite analisi dei residui di rame da parte della società Laboratoria di Napoli. Nel corso delle attività di campo sono stati registrati i dati meteorologici: temperatura giornaliera e precipitazioni.

Le osservazioni sono state condotte con cadenza settimanale e i dati delle ultime due (2014) o tre (2016), sono stati utilizzati per la valutazione dell'efficacia. L'efficacia è stata valutata secondo quanto previsto dalla linea guida OEPP/EPPO e l'incidenza è stata calcolata come foglie sintomatiche/foglie totali osservate × 100. La gravità è stata valutata considerando la % di superficie fogliare sintomatica su 100 foglie per blocco. Al termine della prova, è stato condotto un rilievo su grappolo. I dati di efficacia sono stati quantificati come indice di Abbott. I dati della gravità sono stati trasformati in valori angolari (arcsen√valore relativo). I dati sono stati sottoposti ad analisi di varianza e le medie sono state separate secondo il test di Tukey ($p \leq 0{,}05$). Tutti i calcoli statistici sono stati effettuati utilizzando Statistica (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Tabella 1. Calendario delle applicazioni per i due anni di prova

Tesi (abbreviazione)	Data dell'applicazione	
	2014	2016
Controllo non trattato (UC)	-	-
Trattamenti effettuati ogni 7 giorni		
PSS	3 giugno	12 maggio
CuPSS7	10 giugno	19 maggio
Cu7	17 giugno	26 maggio
	24 giugno	2 giugno
	1° luglio	9 giugno
	8 luglio	16 giugno
	15 luglio	23 giugno
Trattamenti effettuati ogni 14 giorni		
CuPSS14	3 giugno	12 maggio
Cu14	17 giugno	26 maggio
	1° luglio	9 giugno
	15 luglio	23 giugno

Osservazioni al Microscopio Elettronico a Scansione (SEM)

Per studiare la distribuzione del rame sulla vegetazione dopo 8 e 14 giorni dagli ultimi trattamenti, è stata eseguita un'analisi al SEM. L'analisi ha permesso: (i) investigare l'interazione fisica PSS-interfaccia foglie; (ii) valutare l'omogeneità di copertura del film sulle superfici in PSS; (iii) analizzare la disposizione del rame nel film dopo l'irrorazione e (iv) valutare la persistenza del rame sulle foglie di vite. Sono state realizzate micrografie della superficie fogliare mediante un microscopio elettronico a scansione. I campioni sono stati

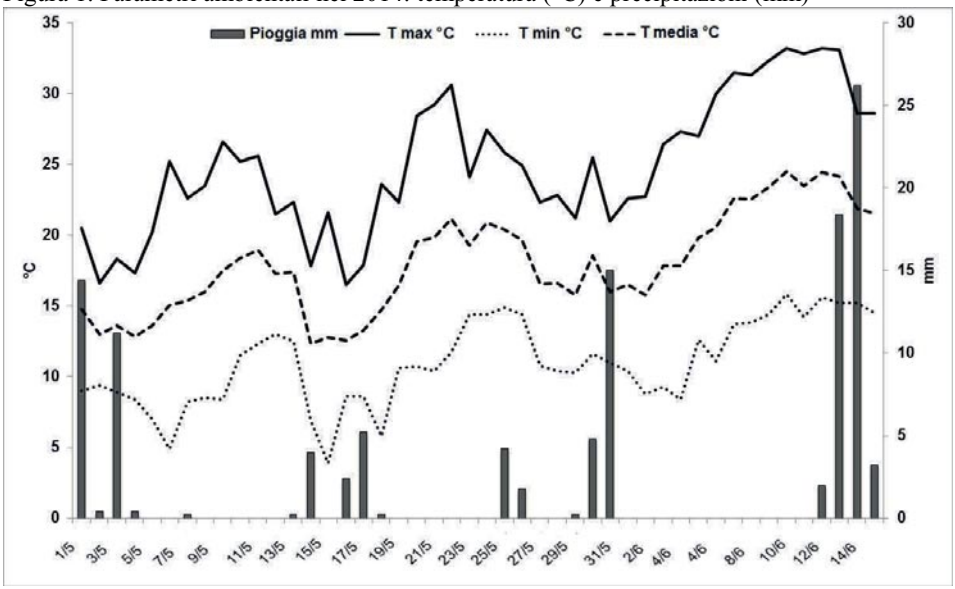
rivestiti con lega Au-Pd che ha ricoperto la superficie del campione con uno strato omogeneo di lega metallica di 18 ± 0,2 nm. È stata eseguita la spettrometria a raggi X. Sono stati raccolti in campo ed osservati tre campioni di superficie fogliare per ciascun trattamento.

RISULTATI

Prova di campo - anno 2014

Nel 2014, le precipitazioni dei primi di maggio non sono state in grado di indurre sintomi di malattia (temperatura inferiore a 10°C). Le piogge favorevoli all'insorgenza della malattia si sono verificate fra il 25 e il 31 maggio con decorso stagionale favorevole (figura 1).

Figura 1. Parametri ambientali nel 2014: temperatura (°C) e precipitazioni (mm)



I sintomi sono comparsi il 18 giugno dopo tre applicazioni in PSS, Cu7, CuPSS7 e due applicazioni per Cu14 e CuPSS14 (tabella 1). Al termine della prova, l'incidenza nel controllo (88,3%) e in PSS (71,4%) era paragonabile, mentre in Cu7 e Cu14 era il 44 e 54%, con gravità del 38,5 e 38,7%. Addizionando PSS al rame, CuPSS7 e CuPSS14, l'incidenza è stata del 37 e del 33% (figura 2.A), con gravità del 24,8 e del 24% (figura 2.B). La maggiore efficacia sull'incidenza è stata riscontrata quando era addizionato PSS (CuPSS7 58,1% e CuPSS14 62,6%), rispetto al solo rame (Cu7 50,2% e Cu14 38,8%). La maggiore efficacia, a fine prova, era in CuPSS7 e CuPSS14 (tabella 2). L'incidenza e gravità sui grappoli in UC e PSS è stata simile (tabella 3). Il PSS non ha influenzato incidenza e gravità quando applicato da solo, mentre quando addizionato (CuPSS7 e CuPSS14) ha aumentato l'efficacia sia come incidenza che gravità.

Figura 2. Prova condotta nel 2014 ad Avellino: incidenza (A) e gravità (B) della malattia

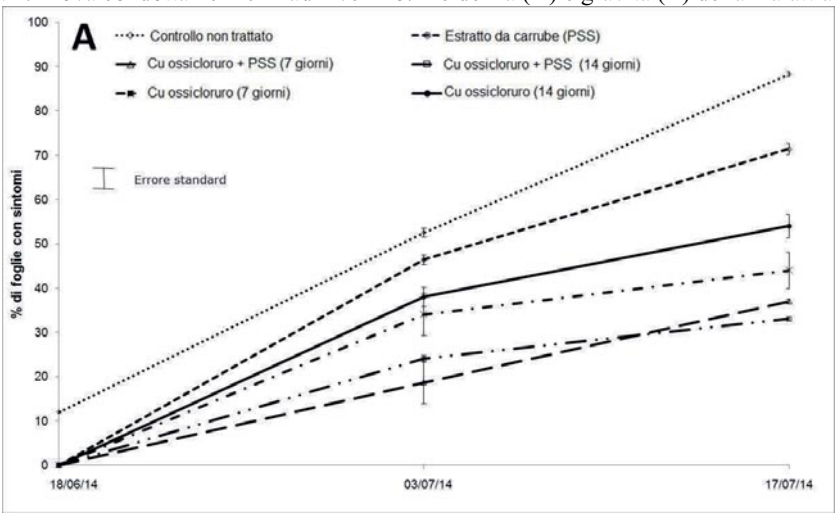


Tabella 2. Efficacia sull'incidenza (I) e gravità (G) della malattia (Abbott) sulle foglie

Tesi	2014				2016					
	3/7		17/7		3/6		8/6		22/6	
	I	G	I	G	I	G	I	G	I	G
PSS	11,6 c	17,4 c	19,1 c	5,8 b	8,1 b	11,8 b	6,5 b	14,1 b	13,6 c	8,3 d
CuPSS 7	64,4 a	73,0 a	58,1 a	53,3 a	100 a	100 a	100 a	100 a	57,0 a	83,2 a
CuPSS14	54,3 a	63,1 a	62,6 a	54,9 a	91,9 a	96,5 a	90,7 a	97,6 a	53,0 a	84,3 a
Cu7	35,2 b	30,6 b	50,2 a	46,4 a	100 a	100 a	99,1 a	99,8 a	51,0 a	69,4 b
Cu14	27,6 b	25,9 b	38,8 b	46,1 a	98,2 a	99,5 a	99,1 a	99,8 a	32,0 b	57,7 c

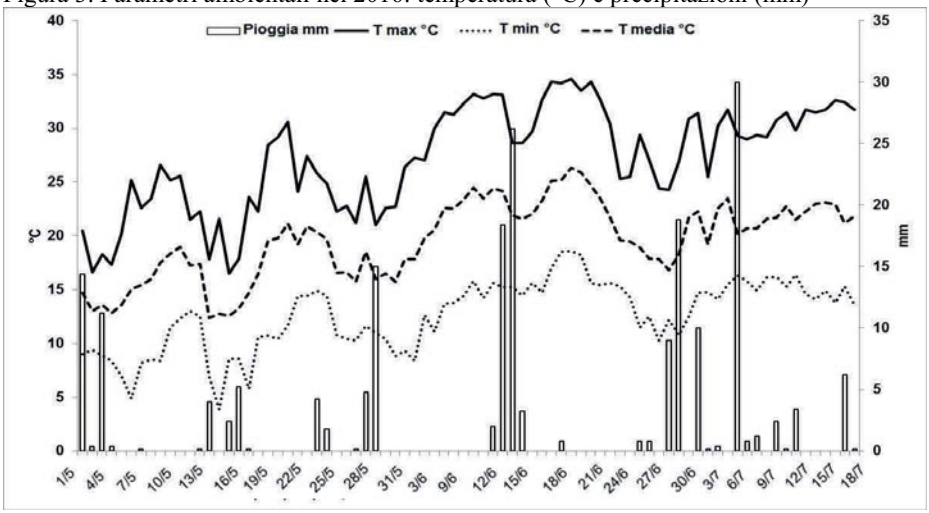
PSS; Cu+PSS ogni 7 giorni (CuPSS7); Cu+PSS ogni 14 giorni (CuPSS14); Cu ogni 7 giorni (Cu7); Cu ogni 14 giorni (Cu14). Medie con lettere uguali non sono diverse significativamente secondo il test di Tukey (p = 0,05)

Tabella 3. Prova 2014. Dati sull'incidenza (I) della malattia, gravità (G) dei sintomi ed efficacia (E) (di Abbott) sui grappoli

Tesi	17/7			
	I	E	G	E
UC	73,2 a	–	35,2 a	–
PSS	70,3 a	4,3 d	33,2 a	5,7 c
CuPSS 7	29,0 d	61,2 a	13,8 b	60,1 a
CuPSS14	28,4 d	60,3 a	13,9 b	60,1 a
Cu7	43,7 c	40,5 b	29,3 a	16,8 b
Cu14	60,7 b	17,1 c	35,2 a	0 c

Controllo non trattato (UC); PSS; Cu+PSS ogni 7 giorni (CuPSS7); Cu+PSS ogni 14 giorni (CuPSS14); Cu ogni 7 giorni (Cu7); Cu ogni 14 giorni (Cu14). Medie con lettere uguali non sono diverse significativamente secondo il test di Tukey (p = 0,05)

Figura 3. Parametri ambientali nel 2016: temperatura (°C) e precipitazioni (mm)



Prova di campo - anno 2016

Nel 2016, le piogge infettanti si sono verificate fra l'11 e il 19 maggio (figura 3) e il favorevole decorso della malattia è stato assicurato dalle precipitazioni di giugno e del 14 luglio.

Il 3 giugno è stata osservata la comparsa dei sintomi, dopo quattro applicazioni di rame e PSS, Cu7 e CuPSS7, due in Cu14 e CuPSS14 (tabella 1). In UC l'incidenza, a fine prova, è stata del 100% e la gravità del 70,7%. PSS non differiva da UC, confermando assenza di effetto diretto su *P. viticola*. In Cu14 l'incidenza è stata significativamente più elevata (68%) rispetto a CuPSS7 e CuPSS14 (43 e 47%), con risultati simili a Cu7 (49%) (figura 4.A). La gravità è stata significativamente inferiore quando veniva aggiunto PSS (figura 4.B). L'efficacia sull'incidenza non è differente per CuPSS7 (57%), CuPSS14 (53%) e Cu7 (51%), mentre valori significativamente più bassi sono stati ottenuti in Cu14 (32%). CuPSS7 e CuPSS14 non mostrano efficacia sulla gravità (83,2% e 84,3%), mentre valori significativamente inferiori erano in Cu14 e Cu7 (tabella 2). In UC, incidenza e gravità della malattia sui grappoli sono state 68,2% e 36,6%, confermando i risultati del 2014, PSS da solo non si discostava da UC. Quando aggiunto PSS, è stata osservata minore incidenza e gravità. In Cu14 i risultati non si discostavano da UC, mostrando un'inefficacia delle applicazioni sui grappoli; mentre in CuPSS7 e CuPSS14 l'efficacia era superiore al 60 e al 64% (tabella 4) con residui inferiori a 2,5 mg/kg.

Figura 4. Prova condotta nel 2016 a Benevento: incidenza (A) e gravità (B) della malattia

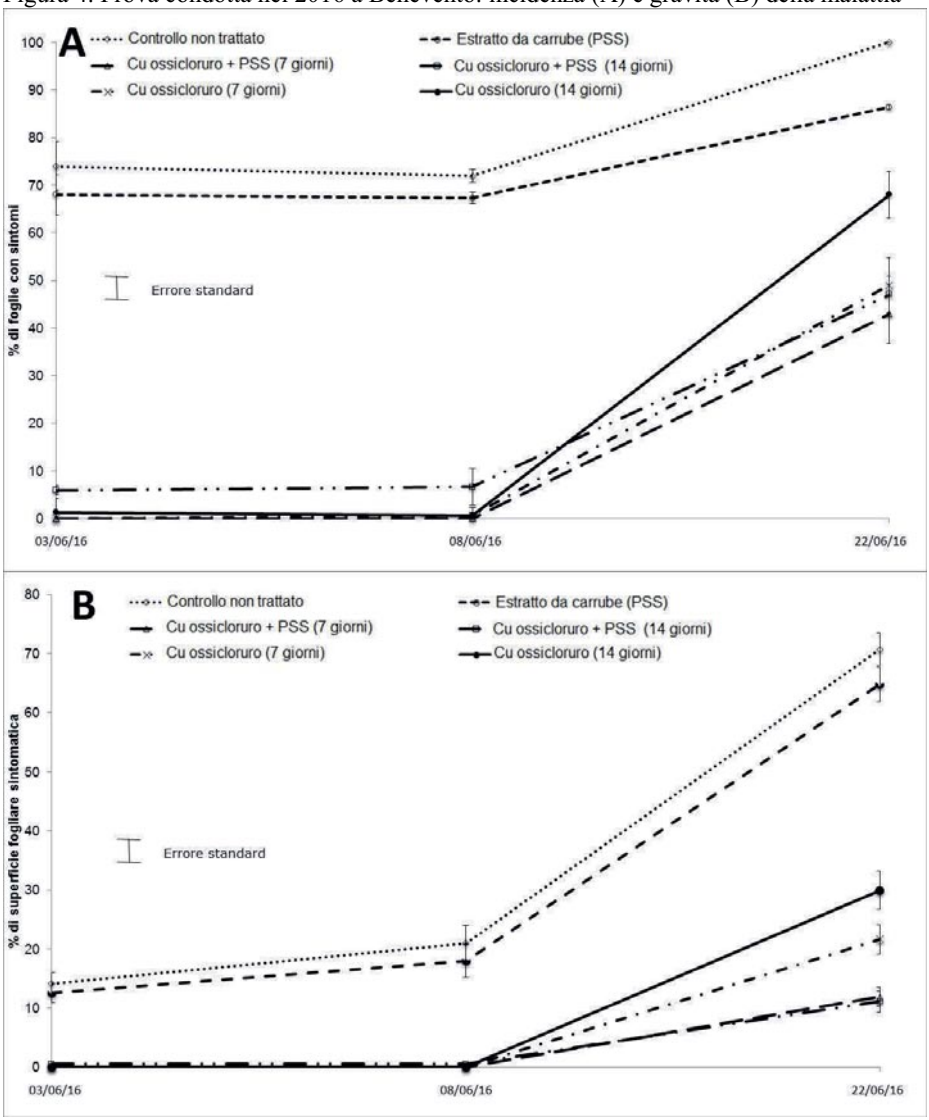


Tabella 4. Prova 2016. Dati sull'incidenza (I) della malattia, gravità (G) dei sintomi ed efficacia (E) (di Abbott) sui grappoli

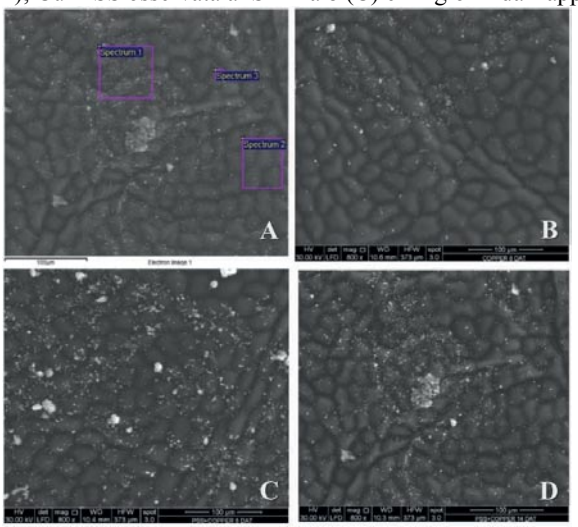
Tesi	22/6			
	I	E	G	E
UC	68,2 a	–	36,6 a	–
PSS	69,8 a	0,0 d	38,3 a	0,0 c
CuPSS 7	26,8 d	61,9 a	16,9 b	64,6 a
CuPSS14	27,9 d	60,3 a	16,6 b	65,6 a
Cu7	38,4 c	44,9 b	30,7 a	19,3 b
Cu14	58,3 a	15,7 c	38,4 a	0,0 c

Controllo non trattato (UC); PSS; Cu+PSS ogni 7 giorni (CuPSS7); Cu+PSS ogni 14 giorni (CuPSS14); Cu ogni 7 giorni (Cu7); Cu ogni 14 giorni (Cu14). Medie con lettere uguali non sono diverse significativamente secondo il test di Tukey (p = 0,05)

Osservazioni al Microscopio Elettronico a Scansione (SEM)

La Figura 5.A mostra la presenza di particelle di ossicloruro di rame sulle superfici fogliari. La spettrometria a raggi X ha confermato che erano particelle di rame. Le analisi condotte in tre aree con diverse concentrazioni apparenti di rame hanno confermato che dove le particelle erano più evidenti (spettro 1) vi era il 7,66% di rame, mentre dove erano apparentemente presenti (spettro 2) erano al di sotto del livello di rilevamento. Lo spettro 3 mostra una concentrazione pari al 2,93% di rame, che rappresenta una situazione intermedia. La figura 5.B mostra che 8 giorni dopo il trattamento sulle foglie di Cu7, le particelle di rame sono sparse o localizzate solo in alcune aree. La Figura 5.C mostra l'uniformità di distribuzione del rame sulla superficie delle foglie nella tesi CuPSS7. Dopo 14 giorni (figura 4.D), il rame è rimasto uniformemente distribuito sulla superficie delle foglie del trattamento CuPSS14.

Figura 5. Piccole aree (spettro) della superficie fogliare trattata: Cu a 2 (A) e 8 giorni dall'applicazione (B); Cu+PSS osservata al SEM a 8 (C) e 14 giorni dall'applicazione (D)



DISCUSSIONE

La peronospora si è verificata in entrambi gli anni di prove con una elevata incidenza e gravità dei sintomi; questo ha consentito la valutazione dell'adiuvante PSS nel contenimento della malattia. Risultati simili per i due anni dimostrano le condizioni meteorologiche favorevoli all'insorgenza della malattia, come anche alla lisciviazione del rame quando applicato da solo. L'aggiunta di PSS per entrambi gli anni è stata in grado di prolungare l'efficacia del fungicida rameico. Su vite è stato riportato l'impiego di adiuvanti (come fenoli, alcoli, oli e polieteri) che possono causare un'alterazione della morfologia epicuticolare e della microflora naturale, rendendo la pianta maggiormente suscettibile a *B. cinerea* (Reddy e Locke, 1996). Le prestazioni esplicate dall'impiego degli adiuvanti varia a seconda delle proprietà della sostanza chimica (Green e Beestman, 2007). Gli adiuvanti migliorano la bioefficacia della fenexamide sulle superfici fogliari di vite, migliorandone la quantità e la qualità della deposizione (Van Zyl et al., 2010a). Inoltre, applicazioni di fungicidi rameici ad intervalli di 35 giorni, usando tre diverse formulazioni di adiuvanti, sono risultate efficaci contro *Citrus Black Spot* nel sud Africa (Rowen, 1979). I risultati di questo studio evidenziano che non vi era influenza fra PSS e l'epidemiologia della peronospora. Infatti, le piante trattate solo con PSS avevano la stessa incidenza e gravità del controllo non trattato. Le osservazioni al SEM non hanno mostrato differenze di diffusione e copertura del solo rame, mentre le particelle di rame permanevano più lungamente sulla vegetazione quando era associato a PSS. Molti studi hanno dimostrato i benefici degli adiuvanti in laboratorio e in condizioni controllate (Steurbaut, 1993), ma quasi tutti hanno dato risultati negativi quando saggiati in campo.

CONCLUSIONI

In questo studio, PSS è stato saggiato su vite in campo e ha mostrato una maggiore persistenza dell'ossicloruro di rame facendo registrare una maggiore efficacia, senza alcun effetto fitotossico. PSS è un adiuvante in grado di migliorare il contenimento della malattia, consentendo intervalli di applicazione più lunghi. Infatti, la quantità annuale di rame si è ridotta da 7,9 kg/ha (rame ogni 7 giorni) a 4,5 kg/ha se applicato ogni 14 giorni con PSS. In annate nelle quali *P. viticola* causa ingente perdita di prodotto (>70%), l'uso di PSS potrebbe rappresentare una promettente soluzione. Dai risultati è stato dimostrato che l'ossicloruro di rame non viene imprigionato da PSS, permettendogli di esplicare attività fitoiatrica nei confronti delle malattie fungine. PSS può essere assimilato ad un adesivante, migliorando la persistenza del rame (e dei principi attivi non sistemici) sulla superficie del bersaglio. L'adiuvante proposto è biodegradabile, con impatto ambientale nullo. Si ritiene, che sia la prima volta che un composto derivato dai galattomannani venga impiegato come adiuvante in trattamenti con fungicidi.

Ulteriori studi sono in corso per confermare i risultati ottenuti su vite e in altri sistemi ospite-patogeno, per comprendere in modo più approfondito i meccanismi alla base dell'interazione tra rame-PSS. Pertanto, nel prossimo futuro vi potrebbero essere ulteriori informazioni a supporto di quanto viene presentato in via preliminare.

Ringraziamenti

Il presente contributo è stato realizzato nell'ambito del progetto MAREA nell'ambito del Programma Operativo Nazionale "Ricerca e Competitivita" 2007-2013 (PON R&C), PON.03PE_00106_1

LAVORI CITATI

Green J.M., Beestman G.B., 2007. Recently patented and commericialized formulation and adjuvant technology. *Crop Prot*, 26, 320-327.

Hart S.E., Kells J.J., Penner D., 1992. Influence of adjuvants on the efficacy, absorption and spray retention of primsulfuron. *Weed Technol*, 6, 592-598.

Krogh K.A., Halling-Sorensen B., Mogensen B.B., Vejrup K.V., 2003. Environmental properties and effects of non-ionic surfactant adjuvants in pesticides: a review. *Chemosphere*, 50, 871-901.

Kudsk P., Mathiassen S.K., Kirknel E., 1991. Influence of formulations and adjuvants on the rainfastness of maneb and mancozeb on pea and potato. *Pestic Sci*, 33, 57-71.

Orbovic V., Achor D., Syvertsen J.P., 2007. Adjuvants affect penetration of copper through isolated cuticles of Citrus leaves and fruit. *Hort Sci*, 42, 1405-1408.

Reddy K.N., Locke M.A., 1996. Imazaquin spray retention, foliar washoff and runoff losses under simulated rainfall. *Pestic Sci*, 48, 179-187.

Rowen S.S., 1979. Evaluation of 13 adjuvants in combination with ferbam for control of fusiform rust on pine-seedlings. *Plant Dis Rep*, 63, 507-509.

Steurbaut W., 1993. Adjuvants for use with foliar fungicides. *Pestic Sci*, 38, 85-91.

Stevens P.J.G., 1993. Organosilicone surfactant as adjuvants for agrochemicals. *Pestic Sci*, 38, 103-122.

Van Zyl S.A., Brink J.C., Calitz F.J., Coertze S., Fourie P.H., 2010a. The use of adjuvants to improve spray deposition and *Botrytis cinerea* control on Chardonnay grapevine leaves. *Crop Prot*, 29, 58-67.

Van Zyl S.A., Brink J.C., Calitz F.J., Fourie P.H., 2010b. Effects of adjuvants on deposition efficiency of fenhexamid sprays applied to Chardonnay grapevine foliage. *Crop Prot*, 29, 843-852.

Xu L., Zhu H., Ozkan H.E., Bagley W.E., 2010. Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants. *Pest Manag Sci*, 67, 842-851.