

Bassi dosaggi di rame in viticoltura per il controllo della peronospora: efficacia e stabilità

Roberto Zanzotti e Oscar Giovannin | Fondazione Edmund Mach, Italia

Roberto Zanzotti¹, Oscar Giovannini²

¹Centro Trasferimento Tecnologico, Fondazione Edmund Mach, 38098 San Michele all'Adige (TN)

²Centro Ricerca Innovazione, Fondazione Edmund Mach, 38098 San Michele all'Adige (TN)

E-mail: roberto.zanzotti@fmach.it; oscar.giovannini@fmach.it

<https://doi.org/10.53144/infowine.it.2022.12.001>

Introduzione

Nelle aree viticole sono tradizionalmente frequenti le applicazioni di prodotti a base di rame per il controllo della peronospora (*Plasmopara viticola*) e altre crittogame, comportando l'accumulo di questo metallo nel suolo con effetti negativi sull'agroecosistema (Tiecher et al., 2017; Pertot et al., 2007).

Negli ultimi decenni, l'uso del rame in agricoltura è stato costantemente ridotto sebbene sia tuttora il principio attivo di riferimento per la difesa antiperonosporica nella viticoltura biologica.

Il regolamento di esecuzione UE 1981/2018 ha rinnovato l'approvazione delle sostanze attive a base di rame, come candidate alla sostituzione, autorizzando esclusivamente impieghi che comportano un'applicazione totale non superiore a 28 kg di rame per ettaro nell'arco di 7 anni.

Per ottemperare al nuovo regolamento il viticoltore è indotto ad impiegare dosaggi ridotti di rame.

Considerando una campagna di difesa antiperonosporica con 15-20 interventi a stagione, tipica dell'Italia settentrionale, l'applicazione media si attesta sui 200 g/ha con qualche intervento a dosaggi superiori.

Risulta quindi difficile gestire il quantitativo di rame a disposizione in funzione dei momenti di maggior pressione di peronospora nei quali posizionare i dosaggi più alti (300 g/ha, raramente 400 g/ha). Tuttavia, gli algoritmi dei DSS (Decision Support System) possono aiutare il viticoltore nella previsione dell'evoluzione della malattia massimizzando l'efficacia del trattamento.

Nonostante i dosaggi ridotti offrano un'ottima efficacia, questi sono maggiormente soggetti ai fattori perturbativi esterni. Fra i più noti si possono citare il dilavamento dovuto alle piogge (20-30 mm), la cattiva gestione agronomica (vigoria del vigneto, affastellamenti della chioma, operazioni a verde), la crescita di nuova vegetazione e la distensione fogliare. Altro fattore da non trascurare per un prodotto di copertura è la qualità di distribuzione dei trattamenti.

L'applicazione di bassi dosaggi di rame su una spalliera ha messo in evidenza che all'interno della chioma si possono avere accumuli diversificati in funzione della posizione. Inoltre, è stato possibile determinare la copertura media in circa 5 e 10 mg di Cu per metro quadro di foglie eseguendo trattamenti, rispettivamente, con 200 e 400 g/ha di Cu metallo mediante un comune atomizzatore (Cabùs et al., 2017). La quantificazione del metallo per unità di superficie permette di studiare l'efficacia del rame in test di laboratorio concentrando l'attenzione su agenti perturbativi difficili da analizzare in campo per i numerosi fattori di variabilità presenti.

L'attività nell'ambito del progetto INTAVIEBIO si è incentrata sulla valutazione in condizioni controllate dell'efficacia di alcuni formulati rameici impiegati a bassi dosaggi nel controllo di peronospora a seguito di bagnature fogliari indiziate come fonte di anomalie di protezione rilevate in campo.

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto presso i laboratori della Fondazione Edmund Mach su dischetti fogliari (diametro 19 mm) ottenuti da foglie giovani di barbatelle (Pinot grigio VCR204/Kober 5 BB) allevate in vaso da 2.5 litri in serra. Questi sono stati posizionati in piastre Petri da 90 mm con la pagina inferiore rivolta verso l'alto su carta assorbente inumidita.

Ogni trattamento era rappresentato da cinque piastre contenenti cinque dischetti fogliari ciascuna (Figura 1).

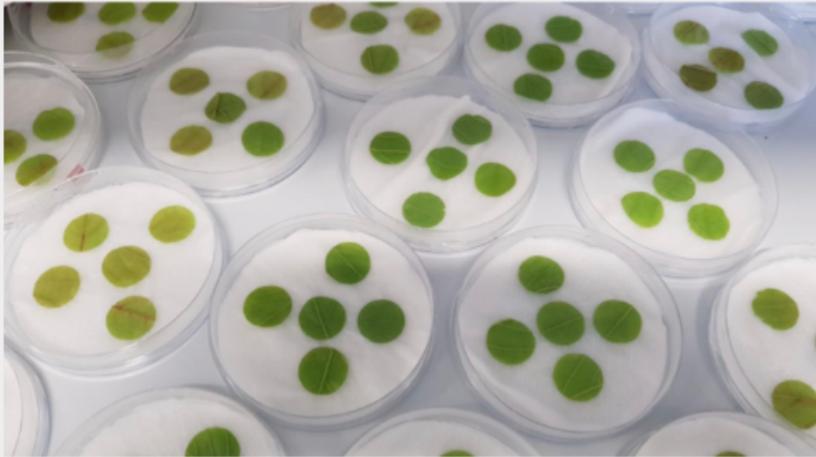


Figura 1 - Dischetti fogliari posti in piastre Petri usati per la valutazione della stabilità del rame in condizioni controllate.

Nei vari esperimenti sono stati usati tre sali rameici a diversi dosaggi. In particolare, è stata usata una formulazione a base di poltiglia bordolese al 20%, una di ossicloruro al 35% e una di idrossido al 20%. I prodotti rameici sono stati distribuiti sulla pagina inferiore dei dischetti fogliari mediante l'utilizzo di una Torre di Potter che simula un trattamento con atomizzatore, ma al contempo consente una distribuzione omogenea e controllata (Figura 2).

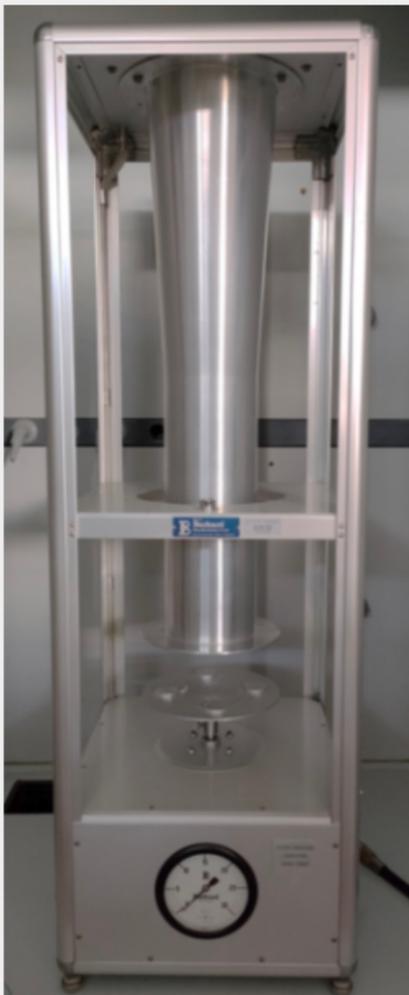


Figura 2 - La Torre di Potter garantisce una distribuzione omogenea e calibrata del trattamento sui dischetti fogliari.

Dopo opportuna calibrazione, sono state applicate le diverse sospensioni rameiche (2 mL/piastra) ai dosaggi riportati in Tabella 1. Una tesi non trattata è stata usata come controllo.

Tabella 1 - Sali di rame e dosaggi applicati sui dischetti fogliari.

Sale rameico	Rame apportato sulla superficie fogliare (mg/mq)	Dosaggio di rame metallo applicato per ettaro (g/ha)
Poltiglia bordolese	1.0	40
	2.5	100
	5.0*	200*
	7.5	300
	10.0*	400*
Ossicloruro di rame	1.0	40
	2.5	100
	5.0	200
	7.5	300
Idrossido di rame	2.5	100
	5.0	200
	7.5	300

(*) dati riferiti allo studio di Cabùs et al. (2017) con il quale è stato possibile convertire l'impiego di rame per ettaro di vigneto avente una LWA (Leaf Wall Area) di circa 12000 mq al relativo dosaggio depositato sulle foglie.

Eseguito il trattamento si sono attesi 30 minuti per l'asciugatura del prodotto sotto cappa chimica e successivamente applicati 2 mL di acqua deionizzata per piastra al fine di simulare la bagnatura fogliare in assenza di dilavamento, anch'essa con la Torre di Potter dopo opportuna pulizia. Le piastre sono state chiuse, impilate ed inserite in sacchetti per ovviare ad una asciugatura anticipata. Nella sperimentazione sono state valutate sei tempistiche di bagnatura fogliare (0.5, 2, 3, 6, 16 o 24 ore) riassunte nella Figura 3. La variazione dell'efficacia per effetto della bagnatura è stata confrontata con una tesi ove la bagnatura non è stata applicata (0 ore).

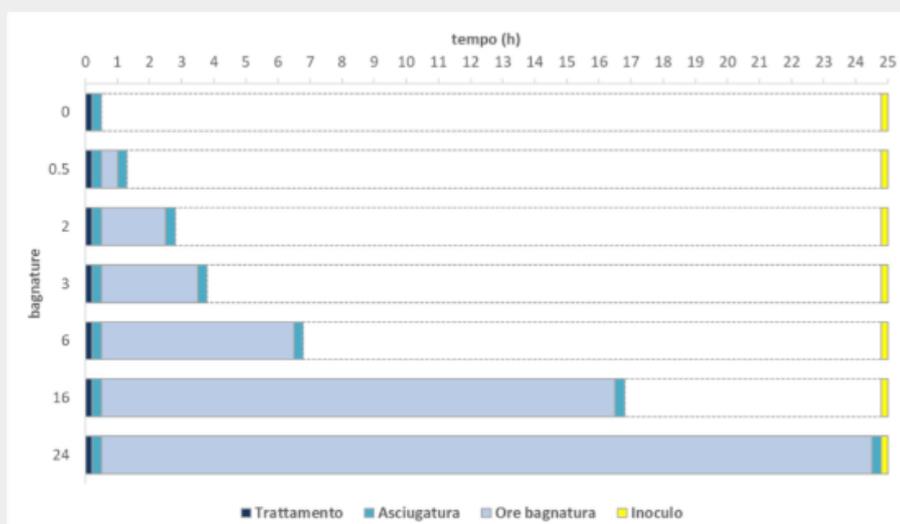


Figura 3 - Timeline per lo studio dell'effetto delle bagnature fogliari sull'efficacia del rame. Dopo aver applicato il trattamento rameico e attesa la completa asciugatura è stata effettuata una bagnatura fogliare di 0.5, 2, 3, 6, 16 o 24 ore prima dell'inoculo con *P. viticola*.

A fine bagnatura, le piastre sono state aperte per 30 minuti sotto cappa chimica fino a completa asciugatura. L'efficacia del rame è stata valutata inoculando i dischetti fogliari con una sospensione di *P. viticola* avente una concentrazione di $2.6 \cdot 10^5$ sporangi/mL. Per l'infezione è stato usato un pool di ceppi di *P. viticola* collezionati in campi non trattati nel comune di San Michele a/A e rigenerati periodicamente su piante di vite in serra. Anche per l'inoculo di peronospora è stata utilizzata la Torre di Potter applicando

4 mL/piastra. Le piastre chiuse sono state sigillate con carta stagnola per una notte e incubate a 25°C. Al mattino seguente i dischetti fogliari sono stati asciugati sfruttando la ventilazione della cappa chimica. Le piastre sono state richiuse e posizionate in condizioni di serra a 25°C con umidità relativa del 75% e luce naturale per il completamento del periodo di incubazione. Ogni esperimento è stato ripetuto almeno due volte.

A sette giorni dall'inoculo, ogni piastra è stata fotografata e l'immagine analizzata con il software ImageJ 1.53i (National Institute of Health, USA) per la quantificazione della gravità della malattia, cioè la percentuale di area di ogni singolo dischetto coperta dalla sporulazione.

I dati di gravità dei dischetti di ogni singolo trattamento sono stati mediati. L'efficacia (formula di Abbott) è stata calcolata per ogni dischetto a partire dal valore medio di gravità di attacco della tesi non trattata. I valori di efficacia sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA, $p < 0.05$) e al test di Tukey ($\alpha = 0.05$) per i confronti multipli.

Per l'analisi statistica ci si è avvalsi del software Statistica 14 (Tibco software Inc.).

Risultati

La sperimentazione ha confermato la buona efficacia dei sali di rame nel controllo di *P. viticola* anche a dosaggi particolarmente bassi. Come si può notare nella Figura 4, coperture fogliari con quantitativi superiori a 2.5 mg di rame metallo per metro quadrato di foglia consentono una marcata protezione nei confronti di *P. viticola* con valori superiori al $91.5 \pm 1.2\%$. Raggiunti valori di 7.5 mg/mq, ulteriori apporti non incrementano significativamente l'efficacia del prodotto. Ciò significa che con applicazioni in campo di dosaggi pari a 300 g/ha di rame metallo, al netto di tutti i fattori perturbativi che ne limitano efficacia e persistenza, si raggiunge la soglia di massima attività antiperonosporica. Si può quindi sostenere che in condizione di uniforme distribuzione del rame sulla vegetazione, dosaggi superiori a 300 g/ha possono diventare deleteri nel conteggio finale del quantitativo di rame impiegato nella stagione.

Visto che l'efficacia della poltiglia a 10 mg/mq era statisticamente simile a quella del dosaggio di 7.5 mg/mq, non si è ritenuto necessario il saggio al dosaggio più alto degli altri due sali (ossicloruro e idrossido di rame). Al contrario, l'efficacia al dosaggio di 1 mg/mq di poltiglia e ossicloruro è stata ritenuta particolarmente bassa e insufficiente con valori pari al 67.7% in condizioni controllate. La sperimentazione non ha quindi incluso anche la valutazione dell'idrossido al medesimo dosaggio.

Inoltre, dallo studio emerge che la tipologia di sale rameico (poltiglia bordolese, ossicloruro o idrossido) influisce limitatamente sull'efficacia e che il fattore dosaggio sia più importante. Da notare comunque che l'ossicloruro a 2.5 e 7.5 mg/mq ha manifestato una protezione leggermente minore degli altri due sali a pari concentrazione di rame metallo (Figura 4). Ciò non esclude che nelle condizioni di pieno campo i vari sali e formulati rameici possano esprimere livelli di efficacia diversi.

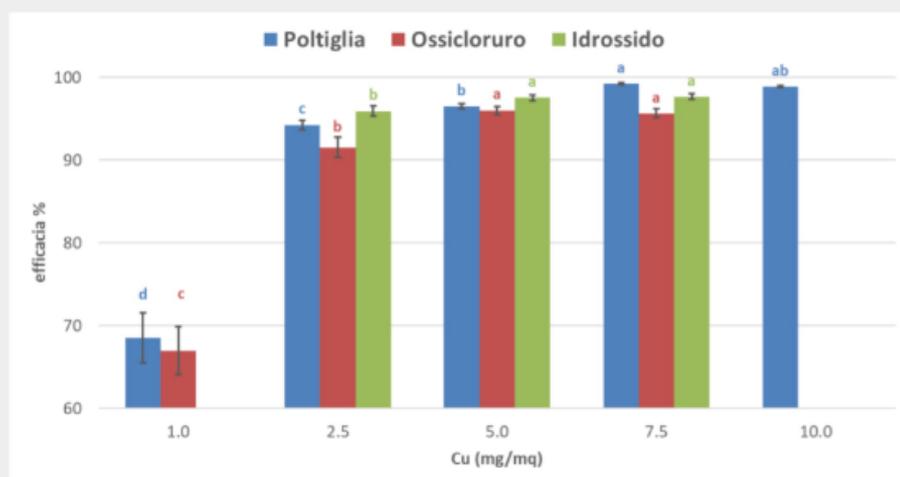


Figura 4 - Confronto efficacia contro peronospora della vite dei tre sali rameici testati (poltiglia bordolese, ossicloruro e idrossido di rame) in funzione del dosaggio di rame (1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mg Cu/mq) applicato sui dischetti fogliari. Lettere diverse indicano differenze significative tra i vari dosaggi.

In questo lavoro gli autori si sono soffermati sul ruolo di una eventuale bagnatura fogliare sulla stabilità di efficacia del rame. Tale fattore perturbativo si potrebbe manifestare tra il trattamento e la pioggia infettante

per via di una rugiada mattutina, una pioggia non dilavante con accumuli molto bassi o semplicemente per la condensa che si forma all'interno della vegetazione affastellata.

Nella Figura 5 viene raffigurata l'efficacia antiperonosporica di una formulazione commerciale di poltiglia bordolese impiegata a vari dosaggi e sottoposta a varie ore di bagnatura fogliare. Come si può notare i dosaggi più alti (7.5 e 10 mg/mq) sembrano non subire alcun effetto da questo fattore esterno. Bagnature fogliari inferiori alle 24 ore tra il trattamento e l'infezione, non hanno inficiato sulla protezione attuata dal rame. Abbassando il dosaggio (5.0 mg/mq), si è verificato un calo significativo dell'efficacia (circa -4%) con bagnature di 30 minuti e di 2 ore rispetto al medesimo dosaggio senza bagnatura. Calo che non si è visto con bagnature da 3 a 24 ore. Questo particolare effetto sull'efficacia del rame si amplifica con dosaggi più bassi. Infatti, sui dischetti trattati con 2.5 mg/mq di Cu metallo, si è evidenziata una perdita di efficacia (fino a -17%) sempre con brevissimi periodi di bagnatura (da 0.5 a 2 ore). Allo stesso dosaggio, bagnature uguali o superiori alle 3 ore non hanno influenzato la stabilità del rame mantenendo valori di efficacia simili a quelli senza bagnatura.

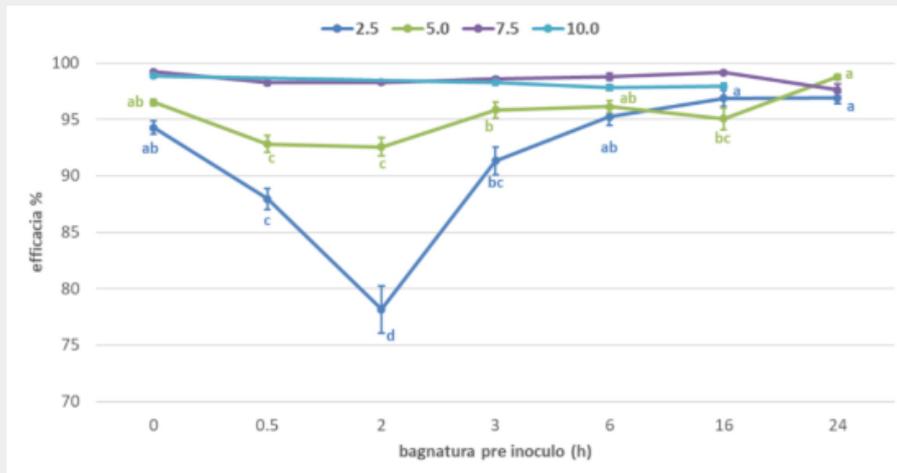


Figura 5 - Poltiglia bordolese, efficacia contro peronospora della vite in funzione del dosaggio di rame (2.5, 5.0, 7.5, 10.0 mg Cu/mq) applicato sui dischetti fogliari e della bagnatura pre inoculo. Lettere diverse indicano differenze significative tra le ore di bagnatura al medesimo dosaggio.

Analizzando la stabilità dell'efficacia antiperonosporica di una formulazione commerciale contenente ossicloruro di rame, abbiamo osservato il medesimo comportamento della poltiglia bordolese (Figura 6). In particolare, si è notata una leggera, ma significativa flessione dell'efficacia (-4.7%) con una bagnatura breve di 30 minuti già al dosaggio di 7.5 mg/mq. Come visto nel caso precedente, tale fenomeno si amplifica trattando la foglia con dosaggi inferiori di rame. Applicando la medesima durata di bagnatura su dischetti fogliari trattati con 5 e 2.5 mg/mq di rame ossicloruro in entrambi i casi ha comportato una perdita di efficacia pari al 13%. Bagnature di maggior durata (2 e 3 ore) sembrano aver ancora una certa influenza negativa sulla stabilità del rame, anche se con valori progressivamente minori. Giusto evidenziare che al dosaggio più basso (2.5 mg/mq) e con 3 ore di bagnatura, l'efficacia dell'ossicloruro contro peronospora si attesta all'87.4 ± 1.5% rispetto al 91.3 ± 1.2% della poltiglia bordolese. Pochi punti percentuali che durante la stagione e in condizioni difficili potrebbero risultare penalizzanti.

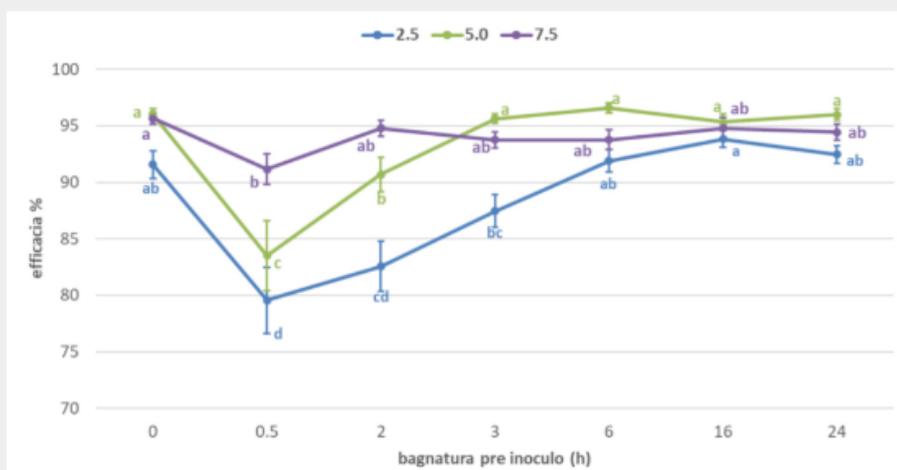


Figura 6 - Ossicloruro di rame, efficacia contro peronospora della vite in funzione del dosaggio di rame

(2.5, 5.0, 7.5 mg Cu/mq) applicato sui dischetti fogliari e della bagnatura pre inoculo. Lettere diverse indicano differenze significative tra le ore di bagnatura al medesimo dosaggio.

Il prodotto a base di rame idrossido applicato sui dischetti fogliari ha manifestato una protezione più stabile al fattore perturbativo della bagnatura fogliare in pre inoculo (Figura 7). Applicazioni con 7.5 mg Cu/mq hanno evidenziato un'elevata efficacia, la quale risulta molto stabile con bagnature comprese tra le 0.5 e 24 ore. Riducendo il dosaggio si intravede una certa flessione della protezione con bagnature più prolungate rispetto agli altri due sali rameici. Una copertura con 5.0 mg Cu/mq ha evidenziato una leggera perdita di efficacia (-2.8%) con una bagnatura di 6 ore. Bagnature di 3 e 16 ore sono state critiche per la stabilità del rame idrossido a 2.5 mg/mq con un calo dell'efficacia maggiore (7.9%) rispetto al dosaggio superiore, come evidenziato nei test con gli altri sali rameici.

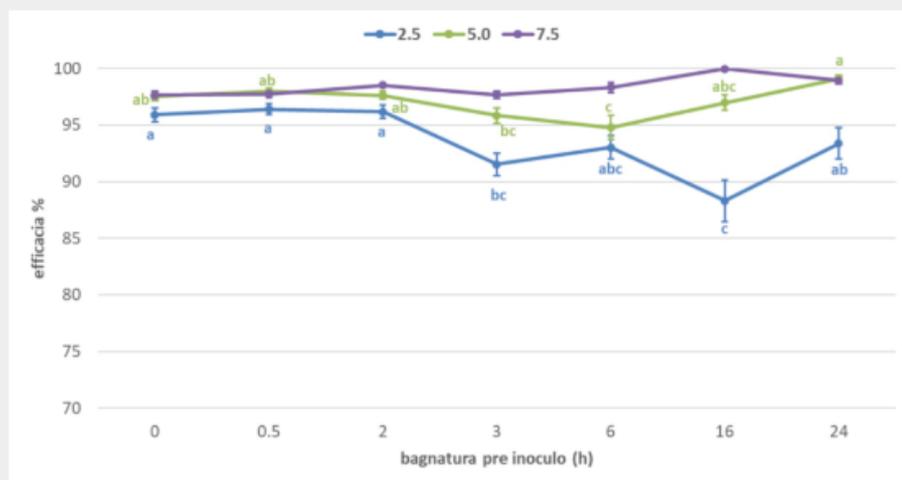


Figura 7 - Idrossido di rame, efficacia contro peronospora della vite in funzione del dosaggio di rame (2.5, 5.0, 7.5 mg Cu/mq) applicato sui dischetti fogliari e della bagnatura pre inoculo. Lettere diverse indicano differenze significative tra le ore di bagnatura al medesimo dosaggio.

Conclusioni

Nelle aree viticole in cui la peronospora della vite trova le condizioni ottimali per il suo sviluppo, il viticoltore è costretto ad attuare una protezione continua della vegetazione. Le attuali normative europee limitano i quantitativi di rame che si possono immettere nell'agroecosistema e si vede sempre più concreta la necessità di ricorrere a trattamenti fogliari con bassi dosaggi di questo metallo. Sebbene diversi studi dimostrino la buona attività del rame contro questo patogeno anche a dosi ridotte, sia in condizioni controllate che in condizioni reali (Heibertshausen et al. 2007; Hoffman et al. 2008; Dagostin et al. 2011; Cabùs et al. 2017; Battiston et al., 2019), talvolta si manifestano delle anomalie nella protezione della vegetazione le cui cause sono difficili da determinare. Ci sono cause note come il dilavamento, la crescita e distensione fogliare e la modalità di trattamento, ma anche cause finora non ritenute rilevanti. In questo lavoro si è voluto condurre uno studio sulla bagnatura fogliare come fattore di interferenza della stabilità dell'efficacia del rame.

Come esposto nei risultati, il tipo di sale rameico impiegato in condizioni ottimali influisce marginalmente sul livello di protezione della vegetazione rispetto al fattore dosaggio di applicazione. Questo lavoro dimostra come depositi di 2.5 mg Cu/mq possono assicurare una buona protezione, ma al contempo sono i più sensibili ai fattori esogeni. Questi accumuli potrebbero verificarsi con un'applicazione di 100 g/ha di rame metallo in condizioni ideali di distribuzione (Tabella 1). Inoltre, come dimostrato nel lavoro di Cabùs et al. (2017), i quantitativi apportati sulle lamine fogliari in condizioni di campo risultano molto variabili perché influenzati dalla posizione delle foglie nella chioma. Valori inferiori ai 2.5 mg/mq sono riscontrabili sulla vegetazione poco esposta anche con una applicazione di 500 g Cu/ha (Mescalchin et al., 2011). Se questa parziale copertura garantita dai bassi dosaggi di rame venisse interessata da una bagnatura fogliare tra il trattamento e la pioggia infettante, si potrebbero verificare dei cedimenti, anche importanti, dell'efficacia del rame.

Gli autori ipotizzano che una parte degli ioni rame venga rilasciata sulla cuticola durante la bagnatura e che in seguito, in fase di asciugatura, questa si ri-cristallizzi. In funzione della durata della bagnatura e del tipo di sale rameico impiegato, si potrebbero creare dei cristalli più o meno reattivi nella protezione dalla

successiva pioggia infettante. Nonostante ci sia l'evidenza che nel corso della stagione il rame si accumuli sulla vegetazione con valori superiori a 10 mg/mq (Mian et al., 2021), non è raro trovare un calo di protezione anche sulle foglie che hanno ricevuto più trattamenti. I valori ritrovati in diversi studi (Cabùs et al. 2017, Mian et al, 2021 e Sadeghian et al., 2022) si riferiscono al rame totale (determinato dopo lavaggio con acido nitrico) quindi non è possibile discriminare, con questa metodica, la frazione attiva da quella inattiva contro peronospora.

Se la quantità di rame utilizzabile in viticoltura verrà ulteriormente ridotta saranno necessari approfondimenti aggiuntivi sugli aspetti chimico-fisici dei sali di rame e la loro interazione con i fattori biotici, abiotici e sull'eventuale possibilità di valorizzare la frazione inattiva presente sulla vegetazione. L'agronomia rimane il cardine per la buona riuscita della difesa soprattutto in viticoltura biologica. La gestione della chioma, oltre a ridurre la pressione della malattia, consente una migliore uniformità di distribuzione, fondamentale per omogeneizzare l'apporto di rame sulla vegetazione riducendo al minimo il rischio di perdita di efficacia.

Bibliografia

Battiston, E., Antonielli, L., Di Marco, S., Fontaine, F., Mugnai, L. (2019). Innovative delivery of Cu(II) ions by a nanostructured hydroxyapatite: potential application in planta to enhance the sustainable control of *Plasmopara viticola*. *Phytopathology*, 109(5), 748-759.

Cabùs, A., Pellini, M., Zanzotti R., Devigili L., Maines, R., Giovannini, O., Mattedi, L., Mescalchin, E. (2017). Efficacy of reduced copper dosages against *Plasmopara viticola* in organic agriculture. *Crop Protection*, 96, 103-108. doi:10.1016/j.cropro.2017.02.002.

Dagostin, S., Schärer, H. J., Pertot, I., and Tamm, L. (2011). Are there alternatives to copper for controlling grapevine downy mildew in organic viticulture? *J. Crop Prot.*, 30, 776-788. doi:10.1016/j.cropro.2011.02.031.

Heibertshausen, D., Baus-Reichel, O., Hofmann, U., Kogel, K. H., Berkelmann-Loehnertz, B. (2007). Using copper in organic viticulture: Doing it best with less? The 3rd QLIF Congress. Hohenheim, Germany.

Hoffman, U., Heibertshausen, D., Baus-Reichel, O., Berkelmann-Loehnertz, B. (2008). Optimisation of downy mildew (*Plasmopara viticola*) control in organic viticulture with low copper doses, new copper formulations and plant strengtheners. Results of 20 years of on farm research. The 16th IFOAM Organic World Congress. Modena, Italy.

Mescalchin, E., Agabiti, B., Guerra, A., Bertoldi, D., Larcher, R., Gobber, M., Tonni, M., (2011). Come migliorare in vigneto la distribuzione di agrofarmaci. *Inf. Agrar.* 21/2011 5-8.

Mian, G., Comuzzo, P., Iacumin, L., Zanzotti, R., Celotti, E. (2021). Study to optimize the effectiveness of Copper treatments for a low impact viticulture. *INFOWINE*. doi: 10.53144/INFOWINE.EN.2021.06.05.4.

Pertot, I., Dagostin, S., Ferrari, A., Gobbin, D., Prodorutti, D., Gessler, C. (2007). La Peronospora della Vite. Istituto Agrario di San Michele all'Adige. *SafeCrop Centre*: 29-31.

Sadeghian, F., Mian, G., Comuzzo, P., Iacumin, L., Zanzotti, R., Giovannini, O., Trioli, G., Torracco, N. P., Celotti, E. (2022). A non-destructive method for quantifying Cu, monitoring its residues, and downy mildew incidence on grapevine leaves after the application of copper-based antifungals. In atti: IX Convegno Nazionale di Viticoltura – Conegliano (TV), 13-15 giugno 2022, 115.

Somers, E. (1963). The uptake of copper by fungal cells. *Annals of Applied Biology*, 51, 425-437. doi:10.1111/j.1744-7348.1963.tb03710.x.

Tiecher, T. L., Tiecher, T., Ceretta, C. A., Ferreira, P. A., Nicoloso, F. T., Soriani, H. H., De Conti, L., Kulmann, M. S. S., Schneider, R. O., Brunetto, G. (2017). Tolerance and translocation of heavy metals in young grapevine (*Vitis vinifera*) grown in sandy acidic soil with interaction of high doses of copper and zinc. *Scientia Horticulturae*, 222, 203-212.

Ringraziamenti

Cristina Micheloni e Stefano Bortolussi di AIAB Friuli-Venezia Giulia, Marco Chiusole della Fondazione Edmund Mach e Enzo Mescalchin per aver contribuito a vario titolo in questo lavoro.

Finanziamento

Attività realizzata all'interno del progetto INTAVIEBIO finanziato con il contributo del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Mis. 16.1.1 seconda fase (Progetto ID84250226408).