

CARATTERIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ FUNGICIDA DI DITHIANON NEI CONFRONTI DI *PLASMOPARA VITICOLA*

O. TAIBI, M. FURIOSI, F. SCAGLIA, V. ROSSI, T. CAFFI

DIPROVES - Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università Cattolica del
Sacro Cuore, via Emilia Parmense 84 - 29122 Piacenza
tito.caffi@unicatt.it

RIASSUNTO

Il dithianon è oggi disponibile per la difesa nei confronti di *Plasmopara viticola*, agente causale della peronospora della vite, in formulazione con altri p.a., come dimetomorf, fosfonato di potassio e mandipropamide, (a concentrazioni pari a 350, 125 e 250 g/l, rispettivamente). In questo lavoro, sono stati studiati alcuni aspetti del PMoA (*Physical Mode of Action*) di un nuovo formulato a base di dithianon (BASF) in sospensione concentrata (500 g/L) attualmente in fase di registrazione, che potrebbe collocarsi come prodotto di copertura in alternativa al rame e in sostituzione del mancozeb. L'attività pre- e post-infezionale, e antisporulante, come pure la resistenza al dilavamento, sono stati valutati per due stagioni su foglie e grappoli di piante di Merlot allevate in vaso in condizioni controllate. Il dithianon ha protetto le foglie dall'infezione fino a 9 giorni dopo il trattamento, senza un calo significativo della protezione, e fino a 7 giorni su grappolo, mantenendo comunque un'efficacia superiore al 60% fino a 11 giorni. Il prodotto, quando impiegato all'80% del periodo di incubazione, ha mostrato anche un'attività antisporulante del 70%. Esso ha, inoltre, evidenziato un'ottima resistenza al dilavamento, iniziando a subire un calo significativo della protezione solo con più di 40 mm di pioggia. I risultati ottenuti sono stati utilizzati per calibrare un modello che ha mostrato di simulare in modo corretto la dinamica di efficacia del prodotto in campo, anche in presenza di piogge di diversa intensità (7, 16 e 45 mm) e distribuzione temporale.

Parole chiave: peronospora della vite, protezione, modelli previsionali

SUMMARY

STUDY OF THE PMoA OF DITHIANON AND MODELLING ITS EFFECTIVENESS TOWARDS *PLASMOPARA VITICOLA*

Dithianon is nowadays available against *Plasmopara viticola*, the causal agent of grape downy mildew, combined with other active ingredients, such as dimetomorph, potassium phosphonate and mandipropamid, and at concentrations of 350, 125 and 250 g/l, respectively. In this work, some aspects of the PMoA (Physical Mode of Action) of a new commercial formulation based on dithianon (BASF) in concentrated suspension (500 g/L) currently under registration, which could be used as a protectant alternative solution to copper and to replace mancozeb. The pre- and post-infection, and antisporulant activity, as well as the wash-off resistance, were evaluated for two seasons on leaves and clusters of Merlot plants grown in pots under controlled conditions. Dithianon protected the leaves from infections up to 9 days after treatment, without a significant decrease in protection, and the bunches up to 7 days, but still maintaining efficacy level over 60% up to 11 days. When applied at 80% of the incubation period, this product also showed 70% antisporulant efficacy. Dithianon showed excellent resistance to wash-off, with a significant drop in protection only with more than 40 mm of rain. The results obtained were used to calibrate a model that correctly simulated the product efficacy in the field, even in the presence of rains of different intensity (7, 16 and 45 mm) and distribution.

Keywords: downy mildew, protection, fungicide efficacy, dynamic model, physical mode of action

INTRODUZIONE

La direttiva 128/2009/EC sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari ha reso di fatto obbligatoria l'applicazione della difesa integrata (IPM), sul territorio dell'Unione Europea. In conformità a questi principi, agenti di biocontrollo, prodotti di origine vegetale e induttori di resistenza sono di grande interesse per le strategie di difesa, così da limitare quanto più possibile l'impiego di prodotti di sintesi (Rossi, 2018). I fungicidi restano, comunque, uno strumento chiave nei programmi di produzione integrata.

Un uso sostenibile dei fungicidi non può però prescindere da una conoscenza approfondita delle loro caratteristiche e, in particolare del MoA (*Mode of Action*) e del PMoA (*Physical Mode of Action*). Il MoA è un concetto ben conosciuto e definisce la modalità (sito e meccanismo) di azione di una sostanza attiva nei confronti degli organismi bersaglio. Il PMoA è un aspetto meno noto del MoA, ma altrettanto importante. Esso, infatti, definisce tutte le caratteristiche che influenzano l'uso pratico del fungicida come: tipo di attività del fungicida in relazione all'interazioni pianta-patogeno; localizzazione del fungicida rispetto alla pianta; dinamica nel tempo del fungicida sulla superficie o nei tessuti vegetali; effetto (durata e grado di attività) del fungicida. La conoscenza del PMoA permette di meglio sfruttare le caratteristiche di un formulato commerciale, e ne consente il posizionamento ottimale all'interno di una strategia di difesa integrata o, più in generale, in corrispondenza delle fasi in cui può esplicare al meglio la sua efficacia nei confronti del patogeno *target* (Rossi e Caffi, 2019).

Negli ultimi anni si è assistito a una costante riduzione di principi attivi disponibili, cosicché numerosi prodotti e interi gruppi chimici non sono più a disposizione per la difesa delle colture agrarie, rendendo anche più difficili le strategie antiresistenza. A causa delle limitazioni sempre più stringenti per i fungicidi a base rameica, si cercano nuove soluzioni che permettano di sfruttare al meglio le caratteristiche di principi attivi già noti, di aumentarne l'adesività ai tessuti vegetali e, di conseguenza, la persistenza d'azione. Le nuove formulazioni cambiano vari aspetti del PMoA rispetto ai prodotti tradizionali, aspetti che, quindi, devono essere nuovamente valutati.

Il dithianon è oggi disponibile per la difesa antiperonosporica in formulazione con altri p.a., come dimetomorf, fosfonato di potassio e mandipropamide, a concentrazioni pari a 350, 125 e 250 g/L, rispettivamente. In questo lavoro, sono stati studiati alcuni aspetti del PMoA di un nuovo formulato commerciale a base di dithianon in sospensione concentrata (500 g/L) attualmente in fase di registrazione da parte della società Basf.

MATERIALI E METODI

Nelle stagioni 2020 e 2021, piante di *Vitis vinifera* varietà Merlot (sensibile alla peronospora), allevate in vaso e protette dalla pioggia da una tettoia mobile, nella piattaforma sperimentale del campus dell'Università Cattolica del Sacro Cuore (Piacenza), sono state suddivise in tre parcelle omogenee completamente randomizzate (7 piante per parcella).

Studio dell'attività pre-infezionale

Le piante in vaso sono state trattate in piena fioritura (fase 65 della scala di Lorenz et al., 1995) con il nuovo formulato di dithianon alla dose di 100 mL/hL (corrispondente alla dose di etichetta), utilizzando una pompa spalleggiata manuale Volpi e usando un volume normale fino a sgocciolamento. Altrettante piante sono state utilizzate come testimone non trattato, distribuendo solo acqua con le stesse modalità. Dopo 1, 3, 5, 7, 9 e 11 giorni dal trattamento sono state prelevate, in modo casuale, 15 foglie e grappoli (o porzioni di grappoli) da entrambe le tesi (trattato e testimone). Il materiale vegetale è stato utilizzato per ottenere 15 dischetti fogliari (25 mm Ø) e 15 racimoli (ciascuno composto da 5-7 bacche), che sono stati collocati in piastre Petri su carta bibula imbibita di acqua distillata sterile; i dischetti fogliari sono stati posti

con la pagina inferiore rivolta verso l'alto. Il materiale è stato quindi inoculato con una sospensione di sporangi di *P. viticola*, con una concentrazione pari a 10^4 sporangi/mL. Per le foglie, si è proceduto a deporre 4 gocce di sospensione (ognuna da 10 μ L) sulla pagina inferiore di ciascun dischetto fogliare; per i racimoli, si è provveduto a nebulizzare con una spruzzetta manuale di precisione 40 μ L di sospensione su ciascun racimolo. Le piastre sono state quindi sigillate con Parafilm per creare delle camere umide e poste in termostato a 20°C, fotoperiodo di 12 ore, per 7 giorni. Al termine di questo periodo, i dischetti fogliari e i racimoli sono stati attentamente osservati tramite stereoscopio bifocale per contare il numero dei siti d'infezione sporulanti.

Studio dell'attività post-infezionale e anti-sporulante

Dalle piante in vaso del testimone non trattato sono state prelevate, in modo casuale, 15 foglie che non presentavano alcun sintomo di peronospora, da cui sono stati ottenuti 100 dischetti fogliari (25 mm Ø), poi posti in piastre Petri come descritto in precedenza. I dischetti sono stati inoculati ciascuno con 4 gocce di 10 μ L di una sospensione di sporangi di *P. viticola* (10^4 sporangi/mL) e posti in termostato a 20°C, fotoperiodo di 12 h. Dopo 1, 3, 6, 12 e 24 ore dall'inoculazione per valutare l'attività post-infezionale, e dopo 96 ore per valutare quella anti-sporulante, 15 dischetti fogliari sono stati trattati con il nuovo formulato alla dose di etichetta e quindi posti a incubare fino alla comparsa dei sintomi. Lo stesso numero di dischetti fogliari è stato trattato con sola acqua e impiegato come controllo non trattato. Al termine del periodo di incubazione, i dischetti fogliari sono stati attentamente osservati per contare il numero dei siti d'infezione sporulanti.

Studio della resistenza al dilavamento

L'impianto sperimentale è stato simile a quello descritto per le prove di attività pre-infezionale, con piante trattate e non trattate. Dopo 24 ore dal trattamento, le piante sono state sottoposte a una pioggia dilavante artificiale pari a 10, 20, 40, 60 e 80 mm. Le piogge sono state ottenute grazie ad un impianto d'irrigazione costituito da 13 ugelli, ciascuno con portata di 1,9 L/h (Gardena, Husqvarna Italia), caratterizzati da diversa modalità di erogazione dell'acqua (*sprinkler*, *moisting* e sgocciolante), in modo da creare una pioggia con gocce di varie dimensioni (0,5-2 mm di Ø). Gli ugelli sono agganciati a una struttura a tunnel posta a 2 m di altezza, così da creare una zona "bersaglio" di 9 m² a terra, dove sono state collocate le piante in vaso. Dopo ogni pioggia, sono state prelevate, in modo casuale, 15 foglie dalle piante di ciascuna tesi e ottenuti 15 dischetti fogliari. I dischetti fogliari sono stati manipolati come nella prova di attività pre-infezionale, fino al conteggio del numero dei siti d'infezione sporulanti.

Analisi dei dati e calibrazione del modello

Per ciascun esperimento, è stato calcolato l'indice di gravità (ovvero il rapporto tra i siti d'infezione sporulanti e quelli totali, che varia da 0 = sano a 1 = tutti i siti d'infezione sporulanti) sia per le foglie/racimoli trattati che per i non trattati; è stata poi calcolata l'efficacia del trattamento secondo Abbott (1925). I valori dell'indice di gravità sono stati convertiti con la funzione arcoseno prima di essere sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) a una via; il fattore anno è stato considerato come replica, dato che, in un'analisi preliminare, non è risultato significativo. Il test *Least Significant Differences* (LSD) è stato utilizzato per separare le medie con $\alpha = 0,05$.

I dati ottenuti con le prove in ambiente controllato sono stati impiegati per calibrare il modello per la persistenza d'azione dei fungicidi recentemente pubblicato da Caffi e Rossi (2018) e utilizzato nel sistema di supporto alle decisioni vite.net[®] (Rossi et al., 2014a). Questo modello permette di stimare, giorno per giorno, l'efficacia residua dell'ultimo trattamento effettuato in base al prodotto utilizzato, alla dose d'impiego, all'andamento meteorologico e allo sviluppo della chioma di vite. Il modello è stato in precedenza calibrato e validato per prodotti a base di

idrossido e ossicloruro di rame (Caffi e Rossi, 2018), come pure per un fungicida a base terpenica contenente idrossido di rame (Bove et al., 2020); per i prodotti a base di dithianon, il modello usa informazioni reperibili in letteratura. Il modello calcola l'efficacia residua secondo la formula:

$$Eft = EF0 / (1 + \alpha \times \exp(\beta \times (t + (\sum Rain \times P / R) + (Bt - B0) / B)))$$

dove EFt = efficacia del fungicida al tempo t dopo l'applicazione, EF0 = efficacia del fungicida al momento dell'applicazione, α = fattore di tenacità, β = tasso di riduzione dell'efficacia, $\sum Rain$ = sommatoria delle piogge dal momento dell'applicazione al tempo t (mm), P = persistenza del fungicida in assenza di pioggia (in giorni); R = quantità di pioggia che causa il completo dilavamento del fungicida (in mm), B0 = biomassa vegetale al momento dell'applicazione, Bt = biomassa vegetale al tempo t, e B = aumento di biomassa vegetale che causa la completa perdita di efficacia del fungicida (Caffi e Rossi, 2018). I dati degli esperimenti condotti in vaso durante questo studio sono stati utilizzati per parametrizzare α e β .

Validazione in campo

Il fungicida a base di dithianon è stato applicato nel vigneto sperimentale (varietà Merlot) del campus dell'Università Cattolica di Piacenza e confrontato con un testimone non trattato; i trattamenti sono stati eseguiti in tre fasi fenologiche del 2020: grappolini visibili, piena fioritura e pre-chiusura grappolo (BBCH 57, 65 e 79 rispettivamente). I trattamenti sono stati effettuati con l'attrezzatura aziendale, alla dose di etichetta, con volume d'acqua pari a 450 L/ha. Dopo 1, 3, 6, 9 e 11 giorni da ciascun trattamento, 15 foglie sono state campionate casualmente, portate in laboratorio e inoculate con *P. viticola* come descritto in precedenza, così da quantificare l'efficacia del fungicida nelle condizioni del vigneto al momento del prelievo delle foglie. I risultati ottenuti sono stati confrontati con i valori di efficacia simulati dal modello tramite la regressione lineare.

RISULTATI

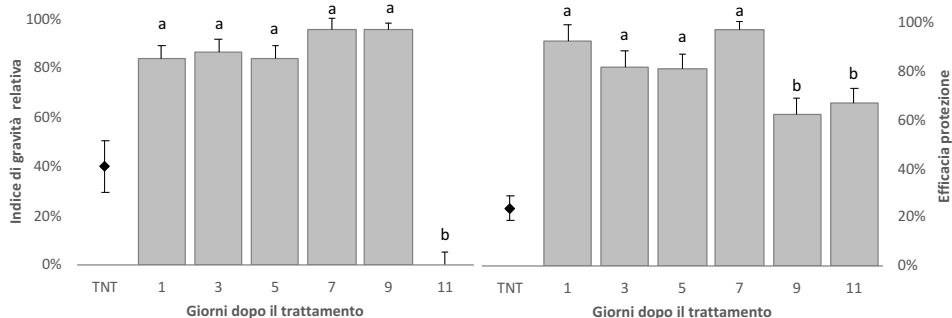
Attività pre-infezionale

Nelle prove in vaso, le tesi (trattato e non trattato) hanno mostrato differenze significative in termini di gravità, come media dei giorni dopo il trattamento sia sulle foglie ($P < 0,001$) che sui racimoli ($P = 0,011$); la gravità della malattia nei testimoni non trattati è risultata variabile, ma sempre sufficiente per una valutazione attendibile delle caratteristiche del fungicida (figura 1).

Anche l'interazione tra le tesi e i giorni è risultata significativa sia per foglie che per grappoli ($P < 0,001$) (figura 1). L'efficacia pre-infezionale del dithianon su foglia è risultata superiore all'85% fino a 9 giorni dopo il trattamento (in assenza di piogge), mentre è risultata pari a zero al giorno 11 (figura 1). Su grappolo, invece, l'efficacia preventiva del prodotto è rimasta stabilmente superiore all'80% nei primi 7 giorni, senza differenze significative tra i giorni, mentre al nono e undicesimo giorno è scesa al 60% (figura 1).

Figura 1. Gravità relativa dell'infezione di *Plasmopara viticola* (numero di siti d'inoculazione sporulanti rispetto al numero totale di siti inoculati) nel testimone non trattato (diamante nero) su foglia (a sinistra) e grappolo (a destra), ed efficacia media della protezione offerta dal dithianon in applicazioni pre-infezionali a 1, 3, 5, 7, 9 e 11 giorni dall'inoculazione.

I baffi rappresentano l'errore standard. Lettere diverse nei diversi giorni indicano differenze significative ($P < 0,05$) al test LSD per i trattamenti post-infezionali; tutti i trattamenti sono risultati significativamente diversi dal testimone non trattato ($P < 0,001$).

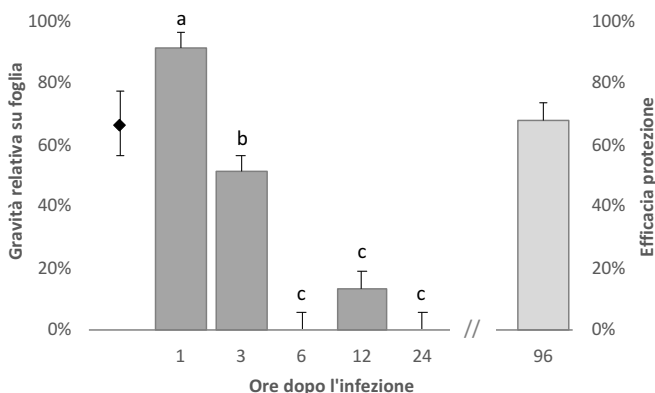


Attività post-infezionale e antisporulante

Le tesi hanno mostrato differenze significative in termini di indice di gravità relativa dopo il trattamento post-infezionale nelle diverse ore dopo l'infezione su foglia ($P < 0,001$). Anche l'interazione tra tesi e ore dall'infezione è risultata significativa ($P < 0,001$), indicando una variazione della protezione fornita dal prodotto con il passare del tempo. La gravità della malattia nei testimoni non trattati è risultata variabile, ma sufficiente per una valutazione delle caratteristiche del fungicida (figura 2).

L'efficacia post-infezionale del prodotto è risultata superiore al 90% un'ora dopo l'infezione, calando in modo significativo dopo 3 ore, ulteriormente dopo 6 e non mostrando più differenze significative a 12 e 24 ore (figura 2). L'effetto antisporulante è stato studiato con il trattamento dopo 96 h dall'inoculazione, ovvero all'80% circa del periodo di incubazione, e ha evidenziato un'efficacia media pari al 68% (figura 2).

Figura 2. Gravità relativa dell'infezione di *Plasmopara viticola* (numero di siti d'inoculazione sporulanti rispetto al numero totale di siti inoculati) nel testimone non trattato (diamante nero) su foglia, ed efficacia media della protezione offerta dal dithianon in applicazioni post-infezionali (barre grigio scuro) a 1, 3, 6 12 e 24 ore dopo l'inoculazione, e in applicazione antisporulante (barra grigio chiaro) a 96 ore dall'inoculazione. I baffi rappresentano l'errore standard. Lettere diverse nei diversi giorni indicano differenze significative ($P < 0,05$) al test LSD per i trattamenti post-infezionali; tutti i trattamenti sono risultati significativamente diversi dal testimone non trattato ($P < 0,001$).

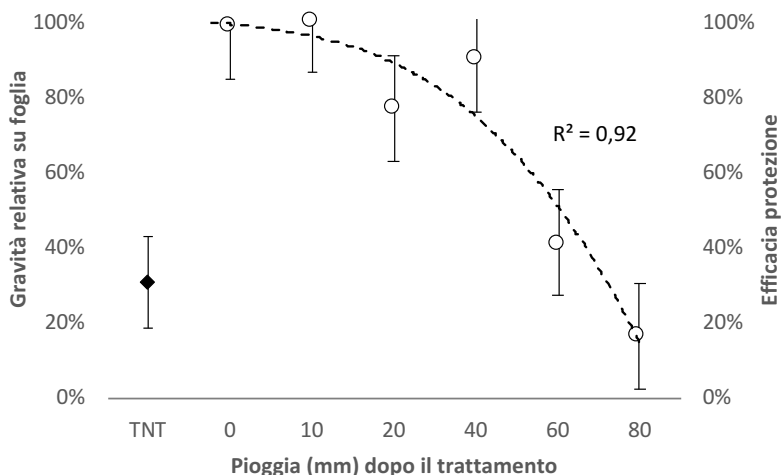


Resistenza al dilavamento

Le tesi hanno mostrato differenze significative ($P < 0,001$) in termini di gravità relativa della malattia dopo che le foglie erano state esposte a piogge artificiali fra zero e 80 mm il giorno successivo al trattamento, così come l'interazione tra i due fattori ($P < 0,001$). Anche in questo caso, la gravità della malattia nei testimoni non trattati è risultata variabile, ma sufficiente per una valutazione delle caratteristiche del fungicida (figura 3).

L'efficacia maggiore del fungicida è stata osservata, come atteso, in assenza di pioggia e con pioggia dilavante di 10 mm (figura 3); l'efficacia è poi diminuita in modo non lineare all'aumentare della quantità di pioggia e, dopo una pioggia artificiale di 80 mm, l'efficacia del fungicida è stata mediamente del 20% (figura 3). La curva di regressione rappresentata dalla linea tratteggiata in figura 3 interpreta la tenacità del dithianon, ovvero la resistenza al dilavamento del fungicida ($R^2 = 0,92$).

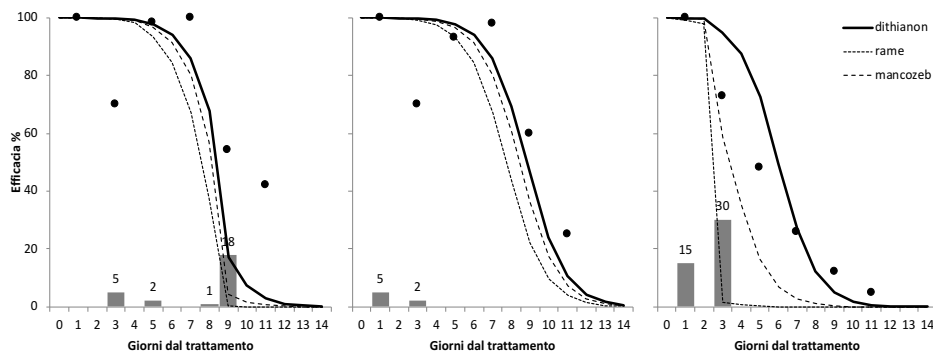
Figura 3. Gravità relativa dell'infezione di *Plasmopara viticola* (numero di siti di inoculazione sporulanti rispetto al numero totale di siti inoculati) nel testimone non trattato (diamante nero) su foglia, ed efficacia media della protezione offerta dal dithianon dopo piogge di diverse entità. I baffi rappresentano l'errore standard. La linea tratteggiata rappresenta la curva di regressione dei dati (R^2 è il coefficiente di determinazione).



Validazione in campo

Il modello che simula la dinamica di protezione fungicida, opportunamente calibrato per il formulato a base di dithianon in base ai dati di cui alle sezioni precedenti, è stato validato in vigneto in tre fasi fenologiche (figura 4); le simulazioni sono state quindi confrontate con i dati osservati. La simulazione è risultata, nei tre casi, molto accurata, in presenza di piogge di diversa intensità (7, 16 e 45 mm) e distribuzione temporale. Il coefficiente di determinazione (R^2) della retta di regressione nel confronto tra i dati osservati e quelli simulati dal modello è risultato pari a 0,94; il modello calibrato, quindi, ha interpretato correttamente la dinamica della protezione e la resistenza al dilavamento di dithianon (figura 4).

Figura 4. Validazione del modello di efficacia del formulato a base di dithianon. I grafici mostrano la dinamica di protezione (linea piena) in tre diverse fasi fenologiche del 2020 (da sinistra a destra, BBCH 57, 65 e 79): i punti rappresentano i dati osservati, le barre grigie le piogge. Le linee con puntini e tratteggio rappresentano l'efficacia simulata dal modello per rame (Caffi e Rossi, 2018) e per mancozeb (con una soglia di dilavamento pari a 40 mm; Chatzidimopoulos et al., 2017).



DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La sperimentazione ha permesso la caratterizzazione del PMoA del preparato commerciale a base di dithianon. Il prodotto ha dimostrato un'elevata efficacia pre-infezionale, proteggendo le foglie dall'infezione da parte di *P. viticola* fino a 9 giorni, senza un calo significativo della protezione. Anche sui grappoli, il prodotto ha mostrato un calo della protezione solo dopo 7 giorni, mantenendo comunque un'efficacia superiore al 60% fino a 11 giorni.

Il prodotto, quando impiegato all'80% del periodo di incubazione, ha mostrato anche una certa attività antisporulante. Infatti, applicato 96 ore dopo l'infezione ha ridotto la sporulazione in modo significativo con un'efficacia del 70%. Inoltre, ha mostrato un'ottima resistenza al dilavamento, con una tenacità più alta rispetto a fungicidi rameici (Pellegrini et al., 2010; Caffi e Rossi, 2018; Bove et al., 2020) e alla soglia di dilavamento posta a 40 mm per il dithianon tradizionale (Chatzidimopoulos et al., 2017).

Infine, l'efficacia post-infezionale del prodotto è risultata limitata alla prima ora dopo l'inoculazione, quando probabilmente le zoospore non hanno ancora completamente penetrato i tessuti vegetali, decadendo rapidamente già dopo 3 ore.

Complessivamente, il nuovo prodotto di copertura a base di solo dithianon - che è in fase di registrazione per l'utilizzo contro la peronospora della vite - può rappresentare una soluzione interessante per sostituire i p.a. revocati (come il mancozeb) e come alternativa al rame nelle strategie anti-resistenza.

Gli studi sul PMoA consentono di evidenziare le caratteristiche e i pregi di un prodotto e, al contempo, i suoi limiti. Ne risulta la possibilità di utilizzare al meglio il prodotto, impiegandolo nei periodi in cui meglio le proprie potenzialità. Gli studi in corso presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore mirano ad acquisire queste conoscenze su un'ampia gamma di prodotti fitosanitari, così da permettere il miglior inserimento nelle strategie di difesa integrata e un miglioramento della protezione e della sostenibilità.

I dati raccolti in prove di PMoA permettono inoltre di calibrare per ciascun formulato i modelli sulla dinamica dell'attività fungicida (Caffi e Rossi, 2018). Il risultato pratico più

immediato è quello di fornire informazioni precise, tempestive e puntuali agli agricoltori e, in generale, agli operatori responsabili del processo decisionale per l'esecuzione dei trattamenti di difesa. Infatti, le decisioni tattiche sull'esecuzione di un trattamento dipendono da vari fattori di rischio: i) il rischio d'infezione (che può essere stimato da modelli epidemiologici), ii) la suscettibilità fenologica della coltura (che può pure essere simulata da modelli di crescita della coltura o valutata in campo), e iii) l'efficacia residua del precedente trattamento (che può essere stimata da un modello come quello discusso in questo lavoro).

Questi aspetti possono poi essere integrati in sistemi di supporto alle decisioni (DSS), sistemi informatici che stanno assumendo sempre maggiore importanza e diffusione, come ad es. vite.net. In particolare, la calibrazione puntuale di ogni nuovo formulato permette di mettere a disposizione dei viticoltori uno strumento in grado di fornire informazioni precise per la gestione della difesa.

LAVORI CITATI

- Abbott W. S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 2, 265-267
- Bove F., Caffi T., Rossi V., Languasco L., 2020. Studio del PMoA di un fungicida rameico e modellizzazione della sua efficacia verso *Plasmopara viticola* in vigneto. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 137-142
- Caffi T., Rossi V., 2018. Fungicide models are key components of multiple modelling approaches for decision-making in crop protection. *Phytopathologia Mediterranea*, 57, 1, 153–169 DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-22471
- Chatzidimopoulos M., Lioliopoulou F., Sotiropoulos T., Vellios E., 2020. Efficient Control of Apple Scab with Targeted Spray Applications. *Agronomy* 10, 2, 217. DOI: 10.3390/agronomy10020217
- Lorenz D. H., Eichhorn K. W., Bleiholder H., Klose R., Meier U., Weber E., 1995. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)- Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1, 100-103
- Pellegrini A., Prodanutti D., Frizzi A., Gessler C., Pertot I., 2010. Development and evaluation of a warning model for the optimal use of copper in organic viticulture. *Journal of Plant Pathology*, 92, 1, 43-55
- Rossi V. 2018. I prodotti naturali cambiano la difesa. *VVQ*, 5, 28
- Rossi V., T. Caffi, and F. Salinari, 2012. Helping farmers face the increasing complexity of decision-making for crop protection. *Phytopathologia Mediterranea* 51, 457–479
- Rossi V., Salinari F., Poni S., Caffi T., Bettati T., 2014a. Addressing the implementation problem in agricultural decision support systems: the example of vite.net®. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 88-99
- Rossi V., Caffi T., Legler S. E., Carotenuto E., Bigot G., 2014b. Large-scale application of a web-based decision support system for sustainable viticulture. *IOBC WPRS Bulletin* 105, 129-136
- Rossi V., Sperandio G., Caffi T., Simonetto A., Gilioli G., 2019. Critical success factors for the adoption of decision tools in IPM. *Agronomy*, 9, 710
- Rossi V., Caffi T., 2019. In una goccia di fungicida un mondo di conoscenze. *Terra e vita*, 16, 76-79