

VALUTAZIONE DELL'ATTIVITÀ CURATIVA DI FUNGICIDI CONTRO LA PERONOSPORA DEL POMODORO (*PHYTOPHTHORA INFESTANS*)

A. BRUNELLI, M. FABBRI, M. PAGANELLI, P. VENTURI, M. COLLINA
 Dipartimento di Scienze e Tecnologie agroalimentari – Alma Mater Studiorum
 Università di Bologna - Viale G. Fanin 40, 40127 Bologna
 agostino.brunelli@unibo.it

RIASSUNTO

In verifiche sperimentali condotte in ambiente controllato di serra è stata valutata l'attività curativa di diversi fungicidi contro la peronospora del pomodoro (*Phytophthora infestans*). Si è operato su giovani piante di pomodoro singole in vaso var Marmande allo stadio di 4-6 palchi fogliari, inoculate con una sospensione in acqua di sporangi di *P. infestans* (30.000/mL), quindi immerse per 16 ore in camera umida e, diversi tempi dopo l'inoculazione (da 15 a 45 ore), trattate una volta manualmente con nebulizzatore ad aria compressa. Le piante erano poi mantenute in celle di vetro a illuminazione naturale, alla temperatura di circa 20 °C, 60-70% UR. Dalla manifestazione dei primi sintomi (3-4 giorni dopo l'inoculazione) sono stati eseguiti 3/4 rilievi a intervalli di un giorno, valutando su ciascuna pianta la percentuale di superficie fogliare danneggiata (avvizzita). I formulati a base di cymoxanil (da solo e in miscela con propamocarb), metalaxyl-M (in miscela con mancozeb o folpet o rame), pyraclostrobin + dimethomorph, oxathiapiprolin sono apparsi quelli più efficaci, spesso con un livello di protezione totale, e gli unici a impedire l'avvizzimento completo delle piante. La miscela estemporanea pyraclostrobin + dimethomorph alle stesse dosi non ha confermato l'efficacia della miscela pronta. Un'attività curativa buona, ma complessivamente inferiore, è stata mostrata da benalaxyl e benalaxyl-M, in miscela con mancozeb o rame o folpet. Tutti gli altri prodotti hanno rallentato in maniera più o meno marcata la manifestazione dei sintomi ma non sono apparsi in grado di arrestare l'avvizzimento progressivo delle piante, con una efficacia relativamente maggiore osservata per azoxystrobin.

Parole chiave: *Lycopersicon esculentum*, attività post-infezionale, antiperonosporici

SUMMARY

EVALUATION OF POST-INFECTION ACTIVITY OF SEVERAL FUNGICIDES AGAINST TOMATO LATE BLIGHT (*PHYTOPHTHORA INFESTANS*)

The curative activity of the main fungicides available in Italy for the control of late blight (*Phytophthora infestans*) was evaluated in green-house tests on tomato (*Lycopersicon esculentum*). Young potted plants cv. Marmande at growth stage of 4 to 6 leaves were inoculated with sporangia of *P. infestans* (3×10^4 /mL), sprayed with hand nebulizer 16 to 45 hours after and then kept in air conditioned room at about 20 °C and 60-70% RH, with natural light. Starting from at appearance of the first symptoms (3-4 days after the inoculation), the percentage of leaf blighted area was assessed for each plant 3-4 times at daily intervals. The formulated products based on cymoxanil (alone and in ready mixture with propamocarb), metalaxyl-M (ready mixture with mancozeb or folpet or copper), dimethomorph + pyraclostrobin (ready mixture), oxathiapiprolin resulted the most effective and the only ones able to prevent the blighting of plants. The thank mixture of dimethomorph and pyraclostrobin did not confirm the efficacy shown by the ready mixture. Benalaxyl and benalaxyl-M in ready mixture with mancozeb or folpet or copper showed good, but lower, curative activity. All other products did not prevent, at various extent, the progressive blighting of plants.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, curative activity

INTRODUZIONE

L'attività curativa (cioè la capacità di arrestare lo sviluppo di un patogeno dopo l'inizio del processo infettivo all'interno dei tessuti vegetali) è un aspetto importante ma controverso del profilo fitoiatrico dei fungicidi.

L'introduzione di tale caratteristica fisica, avvenuta compiutamente intorno al 1970 con i prodotti benzimidazolici, è stata accolta con grande interesse in quanto ha aumentato la flessibilità d'impiego dei fungicidi, fino ad allora limitata all'azione di copertura e quindi esclusivamente preventiva. Le possibilità di intervenire in maniera curativa si sono ampliate, una decina di anni dopo, con la messa a punto dei primi antiperonosporici penetranti e sistemici, che hanno determinato, specialmente in Italia, uno spiccato interesse per la lotta anche curativa, soprattutto sulla peronospora della vite. Ulteriori motivi di interesse sono derivati dalla successiva introduzione di numerosi altri prodotti antiperonosporici penetranti, anche se la progressiva emergenza del problema della resistenza da parte dei patogeni, insieme alla consapevolezza del maggior rischio derivante dagli interventi curativi, hanno progressivamente diminuito l'orientamento per questo tipo di lotta.

Peraltro, l'attività curativa dei fungicidi, presumibilmente ben indagata durante la messa a punto dei prodotti da parte delle società agrofarmaceutiche, ha trovato scarso spazio a livello bibliografico. In particolare pochi sono i contributi sperimentali reperibili per la peronospora del pomodoro (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary): a parte sporadici lavori al riguardo dedicati a singole molecole come benthiavalicarb (Miyake et al., 2005) e il recente oxathiapiprolin (Cohen et al., 2018), alcune esperienze provengono dall'Italia, con un contributo preliminare in ambiente controllato del 2008 (Bugiani et al., 2010) e uno successivo, sempre in serra, dedicato a un'ampia gamma di prodotti, applicati 24 ore dopo l'inoculazione (Pirondi et al., 2017). Nella stessa linea si inserisce il presente contributo in cui, partendo dai risultati di quest'ultimo lavoro, sono proseguite le verifiche sull'attività curativa degli stessi ed altri prodotti antiperonosporici sulla peronospora del pomodoro.

MATERIALI E METODI

Si è operato con giovani piante di pomodoro var. Marmande coltivate singolarmente in vasetti di plastica (diametro 12 cm, altezza 15 cm, substrato costituito da un misto di torba e terreno di medio impasto), allo stadio di 4-6 palchi fogliari. Le piante venivano inoculate artificialmente con una sospensione in acqua di sporangi di *P. infestans* (30.000/mL) nebulizzata sulla pagina inferiore delle foglie con spruzzatore manuale. Gli sporangi erano prelevati da foglie di pomodoro di fresca sporulazione, appositamente inoculate 4-5 giorni prima con un ceppo di *P. infestans* selezionato per la sua sensibilità a tutte le categorie di prodotti da saggiare e riprodotto continuamente su foglie di pomodoro. Dopo l'inoculazione le piante erano mantenute per circa 16 ore in camera umida, alla temperatura di circa 20 °C, lasciate asciugare e trattate manualmente, con nebulizzatore alimentato ad aria compressa, una sola volta a diversi tempi (da 15 a 45 ore), quindi trasferite in celle di vetro condizionate (temperatura di 20-22 °C, UR 60-70%), con illuminazione naturale. Solo in alcune prove la temperatura è stata mantenuta leggermente più bassa (16-20 °C, vedi capitolo dei risultati). A partire dalla manifestazione dei primi sintomi della malattia (inizio alterazione dei tessuti fogliari), 3-4 giorni dopo l'inoculazione, si procedeva giornalmente per 3-4 volte a valutare su ogni singola pianta la percentuale di superficie fogliare alterata e/o avvizzita.

I dati sono stati elaborati attraverso l'analisi della varianza (Anova), confrontando poi i valori medi con il test di Duncan (con $p \leq 0,05$).

Sono stati saggiati i principali formulati disponibili in Italia per la difesa dalla peronospora del pomodoro, contenenti almeno una sostanza attiva considerata penetrante (tabella 1). I

formulati sono stati generalmente utilizzati alle dosi di etichetta, tranne alcuni casi in cui la dose è stata modificata a fini sperimentali.

Tabella 1. I prodotti utilizzati nelle diverse prove

Formulato	Sostanza attiva	Form.	Concentrazione
Ridomil Gold R WG	Metalaxyl-M + rame ossicloruro	WG	2 + 14,19 %
Ridomil Gold MZ	Metalaxyl-M + mancozeb	WG	3,9 + 64 %
Ridomil Gold Combi	Metalaxyl-M + folpet	WG	4,85 + 40 %
Galben R 4.33 Blu	Benalaxyl + rame ossicloruro	WP	4 + 33 %
Fantic M	Benalaxyl-M + mancozeb	WP	4 + 65 %
Fantic F	Benalaxyl-M + folpet	WG	3,75 + 48 %
Quantum MZ	Dimethomorph + mancozeb	WG	9 + 60 %
Forum 50 WP/Quantum	Dimethomorph	WP/WG	50 %
Pergado SC	Mandipropamid	SC	250 g/L
Pergado MZ	Mandipropamid + mancozeb	WG	5 + 60 %
Melody Med	Iprovalicarb + mancozeb	WP	6 + 60 %
Valbon	Benthiavalicarb + mancozeb	WG	1,75 + 70 %
Valis M	Valifenalate + mancozeb	WG	6 + 60 %
Cabrio Duo	Pyraclostrobin + dimethomorph	EC	40 + 72 g/L
Enervin Duo	Ametoctradin + dimethomorph	SC	300 + 225 g/L
Presidium One	Zoxamide + dimethomorph	SC	180 + 180 g/L
Lieto	Cymoxanil + zoxamide	SC	29,4 + 37,6 g/L
Curzate DF/Vitene Ultra SC	Cymoxanil	WG/SC	40 %/225 g/L
Proxanil SC	Cymoxanil + propamocarb	SC	50 + 400 g/L
Previter	Propamocarb	L	722 g/L
Ranman Top	Cyazofamid	SC	160 g/L
Gachinko	Amisulbrom	SC	200 g/L
Ortiva	Azoxystrobin	SC	250 g/L
Cabrio WG	Pyraclostrobin	WG	20 %
Zorvec Enicade	Oxathiapiprolin	OD	100 g/L
Aliette	Fosetyl-aluminium	WG	80 %

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prima di esaminare i risultati emersi dalle varie prove si ritiene opportuno fornire alcune precisazioni in merito alla metodologia sperimentale adottata, tenendo conto delle esperienze fatte in questo e altri cicli di verifiche con lo stesso sistema pianta/patogeno.

Infatti l'utilizzo di giovani piante di pomodoro, se da un lato rende più agevoli e affidabili le operazioni sperimentali (inoculazioni, trattamenti, rilievi), dall'altro favorisce la nota capacità distruttiva di *P. infestans*, accentuando i danni sulla vegetazione di una eventuale non totale protezione da parte dei prodotti. Ciò può creare difficoltà per la ripetibilità dei risultati, in quanto anche minime variazioni nelle diverse fasi operative possono modificare in maniera significativa e molto più che proporzionale la risposta della pianta all'infezione, valutata soprattutto in termini di percentuale di avvizzimento e non di superficie fogliare effettivamente attaccata. Una variabile molto importante è da considerare anche la

temperatura, che pur programmata su 20 °C, a causa delle condizioni di luce naturale si è portata spesso verso 21-22 °C, velocizzando la durata dell'incubazione. A tali problemi si è cercato di ovviare aumentando il numero delle verifiche; inoltre, in alcune prove la temperatura è stata abbassata di alcuni gradi, come già ricordato.

I risultati delle verifiche sono stati raggruppati in base ai tempi intercorsi fra inoculazione e trattamento, in modo da agevolare l'interpretazione dei risultati.

Una prima serie di verifiche si riferisce al tempo di 24 ore (tabelle 2, 3, 4).

Esaminando le prove A e B (tabella 2), si può osservare come tutti i formulati saggiati siano stati in grado di ostacolare in maniera più o meno marcata il processo infettivo, come si può desumere dal confronto con la tesi testimone nel primo rilievo (a 3 giorni dall'inoculazione), in cui il danno alle piante non trattate era già piuttosto grave. Peraltro, il più o meno rapido avvizzimento delle piante nei due rilievi successivi dimostra che i prodotti hanno svolto una diversa attività di blocco o rallentamento dello sviluppo del patogeno nei tessuti.

Tabella 2. Risultati dei rilievi delle prove A e B: trattamento 24 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato	Dose/hL formulato	Prova A			Prova B		
		% superficie fogliare avvizzita a 3, 4, 5 giorni da inoculazione					
		3 g.	4 g.	5 g.	3 g.	4 g.	5 g.
Testimone n. t.	-	75,6 a*	97,5 a	100 a	82,5 a	98,8 a	100 a
Ridomil Gold Mz	250 g	0 f	0 g	0 g	0 f	0 g	0 g
Fantic M	250 g	0 f	0 g	0,63 g	0 f	0 g	15,6 f
Pergado Mz	250 g	0 f	21,9 f	57,5 f	0 f	41,9 f	72,5 d
Quantum Mz	220 g	26,3 d	93,8 a	96,9 ab	40,6 c	93,1 abc	98,1 a
Melody Med	250 g	30,6 cd	92,5 a	95,6 ab	63,8 b	97,5 ab	98,8 a
Valbon	200 g	8,13 e	77,5 b	93,8 abc	40,6 c	88,8 abc	96,3 a
Valis M	250 g	35,6 c	93,1 a	99,4 ab	64,4 b	94,4 abc	97,5 a
Enervin Duo	80 mL	1,25 f	36,3 e	66,3 e	24,4 d	86,3 bcd	95 a
Cabrio Duo	250 mL	0 f	0 g	0 g	0 f	0 g	1,88 g
Cabrio WG	50 g	66,3 b	96,3 a	98,8 ab	79,4 a	95 abc	98,8 a
Ortiva	100 mL	0 f	17,5 f	86,3 cd	0 f	39,4 f	80,6 cd
Ranman Top	50 mL	0 f	60 c	91,9 bcd	10,6 e	82,5 de	92,5 ab
Curzate DF	31,5 g	0 f	0 g	0 g	0 f	0 g	4,38 g
Proxanil SC	250 mL	0 f	0 g	0 g	0 f	0 g	0 g
Previter	250 mL	0 f	1,25 g	3,75 g	0 f	3,75 g	30 e
Aliette	250 g	0 f	47,5 d	85,6 d	28,1 d	73,8 e	85 bc

* In tutte le tabelle dei risultati, per ciascuna colonna i valori affiancati dalla stessa lettera non sono significativamente diversi al test di Duncan ($p \leq 0,05$)

Al riguardo si sono nettamente distinti i formulati a base di cymoxanil (Curzate e Proxanil, stessa dose di s. a.), metalaxyl-M (Ridomil Gold Mz) e pyraclostrobin + dimethomorph (Cabrio Duo), che non hanno in pratica consentito lo sviluppo dell'infezione. Un certo grado di avvizzimento è stato osservato per Fantic M (benalaxyl-M) e Previter (propamocarb) al terzo rilievo, soprattutto nella prova B, nonché per Ortiva (azoxystrobin) e Pergado Mz

(mandipropamid) al secondo e terzo rilievo. Da notare, peraltro, che il Previter è stato utilizzato alla dose media di etichetta, corrispondente a una dose di propamocarb superiore a quella contenuta nel Proxanil. Gli altri prodotti hanno nell'insieme evidenziato una minore capacità di contenere i danni fogliari. Si può, anche, osservare come all'ottima efficacia dimostrata da Cabrio Duo (miscela formulata di pyraclostrobin + dimethomorph) corrisponda un risultato mediocre delle due sostanze attive saggiate singolarmente (a dosi simili a quelle della miscela).

Nelle prove C e D, accanto a sostanze saggiate in quelle A e B, sono stati introdotti nuovi formulati e sostanze attive. Inoltre è stata adottata una temperatura leggermente più bassa (C: 18-20, D: 16-18 °C) anziché intorno a 20 °C) e questo ha portato a tempi di comparsa dei sintomi ritardati di almeno un giorno (con conseguente posticipo dei rilievi).

Nella prova C (tabella 3), come in quelle precedenti, tutti i prodotti hanno evidenziato una chiara, variabile capacità di rallentare l'avvio e lo sviluppo dell'infezione.

Tabella 3. Risultati dei rilievi della prova C: trattamento 24 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato	Dose/hL formulato	% sup. fogliare avvizzita a 4, 5, 6, 7 giorni da inoculazione			
		4 g.	5 g.	6 g.	7 g.
Testimone n. t.	-	79,4 a*	98,1 a	100 a	100 a
Ridomil Gold R WG	500 g	0 e	0 f	0 g	1,25 e
Galben R 4.33 Blu	500 g	0 e	18,1 e	81,3 e	90 c
Cabrio Duo	250 mL	0,63 e	1,56 f	6,25 f	11,3 d
Quantum	40 g	46,9 c	79,4 b	97,5 ab	99,4 a
Pergado SC	50 mL	70 b	90 a	98,8 a	100 a
Vitene Ultra SC	56 mL	0 e	0 f	0,63 g	0,63 e
Proxanil SC	250 mL	0 e	0 f	0 g	0,63 e
Presidium One	100 mL	17,5 d	49,4 d	86,3 d	93,1 bc
Zorvec Enicade	12 mL	0 e	0,63 f	0,63 g	0,63 e
Zorvec En. + Gachinko	12 + 60 mL	0 e	0 f	0 g	0 e
Gachinko	60 mL	62,5 b	78,8 b	93,8 bc	98,8 a
Ranman Top	50 mL	18,8 d	65 c	95,6 abc	98,1 a
Ortiva	100 mL	1,88 e	2,5 f	8,13 f	14,4 d
Aliette	250 g	21,3 d	62,5 c	92,5 c	95,6 ab

Complessivamente i due formulati a base di fenilamidi (Ridomil Gold R e Galben R) hanno confermato la loro efficacia, ma con una differenza molto più marcata a favore della miscela a contenente metalaxyl-M. Anche in questa prova un'attività praticamente totale è stata mostrata dai due prodotti a base di cymoxanil (da solo-Vitene Ultra e in miscela con propamocarb-Proxanil. Un controllo molto elevato ha confermato pure Cabrio Duo, ad un livello nettamente maggiore del dimethomorph da solo (Quantum). Ortiva ha mostrato una discreta attività, superiore rispetto alle prove precedenti. Una attività parziale hanno confermato dimethomorph e mandipropamid (formulati puri anziché in miscela con mancozeb), ma con una protezione relativa diversa, a favore del primo in questa prova, del secondo in quelle precedenti. Un contenimento mediocre, ma nell'insieme superiore a quello del dimethomorph, è stato osservato per Presidium One (dose simile di dimethomorph). Parziale è risultata, come nelle

verifiche precedenti, l'azione di Aliette (fosetyl-Al) e Ranman Top (cyazofamid) e ancora più debole è apparso Gachinko (amisulbrom). Molto efficace è risultato oxathiapiprolin (Zorvec), sia da solo che in miscela con Gachinko (entrambi saggiati per la prima volta).

Nella prova D (tabella 4) lo sviluppo della malattia è stato ancora più lento della norma (a causa della temperatura più bassa), come si può desumere dal primo rilievo, e ciò può avere favorito l'azione curativa dei prodotti (in gran parte già saggiati). La successione dei rilievi ha comunque nell'insieme evidenziato un andamento analogo alle prove precedenti, con la conferma dei formulati già rivelatisi più efficaci (quelli contenenti cymoxanil, metalaxyl-M, oxathiapiprolin, nonché Cabrio Duo, Proxanil, Previter), mentre i due CAA utilizzati come formulati puri hanno confermato la risposta differenziata (già osservata nella prova C), a favore del dimethomorph. Da notare anche la chiara differenziazione in positivo della miscela formulata dimethomorph + pyraclostrobin rispetto a quella estemporanea alle stesse dosi.

Tabella 4. Risultati dei rilievi della prova D: trattamento 24 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato	Dose/hL formulato	% sup. fogliare avvizzita a 4, 5, 6, 7 giorni da inoculazione			
		4 g.	5 g.	6 g.	7 g.
Testimone n. t.	-	45,6 a*	73,8 a	85 a	90 a
Ridomil Gold Combi	200 g	0 f	0 g	1,88 g	5 f
Fantic F	260 g	1,25 ef	8,75 f	38,8 e	62,5 d
Cabrio Duo	250 mL	0 f	0 g	0 g	2,5 f
Quantum + Cabrio WG	36 + 50 g	1,25 ef	2,5 fg	20 f	44,4 e
Cabrio WG	50 g	24,4 c	69,4 a	75,6 ab	85 ab
Quantum	36 g	3,13 def	25,6 de	65,6 bc	83,8 ab
Quantum	50 g	2,5 def	29,4 cd	51,3 de	68,1 d
Pergado SC	60 mL	43,8 a	73,8 a	82,5 a	90 a
Vitene Ultra SC	60 mL	0 f	0 g	0 g	0 f
Proxanil SC	250 mL	0 f	0 g	0 g	0 f
Previter	250 mL	0 f	0 g	0,63 g	0,63 f
Lieta	45 mL	1,88 def	6,88 fg	16,9 f	43,1 e
Ranman Top	50 mL	4,38 de	28,8 d	56,9 cd	76,9 bc
Gachinko	60 mL	39,4 b	74,4 a	85,6 a	88,1 a
Presidium One	100 mL	21,3 c	61,9 b	76,3 ab	81,9 ab
Ortiva	100 mL	1,88 def	36,3 c	65 bc	81,3 ab
Aliette	250 g	5,63 d	20,6 e	40,6 e	68,8 cd
Zorvec Enicade	20 mL	0 f	0 g	0 g	0 f

Nelle tabelle 5 e successive sono riportati i risultati di quattro verifiche con diversi tempi curativi, compresi fra 15 e 45 ore, in cui sono stati saggiati soprattutto i formulati contenenti sostanze attive che avevano evidenziato i migliori risultati nelle prove a 24 ore. Da notare che mentre nelle prove E, F, G la temperatura ha fluttuato fra 20 e 22 °C, nella prova H si è mantenuta fra 18 e 20 °C e ciò ha influenzato i tempi di comparsa dei primi sintomi (che si sono manifestati rispettivamente a 3 e 4 giorni dall'inoculazione) e dei rilievi.

Tabella 5. Risultati dei rilievi della prova E: trattamento 15 o 24 o 38 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato	Dose/hL formulato	Ore fra inoc. e trattamento	% sup. fogliare avvizzita a 3, 4, 5 giorni da inoculaz.		
			3 g.	4 g.	5 g.
Testimone n. t.	-	-	95 a*	100 a	100 a
Ridomil Gold Mz	250 g	15	0 g	0 g	7,5 de
		24	0 g	8,75 e	11,3 d
		38	10,6 f	17,5 d	39,4 c
Curzate DF	50 g	15	0 g	0 g	0 f
		24	0 g	2,5 ef	5,63 de
		38	57,5 d	70 b	80,6 b
Cabrio Duo	250 mL	15	0 g	0 g	4,38 de
		24	0 g	2,5 ef	4,38 de
		38	16,3 f	62,5 bc	80 b
Forum 50 WP	50 g	15	31,3 e	56,9 c	81,3 b
		24	62,5 d	95 a	100 a
		38	71,3 c	94,4 a	100 a
Pergado SC	60 mL	15	81,3 b	98,1 a	100 a
		24	80 b	96,3 a	100 a
		38	96,3 a	100 a	100 a

Tabella 6. Risultati dei rilievi della prova F: trattamento 15 o 24 o 38 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato (s. a. e dose g/hL)	Dose/hL formulato	Ore fra inoc. e trattamento	% sup. fogliare avvizzita a 3, 4, 5 giorni da inoculaz.		
			3 g.	4 g.	5 g.
Testimone n. t.	-	-	93,1 a*	100 a	100 a
Curzate DF (cymoxanil, 12,6)	31,5 g	15	0 g	0 f	0 f
		24	0 g	0 f	0 f
		38	36,3 e	57,5 c	83,8 b
Vitene Ultra SC (cymoxanil 12,6)	56 mL	15	0 g	0 f	0 f
		24	0 g	0 f	0 f
		38	18,1 f	37,5 d	56,3 c
Cabrio Duo (pyraclostrobin 10 + dimethomorph 18)	250 mL	15	0 g	0 f	0 f
		24	0 g	0,63 f	12,5 e
		38	0 g	13,1 e	40,6 d
Cabrio WG (pyr. 10) + Forum 50 WP (dimethomorph 18)	50 + 36 g	15	56,3 d	95 b	100 a
		24	76,3 b	100 a	100 a
		38	75 b	100 a	100 a
Forum 50 WP (dimethomorph 18)	36 g	15	67,5 c	97,5 ab	100 a
		24	63,1 c	97,5 ab	100 a
		38	62,5 c	96,3 b	100 a
Cabrio WG (pyr. 10)	50 g	15	75 b	100 a	100 a

Tabella 7. Risultati dei rilievi della prova G: trattamento 16 o 22 o 34 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato (s. a. e dose g/hL)	Dose/hL formulato	Ore fra inoc. e trattamento	% sup. fogliare avvizzita a 3, 4, 5 giorni da inoculaz.		
			3 g.	4 g.	5 g.
Testimone n. t.	-	-	97,5 a*	100 a	100 a
Ridomil Gold Mz	250 g	16	0 d	0 d	0 d
		22	0 d	0 d	0 d
		34	0 d	0 d	0 d
Cabrio Duo	250 mL	16	0 d	0 d	0 d
		22	0 d	0 d	0 d
		34	0 d	0 d	5 c
Proxanil SC (cymoxanil 12,5 + propamocarb 100)	250 mL	16	0 d	0 d	0 d
		22	0 d	0 d	0 d
		34	0 d	0 d	2,5 cd
Curzate DF (cymoxanil 12,5)	31,25 g	16	0 d	0 d	0 d
		22	0 d	0 d	0 d
Previter (propamocarb 100)	138,5 mL	16	13,1 c	86,3 c	96,3 a
		22	56,3 b	90 b	96,3 a
Previter (propamocarb 180,5)	250 mL	16	0 d	0 d	20,6 b
		22	0 d	0 d	22,5 b

Tabella 8. Risultati dei rilievi della prova H: trattamento 24 o 45 ore dopo l'inoculazione

Tesi Formulato	Dose/hL formulato	Ore fra inoc. e trattamento	% sup. fogliare avvizzita a 4, 5, 6 giorni da inoculaz.		
			4 g.	5 g.	6 g.
Testimone n. t.	-	-	85 a*	96,9 a	100 a
Ridomil Gold R WG	500 g	24	0,62 de	1,56 ef	3,44 f
		45	1,25 de	3,12 ef	5,31 ef
Galben R 4.33 Blu	500 g	24	1,88 d	8,44 de	27,5 d
		45	10,6 bc	52,5 b	80 b
Cabrio Duo	250 mL	24	1,56 de	2,19 ef	2,19 f
		45	6,25 cd	8,44 de	10,3 ef
Vitene Ultra SC	50 mL	24	0,31 e	0,63 e	0,63 f
		45	10,6 bc	20 c	41,3 c
Proxanil SC	250 mL	24	0,31 e	0,31 e	0,63 f
		45	12,2 b	14,7 cd	15 e
Zorvec Enicade	20 mL	24	1,25 de	1,88 ef	1,88 f
		45	6,25 cd	8,44 de	9,69 ef

Nella prova E (tabella 5), accanto alla conferma dell'ottima attività di Ridomil Gold Mz, Cabrio Duo, Curzate DF ai tempi fino a 24 ore, è emersa una loro perdita di efficacia a 38 ore, in ordine progressivo per i tre formulati. Riguardo ai due prodotti CAA (utilizzati in formulazione singola), nell'ambito di una minore protezione complessiva rispetto ai prodotti

precedenti (peraltro già osservata in tutte le prove a 24 ore), è stata riconfermata ai tempi di 15 e 24 ore la maggiore attività del dimethomorph rispetto a mandipropamid (emersa per la formulazione singola anche nelle prove C e D). Tale risultato, che è in linea con quanto osservato da Pironi et al. (2017) ma contraddice quello delle prove A e B, in cui la miscela mandipropamid + mancozeb è apparsa superiore a quella dimethomorph + mancozeb a dosi analoghe di CAA, non è facilmente spiegabile.

Nella prova F (tabella 6) il cymoxanil (utilizzato alla dose di etichetta di Vitene Ultra), oltre alla ottima protezione a 15 e 24 ore, ha riconfermato al tempo di 38 ore una chiara perdita di attività, più evidente per il formulato DF che per quello SC. Una certa riduzione di efficacia, minore rispetto alla prova precedente, è stata mostrata al terzo tempo anche da Cabrio Duo. Per questo formulato inoltre, come nella prova D, è emersa, a tutti i tempi, un'azione curativa nettamente più marcata rispetto a quella della miscela estemporanea di dimethomorph e pyraclostrobin alle stesse dosi, oltre che delle due sostanze attive singole o miscelate con mancozeb, come emerso nelle prove A, B, C, D, E. Il netto miglioramento dell'attività osservato per la miscela formulata come EC di dimethomorph + pyraclostrobin rispetto alla miscela estemporanea alle stesse dosi delle due sostanze attive singole potrebbe trovare una plausibile spiegazione nella presenza nel formulato di sostanze in grado di migliorare la penetrazione delle molecole, ed in particolare del dimethomorph. Questa infatti ha in diverse prove dimostrato una più o meno marcata attività, contrariamente a pyraclostrobin, che ha sempre evidenziato un'azione curativa limitata. Sembra, pertanto, da escludere un sinergismo fra le due sostanze attive, come ipotizzato da Pironi et al. (2017) per spiegare gli ottimi risultati forniti dalla loro miscela formulata.

La prova G (tabella 7), oltre a riconfermare l'ottima azione curativa di Ridomil Gold Mz, Cabrio Duo e Proxanil fino a 34 ore, ha consentito di caratterizzare l'attività del propamocarb, partner del cymoxanil nel formulato Proxanil, già saggiato nelle prove A, B, D con buoni risultati come Previter alla dose di etichetta (per colture diverse dal pomodoro, più elevata rispetto a quella della miscela). In effetti la dose piena ha ribadito la soddisfacente attività curativa del propamocarb, mentre la dose ridotta contenuta nel Proxanil ha dimostrato un effetto meno marcato, in grado di rallentare ma non di impedire lo sviluppo del patogeno.

La prova H (tabella 8), condotta a una temperatura inferiore ai 20 °C (18-20) ha evidenziato: per le due fenilamidi (in miscela con rame) una migliore risposta, sia a 24 che soprattutto a 45 ore, di metalaxyl-M (Ridomil Gold R) rispetto a benalaxyl (Galben R); la buona attività di Cabrio Duo anche a 45 ore; una maggiore efficacia a 45 ore da parte della miscela di cymoxanil e propamocarb (Proxanil) rispetto al solo cymoxanil alla stessa dose; la buona azione curativa di oxathiapiprolin anche a 45 ore.

In sintesi dalle tre prove suddette E, F, G (condotte a una temperatura pari o leggermente superiore a 20 °C) è possibile desumere che, a questa temperatura, i formulati a base di metalaxyl-M, cymoxanil (solo o in miscela con propamocarb), dimethomorph+ pyraclostrobin sono in grado di esercitare un ottimo grado di azione curativa fino verso le 34 ore, mentre la prova H (condotta a una temperatura di 18-20 °C) sembra dimostrare che a temperature inferiori ai 20 °C l'attività curativa può superare le 40 ore, con una tenuta tendenzialmente inferiore per il cymoxanil rispetto alla sua miscela con propamocarb e ai formulati a base di metalaxyl-M e dimethomorph + pyraclostrobin, e che anche il recente oxathiapiprolin si pone a questo tempo al livello più elevato di efficacia.

Per quanto riguarda il tempo di 24 ore i risultati di efficacia emersi in questo ciclo di verifiche confermano nell'insieme quelli ottenuti da Pironi et al. (2017) relativamente alle sostanze attive presenti in entrambe le esperienze (cymoxanil, da solo e in miscela con propamocarb, metalaxyl-M + mancozeb, pyraclostrobin + dimethomorph, prodotti CAA).

CONCLUSIONI

Le presenti esperienze, effettuate in condizioni controllate di serra altamente predisponenti l'azione patogena di *P. infestans*, hanno fornito diverse informazioni sulla attività post-infezionale (curativa) verso l'agente della peronospora del pomodoro dei principali fungicidi contenenti sostanze attive accreditate di una capacità penetrante, impiegati in genere alle dosi di etichetta. Dall'esame complessivo dei risultati emersi nelle varie esperienze è possibile sintetizzare le seguenti indicazioni.

Tutti i formulati saggiati hanno evidenziato una capacità di ostacolare lo sviluppo di *P. infestans* quando applicati su giovani piante di pomodoro entro l'intervallo di circa 24 ore dopo l'inoculazione delle stesse. Tale proprietà è risultata diversificata tra i formulati: la maggiore capacità di bloccare le infezioni in atto di *P. infestans* è stata nell'insieme dimostrata da quelli a base di cymoxanil (sia formulato da solo sia in miscela soprattutto con propamocarb), di metalaxyl-M (in miscela con vari partner di copertura), della miscela dimethomorph + pyraclostrobin, di oxathiapiprolin. Questi prodotti sono risultati gli unici, nelle condizioni sperimentali adottate, a impedire l'avvizzimento progressivo completo delle piante. Gli altri formulati hanno rallentato l'avvizzimento delle piante in misura variabile, con una risposta che può essere così sintetizzata: tra le fenilamidi le miscele contenenti benalaxyl e benalaxyl-M hanno mostrato una discreta attività ma nell'insieme inferiore rispetto a quelle a base di metalaxyl-M; fra i CAA in formulazione singola dimethomorph è risultato più attivo di mandipropamid; fra le strobilurine, azoxystrobin è apparsa più performante rispetto a pyraclostrobin e lo stesso giudizio può essere riferito a cyazofamid rispetto ad amisulbrom; una certa attività è stata mostrata anche da fosetyl-Al.

Nelle condizioni di temperatura di 20-22 °C la capacità di impedire sviluppo dei sintomi della malattia da parte dei formulati dimostratisi più efficaci al tempo di 24 ore è risultata massima entro le 35 ore, mentre è diminuita intorno alle 38 ore, con una maggiore evidenza per il cymoxanil; a una temperatura inferiore (18-20 °C) l'attività è apparsa buona anche a 45 ore dopo l'inoculazione per metalaxyl-M (+ rame), pyraclostrobin + dimethomorph, cymoxanil + propamocarb nonché per oxathiapiprolin.

L'interpretazione di tali risultati non può non tenere conto della già ricordata elevata sensibilità del sistema *P. infestans*/giovani piante di pomodoro e delle condizioni sperimentali estreme (elevata concentrazione dell'inoculo, temperatura ottimale per il patogeno, rilievi basati sul danno alla pianta), che hanno esasperato le difficoltà da parte dei prodotti a esprimere la protezione post-infezionale. Tali considerazioni da un lato avvalorano la positiva risposta fornita da alcune sostanze attive, dall'altro consentono di interpretare in maniera relativa e non assoluta il grado di attività rilevato per i formulati apparsi meno performanti.

LAVORI CITATI

- Bugiani R., Antoniaci L., Trevisan I., 2010. Curative effect of fungicides against tomato leaf blight. PPO-Special Report, 14, 311-312.
- Cohen Y., Rubin A. E., Galperin M., (2018). Oxathiapiprolin-based fungicides provided enhanced control of tomato late blight induced by mfenoxam-insensitive *Phytophthora infestans*. *Plos One*, 13 (9), 1-22.
- Miyake Y., Sakai J., Shibata M., Yonekura N., Miura I., Kumakura K., Nagayama K., 2005. Fungicidal activity of benthiavalicarb-isopropyl against *Phytophthora infestans* and its controlling activity against late blight diseases. *J. Pestic. Sci.*, 30 (4), 390-396.
- Pirondi A., Brunelli A., Muzzi E., Collina M., 2017. Post-infection activity of fungicides against *Phytophthora infestans* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J Gen Plant Pathol*, 83, 244-252.