

VALUTAZIONE IN SEMI-CAMPO DELLA PERSISTENZA DEI PRINCIPALI FUNGICIDI UTILIZZATI NEL CONTENIMENTO DELLA MACULATURA BRUNA DEL PERO

R.BUGIANI¹, M.SCANNAVINI², L.MIROSSEVICH², A. CIRIANI³ M. COLLINA³

¹ Servizio Fitosanitario, Regione Emilia-Romagna – Via Saliceto, 81 – 40128 Bologna

² ASTRA Innovazione (Tebano, Faenza)

³ DipSA, Università di Bologna – Viale G. Fanin, 46 – 40127 Bologna
rbugiani@regione.emilia-romagna.it

RIASSUNTO

Negli anni 2013, 2014 e 2015 sono state svolte tre prove di semi-campo con lo scopo di valutare la persistenza di vecchi fungicidi (thiram, dodine, captan, fluazinam, fludioxonil e boscalid) e altri di più recente o prossima introduzione (fluopyram, fluopyram+tebuconazole, penthiopyrad, fluxapyroxad e captan+fosfito di K) per il contenimento della maculatura bruna del pero. La valutazione della persistenza dei fungicidi è stata effettuata in serra utilizzando un inoculo artificiale di *Stemphylium vesicarium*. Blocchi di piante di pero in vaso sono state trattate 10, 7 e 4-5 giorni prima dell'inoculazione effettuata con una sospensione conidica del fungo. La valutazione del danno sulle foglie (incidenza e gravità) è stata effettuata dopo 4-5 giorni dall'inoculazione. I risultati dimostrano che, fra i fungicidi di copertura, thiram ha la minore persistenza, mentre captan, captan+fosfito di K e fluazinam la migliore. Tra i fungicidi translaminari le migliori performance sono state raggiunte dai fungicidi appartenenti alla classe chimica degli Inibitori della Succinato Deidrogenasi (SDHI).

Parole chiave: *Stemphylium vesicarium*, efficacia, condizioni controllate

SUMMARY

SEMI-FIELD TRIALS EVALUATING THE PERSISTANCE OF THE MOST COMMONLY USED FUNGICIDES FOR THE CONTROL OF PEAR BROWN SPOT CAUSED BY *STEMPHYLIUM VESICARIUM*

The persistence of the activity of old (thiram, dodine, captan, fluazinam, fludioxonil, boscalid) and newly marketed fungicides (fluopyram, penthiopyrad, fluxapyroxad) for the control of brown spot of European pear was evaluated in three semi-field experimental trials over the years 2013-15. Potted pear plantlets were treated 10, 7 and 5 days before the artificial inoculation with a *Stemphylium vesicarium* conidial suspension. Severity and incidence of brown spot on leaves were evaluated after 4-5 days of incubation period. Results showed that, among contact fungicides, thiram proved to be the least persistent while captan and fluazinam gave the best performance. Among the translaminar fungicides, SDHI protected the plants up to 7 days after the application.

Keywords: efficacy, controlled conditions, European pear

INTRODUZIONE

La maculatura bruna è una delle più pericolose avversità del pero, in grado di causare danni economici rilevanti sulle varietà maggiormente sensibili. I primi casi sono stati descritti a metà degli anni '70 in Italia, in impianti di pero dell'Emilia-Romagna. Da allora la malattia si è rapidamente diffusa anche ad altre regioni italiane (Veneto, Piemonte, Friuli Venezia Giulia), alla Francia meridionale, alla Spagna e al Portogallo e, negli ultimi anni anche in Olanda e Belgio. In passato le strategie di difesa si basavano su interventi a partire dalla fase di "caduta petali" fino alla raccolta impiegando per lo più thiram da solo o in miscela con prodotti

maggiormente performanti nei periodi di alto rischio. L'efficacia dei prodotti in campo viene periodicamente indagata ed aggiornata (Brunelli *et al.*, 2014).

L' introduzione di nuovi principi attivi appartenenti alla famiglia degli SDHI (Troisi *et al.*, 2012; Tabanelli *et al.*, 2014) e la revisione europea dei prodotti fitosanitari in seguito al regolamento UE 1107/09 che ha limitato il numero di alcuni principi attivi hanno portato a ridefinire le strategie di difesa nei confronti della maculatura bruna del pero. Il modello previsionale BSP-Cast (Llorente *et al.*, 2000 e 2002) come supporto alla razionalizzazione della difesa viene attualmente utilizzato con lo scopo di allungare o accorciare l'intervallo fra i trattamenti in funzione del reale rischio infettivo. La conoscenza dell'attività nel tempo dei diversi formulati per il contenimento della malattia diventa pertanto fondamentale anche nell'ottica di un loro utilizzo abbinato al modello previsionale (Rossi *et al.* 2016).

Lo scopo del presente lavoro è quello di valutare la persistenza sia fungicidi di copertura (thiram, captan e fluazinam), translaminari (dodine e fludioxonil) nonché quelli appartenenti al gruppo degli SDHI (boscalid, penthiopyrad, fluopyram e fluxapyroxad) per il contenimento della maculatura bruna del pero.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato eseguito in ambiente controllato negli anni 2013, 2014 e 2015. Per ogni tesi sono state utilizzate, come ripetizioni, tre piante in vaso (nove piante solo per il testimone non trattato) di 3 anni di età (?) appartenenti alla cv Abate Fetél. I formulati saggianti e le rispettive dosi d'impiego utilizzate nei diversi anni sono elencati nella tabella 1.

Le piante sono state trattate con un nebulizzatore spalleggiato fino al limite dello sgocciolamento, con ognuno dei formulati (tabella 2), a 5, 7 e 10 giorni dall'inoculazione artificiale eseguita con una sospensione conidica di *S. vesicarium* pari a $1,4 \times 10^5$ spore/ml. Successivamente le piante sono state singolarmente insacchettate con un sacco di polietilene nero e poste in serra per 36 ore con una bagnatura costante e alla temperatura di 20-22°C, ottimale per la germinazione dei conidi e per la conseguente infezione sulle foglie. Dopo tale periodo, le piante sono state scoperte e il rilievo è avvenuto alla manifestazione dei sintomi cioè dopo circa 5 giorni dall'inoculazione. Al rilievo sono state valutate la gravità (numero di macchie per foglia) e l'incidenza della malattia (numero di foglie colpite). I valori di gravità e incidenza della malattia sono stati trasformati in arcseno prima di essere analizzati con il metodo Anova e la separazione delle tesi con il metodo SNK ($p \leq 0,05$) nel 2013 e 2014. Nel 2015 è stato utilizzato il metodo LSD ($p \leq 0,05$).

RISULTATI

Nel 2013, i risultati dei trattamenti eseguiti a 4 giorni prima dell'inoculazione (tabella 2) hanno messo in evidenza che dal punto di vista dell'incidenza e della gravità tutti i prodotti sono risultati statisticamente diversi dal testimone. Solo il boscalid ha avuto un'incidenza della malattia statisticamente inferiore agli altri prodotti saggianti e non dissimile dal testimone non trattato.

Tabella 1. Sostanze attive, formulati e relativi dosaggi applicati nei diversi anni di prova

Sostanza attiva	Formulato	Formulazione	Dose formulato/hl	Contenuto sostanza attiva (% o g/l)	2013	2014	2015
Captan	Merpan 80	WG	133 g	80	*	*	*
Fosfito di K+ captan	MCW-800	SC	200 ml	440+360	-	*	*
Fluazinam	Nando Maxi	SC	100 ml	500	*	*	*
Fludioxonil	Geoxe	WDG	30 g	50	*	*	*
Boscalid	Cantus	WG	27 g	50	*	*	*
Thiram	Silfur	WG	200 g	80	*	*	*
Dodine	Syllit 335 Sc	SC	126 ml	335	*	-	-
Dodine	Syllit 335 Sc	SC	166 ml	335	-	*	*
Fluxapyroxad	Xemium	SC	20 ml	300	-	*	*
Penthiopyrad	Fontelis	SC	75 ml	200	-	*	*
Fluopyram	Luna Privilege	SC	20 ml	500	-	*	*
Fluopyram+tebuconazole	Luna Experience	SC	50 ml	200+200	*	*	*

Tabella 2. Risultati conseguiti nella prova realizzata nel 2013

Sostanza attiva	Trattamenti a 4 gg		Trattamenti a 7 gg		Trattamenti a 10 gg	
	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità
Thiram	10,0 a ⁽¹⁾	0,23 a	33,3 bc	1,24 bc	33,3 bc	1,32 ab
Captan	10,8 a	0,16 a	15,8 b	0,33 a	12,5 ab	0,50 ab
Fluazinam	6,7 a	0,11 a	14,2 a	0,25 a	30,8 abc	0,91 ab
Dodine	8,3 a	0,18 a	18,3 ab	0,72 ab	23,3 abc	0,91 ab
Boscalid	25,0 b	0,73 a	7,5 a	0,22 a	7,5 a	0,11 a
Fludioxonil	13,3 a	0,42 a	20,0 ab	0,6 ab	26,7 abc	1,13 ab
Fluopyram+tebuconazole	10,0 a	0,24 a	21,7 ab	0,78 ab	11,7 ab	0,32 ab
Testimone n.t.	40,8 c	1,58 b	40,8 c	1,58 c	40,8 c	1,58 b

⁽¹⁾ Le medie seguite dalle stesse lettere non differiscono tra loro per $p \leq 0,05$ (Test SNK)

I trattamenti eseguiti 7 giorni prima dell'inoculazione hanno portato ad avere un'incidenza e una gravità della malattia statisticamente inferiore al testimone non trattato ad eccezione della tesi trattata con thiram. Fluazinam e boscalid hanno ottenuto i migliori risultati, captan, dodine, fludioxonil e fluopyram+tebuconazole hanno offerto un'attività inferiore anche se statisticamente non significativa. I risultati ottenuti dai trattamenti eseguiti 10 giorni prima dell'inoculazione evidenziano come per la severità la sola tesi trattata con boscalid garantisca un contenimento della maculatura statisticamente superiore rispetto al testimone. Sull'incidenza della malattia oltre a boscalid le tesi in grado di differenziarsi dal testimone sono state quelle trattate con captan e fluopyram+tebuconazole.

Nel 2014 i risultati dei trattamenti eseguiti 5 giorni prima dell'inoculazione (tabella 3) hanno messo in evidenza che dal punto di vista dell'incidenza e della gravità tutti i prodotti

sono risultati statisticamente diversi dal testimone. Dal punto di vista dell'incidenza della malattia, fluopyram da solo o in miscela con tebuconazole, penthiopyrad, fluxapyroxad, fludioxonil, fluazinam e captano da solo hanno fornito le migliori prestazioni, risultando statisticamente migliori di thiram, e dodine. Numericamente ma non statisticamente, fludioxonil, boscalid e captano in miscela con fosfito di K hanno fornito una attività inferiore. Gli stessi risultati sono stati raggiunti per quanto riguarda la gravità della malattia.

Tabella 3. Risultati conseguiti nella prova realizzata nel 2014

Sostanza attiva	Trattamenti a 5 gg		Trattamenti a 7 gg		Trattamenti a 10gg	
	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità
Thiram	22,0 b ⁽¹⁾	0,25 bc	23,3 b	0,29 b	43,3 b	0,97 bc
Captan	1,3 d	0,01 d	6,7 b	0,07 b	16,0 c	0,19 cd
Captan+ fosfito di K	8,7 cd	0,09 cd	10,7 b	0,25 b	1,3 c	0,02 d
Fluazinam	2,7 d	0,03 d	6,7 b	0,07 b	20,7 c	0,33 c
Dodine	20,7 b	0,42 b	15,3 b	0,25 b	16,0 c	0,31 c
Boscalid	10,0 bcd	0,18 bcd	12,7 b	0,21 b	16,0 c	0,25 cd
Fludioxonil	6,7 cd	0,11 cd	7,3 b	0,16 b	24,0 c	0,55 bc
Fluopyram+ tebuconazole	1,3 d	0,02 d	6,0 b	0,09 b	15,3 c	0,21 cd
Fluopyram	1,3 d	0,13 d	5,3 b	0,09 b	24,0 c	0,47 bc
Fluxapyroxad	2,0 d	0,02 d	6,0 b	0,06 b	9,3 c	0,15 cd
Penthiopyrad	2,0 d	0,02 d	11,3 b	0,21 b	9,3 c	0,15 cd
Testimone n.t.	77,8 a	3,10 a	77,8 a	3,10 a	77,8 a	3,10 a

⁽¹⁾ Le medie seguite dalle stesse lettere non differiscono tra loro per $p \leq 0,05$ (Test SNK)

Tutti i trattamenti eseguiti 7 giorni prima dell'inoculazione si sono dimostrati statisticamente diversi dal testimone manifestando una attività tra loro analoga.

Analizzando i dati dell'incidenza a livello numerico le migliori attività sono state registrate nell'ordine da fluopyram da solo e in miscela con tebuconazole, fluxapyroxad, captan, fluazinam e fludioxonil. Leggermente meno performanti si sono dimostrati captan+fosfito di K, penthiopyrad boscalid e dodine. Thiram si è dimostrato il meno efficace. Analoghi risultati sono stati ottenuti esaminando i dati della gravità.

I dati relativi all'incidenza della malattia in seguito ai trattamenti eseguiti 10 giorni prima dell'inoculazione i risultati mostrano come tutti prodotti sono risultati statisticamente diversi dal testimone non trattato. Fra i prodotti saggiati solo thiram risulta statisticamente inferiore agli altri. Un esame più dettagliato dei risultati ottenuti evidenziano come a livello numerico la miscela captan+fosfito di K garantisca rispetto alle altre tesi un notevole contenimento della malattia. Buone attività sono state osservate anche per penthiopyrad, fluopyram+tebuconazole e fluxapyroxad. Ad un livello di efficacia inferiore si sono attestati fluopyram da solo, fludioxonil, fluazinam, boscalid e dodine.

I risultati relativi alla gravità confermano come tutti i prodotti abbiano garantito un contenimento statisticamente significativo della malattia rispetto al testimone non trattato. I migliori risultati sono stati ottenuti dalla miscela captan+fosfito di K. Sullo stesso livello di efficacia si sono attestati tutti gli altri fungicidi ad eccezione di dodine, fluazinam, fluopyram da solo, fludioxonil e thiram.

Tabella 4. Risultati conseguiti nella prova realizzata nel 2015

Sostanza attiva	Trattamenti a 5 gg		Trattamenti a 7 gg		Trattamenti a 10 gg	
	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità	% incidenza	% gravità
Thiram	12,0 bcd	0,17 b	32,0 a	0,91 b	47,3 a	0,91 b
Captan	10,0 bcd	0,11 b	9,33 d	0,27 d	21,3 b	0,27 cd
Captan+ fosfito di K	9,33 cd	0,13 b	22,7 abc	0,36 cd	20,0 b	0,36 cd
Fluazinam	10,0 bcd	0,12 b	11,3 abc	0,35 cd	20,7 b	0,22 d
Dodine	12,0 bcd	0,22 b	26,0 ab	0,66 bc	31,3 b	0,66 bc
Boscalid	10,0 bcd	0,14 b	21,3 abcd	0,47 cd	28,7 b	0,47 cd
Fludioxonil	24,0 b	0,36 b	16,7 bcd	0,42 cd	24,0 b	0,42 cd
Fluopyram+ tebuconazole	14,0 bcd	0,40 b	9,33 d	0,38 cd	23,3 b	0,38 cd
Fluopyram	21,3 bc	0,41 b	15,3 bcd	0,32 cd	21,3 b	0,32 cd
Fluxapyroxad	2,0 d	0,05 b	11,3 cd	0,33 cd	21,3 b	0,33 cd
Penthiopyrad	14,0 bcd	0,15 b	14,7 bcd	0,31 cd	16,7 b	0,31 cd
Testimone n.t.	69,1 a	2,13 a	69,1 a	2,13 a	69,1 a	2,13 a

(¹) Le medie seguite dalle stesse lettere non differiscono tra loro per $p \leq 0,05$ (Test LSD)

Nel 2015 i risultati dei trattamenti eseguiti 5 giorni prima dell'inoculazione (tabella 4) hanno messo in evidenza che dal punto di vista dell'incidenza e della gravità tutti i prodotti sono risultati statisticamente diversi dal testimone. Dal punto di vista dell'incidenza i migliori risultati sono stati conseguiti da fluxapyroxad sullo stesso livello di efficacia si sono posti captano da solo o in miscela con fosfito di K, fluazinam, boscalid, dodine, fluopyram+tebuconazole, penthiopyrad. e thiram. Fludioxonil e fluopyram da solo hanno fornito un'attività statisticamente inferiore rispetto a fluxapyroxad. Analoghi risultati sono stati raggiunti per quanto riguarda la gravità della malattia.

I risultati dei trattamenti eseguiti 7 giorni prima dell'inoculazione hanno evidenziato come sull'incidenza della malattia thiram, fluazinam, dodine, boscalid e captano+fosfito di K hanno garantito un'efficacia che non si è differenziata statisticamente dal testimone non trattato. I fungicidi più efficaci e statisticamente differenti dal testimone sono risultati nell'ordine: captan, fluopyram+tebuconazole, fluxapyroxad, penthiopyrad, fluopyram e fludioxonil. Tenendo in considerazione la gravità della malattia tutti i prodotti si sono differenziati statisticamente dal testimone non trattato. Captan si è dimostrato il più performante e sullo stesso livello di efficacia si sono attestati gli altri fungicidi ad eccezione di dodine e thiram. Analizzando l'incidenza della malattia in seguito ai trattamenti eseguiti 10 giorni prima dell'inoculazione, i risultati mostrano come tutti prodotti saggiati sono risultati statisticamente diversi dal testimone non trattato ad eccezione del thiram. Numericamente la riduzione maggiore dell'incidenza della malattia è stata raggiunta da penthiopyrad. Buone performance sono state osservate anche per captan, captan+fosfito di K, fluopyram+tebuconazole, fluopyram, fluxapyroxad e fluazinam. Ad un livello di efficacia numericamente inferiore si mostrano fludioxonil, boscalid e dodine. I risultati sulla gravità mostrano come tutti i prodotti garantiscano un contenimento della malattia statisticamente significativo rispetto al testimone non trattato. La migliore efficacia è stata ottenuta da fluazinam, statisticamente sullo stesso livello di attività si sono attestati tutti gli altri prodotti ad eccezione di dodina e thiram.

CONCLUSIONI

I dati relativi all'impiego dei fungicidi impiegati 4-5 giorni prima dell'inoculazione mostrano come tutti i principi attivi consentono di garantire un contenimento della malattia statisticamente significativo rispetto al testimone non trattato. I prodotti appartenenti alla famiglia degli SDHI, fluxapyroxad, penthiopyrad e fluopyram+tebuconazolo sono stati nel complesso quelli più efficaci, sempre tra gli SDHI, boscalid e fluopyram da solo sono risultati meno attivi come evidenziato dai risultati ottenuti rispettivamente nelle prove condotte nel 2013 e 2015. Tra i prodotti di copertura buoni risultati sono stati ottenuti da captano, captano+fosfito di K e fluazinam mentre meno efficace, soprattutto nella prova eseguita nel 2014 è l'attività di thiram. Risultati più altalenanti sono stati ottenuti da dodina e fludioxonil che rispettivamente nel 2014 e 2015 hanno fornito un contenimento della malattia statisticamente inferiore rispetto a quello dei fungicidi più performanti.

Dalla disamina dei risultati ottenuti dai fungicidi impiegati 7 giorni prima dell'inoculazione si conferma come tutti i prodotti, ad eccezione di thiram, abbiano garantito un contenimento della malattia statisticamente superiore rispetto al testimone non trattato.

I prodotti più efficaci sono risultati fluxapyroxad, fluopyram+tebuconazolo, penthiopyrad, e captano. Buoni risultati, anche se con risultati meno costanti, sono stati ottenuti anche da captano in miscela fosfito di K, fluopyram da solo, fluazinam, boscalid, e fludioxonil mentre inferiore è risultata l'attività di dodina.

L'esame dei dati ottenuti dai fungicidi impiegati 10 giorni prima dell'inoculazione confermano, anche in questo caso come tutti i prodotti, ad eccezione di thiram, garantiscano un contenimento della malattia statisticamente superiore rispetto al testimone non trattato.

Fluxapyroxad, fluopyram+tebuconazolo, penthiopyrad, e captano si confermano tra i prodotti più efficaci. Interessanti risultati, scaturiscono dall'efficacia della miscela captano+fosfito di K che soprattutto nella prova 2014, sembra garantire una superiore attività, rispetto agli altri prodotti, dati che tuttavia sono stati confermati solo parzialmente nel 2015. Fluopyram da solo, fluazinam, boscalid, fludioxonil e dodina offrono complessivamente risultati inferiori rispetto a fungicidi più efficaci.

In conclusione dai dati scaturiti dai tre anni di sperimentazione possiamo affermare come tra i formulati di copertura thiram possiede una buona attività nei 5 giorni dal trattamento ma tende a calare tendenzialmente a 7 giorni e ancora di più a 10 giorni. Captan e fluazinam possiedono una maggiore persistenza di azione. Il primo fino anche a 10 giorni, mentre fluazinam sicuramente non inferiore a 7 giorni. Captan in miscela con fosfito di potassio sembra possedere una maggiore persistenza rispetto all'impiego del solo captano.

Fra i prodotti translaminari fludioxonil ha dimostrato di possedere una buona attività fino a 7 giorni dall'infezione, che si riduce a 10 giorni. Dodine ha dimostrato di possedere una discreta attività fino anche a 7 giorni anche se inferiore a captan e fluazinam.

Fra i nuovi formulati appartenenti al gruppo chimico degli SDHI, tutti complessivamente hanno fornito le migliori performance in termini di attività. Fra questi boscalid sembra risultare complessivamente il meno performante del gruppo. Le loro attività si protraggono complessivamente fino a 10 giorni anche se l'efficacia da 7 a 10 giorni tendenzialmente sembra calare. Fluopyram+tebuconazole a 7 giorni possiede una attività numericamente leggermente superiore agli altri principi attivi appartenenti allo stesso gruppo chimico. Fluxapyroxad e penthiopyrad possiedono complessivamente, rispetto agli altri principi attivi saggiati una buona attività anche oltre 7 giorni, anche se a 10 giorni la loro attività tende a ridursi.

LAVORI CITATI

- Brunelli A., Pironi I., Portillo M., Vignini F., Vigna F., Manicone A., Ciriani A., Collina M.. 2014. Aggiornamenti sperimentali sull'attività di vecchi e nuovi fungicidi contro la maculatura bruna del pero (*Stemphylium vesicarium*). Atti Giornate Fitopatologiche, 2, 109-.
- Llorente I., Vilardell P., Bugiani R., Gherardi I., Montesinos E.. 2000. Evaluation of BSPCast disease warning system in reduced fungicide use programs for management of brown spot of pea. *Plant Disease*, 84, 631-637.
- Llorente I., Moragrega C., Vilardell P., Bugiani R., Gherardi I., Govoni P., Montesinos E.. 2002. Field evaluation of a brown spot predictor as a system for scheduling fungicide sprays for control of *Stemphylium vesicarium* on pear. Proc. 8th IS on Pear Eds. Corelli-Grappadelli *et al.* *ACTA Hort* 596.
- Rossi V., Bugiani R., Patteri E., Melandri M., Pradolesi G.. 2006. Aggiornamenti sulla maculatura bruna del pero. *Agronomica*, 6, 16-28. (occorre inserire la citazione nel testo)
- Tabanelli G.L., Ronga G., Pancaldi M., Ferri I., Tarlazzi S., Quaglini L.. 2014. Fluxapyroxad (Xemium), nuovo fungicida SDHI ad ampio spettro. Atti Giornate Fitopatologiche, 2, 3-10.
- Troisi M., Gimmillaro M.P., Mangiapan S., Pirovano C., Pasquini S.. 2012. Penthiopyrad (Fontelis), nuovo fungicida ad ampio spettro: esperienze nel controllo di botrite e sclerotinia delle orticole. Atti Giornate Fitopatologiche, 2, 559-564.

