

ATTIVITÀ PREVENTIVA E CURATIVA DI FUNGICIDI SDHI NEI CONFRONTI DI *VENTURIA INAEQUALIS*

R. FIACCADORI, A. BRUNELLI, M. COLLINA

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari, Università degli Studi
Viale G. Fanin 46, 40127 Bologna
riccardo.fiaccadori@unibo.it

RIASSUNTO

Nei confronti di *V. inaequalis* era già stata realizzata una sperimentazione sull'attività curativa con tradizionali e recenti fungicidi. In questo lavoro si riportano i risultati di un più approfondito studio dell'azione preventiva e curativa su recenti fungicidi SDHI (penthiopyrad, fluxapyroxad e fluopyram). Essi hanno evidenziato una completa protezione preventiva a 70 e 115 ore, analoga a quella dello standard dithianon, con il fluxapyroxad leggermente inferiore a 115 ore. Curativamente, una attività elevata è stata confermata da penthiopyrad e fluopyram fino a 72 ore, sostanzialmente simile a quella di difenoconazolo. Fluxapyroxad ha fornito prestazioni elevate, simili al pyrimethanil, quando impiegati a 30 ore. Nelle applicazioni più ritardate, fluxapyroxad è risultato moderatamente inferiore agli altri SDHI ma non al difenoconazolo.
Parole chiave: fluopyram, penthiopyrad, fluxapyroxad, ticchiolatura melo

SUMMARY

PREVENTIVE AND CURATIVE ACTIVITY OF SDHI FUNGICIDES ON *VENTURIA INAEQUALIS*

A glasshouse study on the curative and preventive activity of recent SDHI fungicides against Apple scab (*Venturia inaequalis*) was carried out. The SDHI fungicides penthiopyrad and fluopyram showed complete protection when applied 70 and 115 hours preventively similar to that of dithianon, while fluxapyroxad showed a slightly lower activity 115 hours before infection. A high curative activity was provided by penthiopyrad and fluopyram up to 72 hours, at the same level as difenoconazole. Fluxapyroxad showed the same level of efficacy as pyrimethanil when applied 30 hours after infection. The curative application of fluxapyroxad carried out 56 hours after the infection showed an effectiveness level similar to that of difenoconazole but slightly lower than the other SDHIs.

Keywords: fluopyram, penthiopyrad, fluxapyroxad, apple scab

INTRODUZIONE

La conoscenza delle caratteristiche biologiche degli agrofarmaci (fra cui ad esempio l'attività curativa e preventiva) rimane uno degli aspetti più importanti nella moderna difesa e ancor di più, probabilmente, nella futura difesa di precisione (Mahlein et al., 2012).

Per quanto riguarda *Venturia inaequalis*, agente della ticchiolatura del melo, è stato realizzato recentemente un lavoro (Battistini et al., 2016) sull'attività curativa in serra di diversi fungicidi utilizzati nella difesa, che sono stati confrontati con i risultati delle numerose ricerche internazionali realizzate negli anni '80 e '90, soprattutto ad opera di Shwabe et al., (1984).

Con la presente sperimentazione abbiamo inteso approfondire e allargare lo studio curativo e preventivo nei confronti dei più recenti fungicidi SDHI (Succinate Dehydrogenase Inhibitors) impiegabili sulla ticchiolatura del melo.

MATERIALI E METODI

Impostazione delle prove

Le prove sono state realizzate in serra, in ambienti termo-igro condizionati, negli anni 2016 e 2017, su piante di melo in vaso cv Imperatore Dallago, di tre o quattro anni, rispettivamente, con 4-7 getti per pianta.

Nel primo anno è stata riverificata l'attività curativa degli SDHI, mentre nel secondo anno tali prodotti sono stati valutati in una prova comprendente attività curativa e preventiva a diverse ore dall'inizio dell'evento infettante e con diversi standard di confronto (dithianon per le prove preventive, pyrimethanil e difenoconazolo per quelle curative).

Le prove sono state raggruppate e suddivise come attività curativa (tabella 2) e come attività preventiva (tabella 3). Ogni tesi era costituita da due piante (ripetizioni) e, al momento della prova, la foglia spiegata più giovane di ciascun getto veniva contrassegnata, allo scopo di rendere più preciso il successivo rilievo.

Esecuzione delle prove

L'infezione veniva realizzata mediante inoculazione con una dispersione di conidi in acqua in condizioni termo-igrometriche ottimali e standardizzate. L'inoculo era costituito da una miscela di conidi di 15 popolazioni di *V. inaequalis*, raccolte nel 2003-2006, da frutteti commerciali di diverse aree melicole italiane (Emilia-Romagna, Lombardia, Friuli e Trentino), che avevano evidenziato un buon controllo della ticchiolatura con fungicidi appartenenti a diversi gruppi chimici. Il numero di applicazioni con IBS non era superiore a uno o due per stagione, molto spesso effettuate con difenoconazolo.

Su queste popolazioni erano state preventivamente effettuate le analisi di sensibilità a strobilurine e spesso anche ad anilino-pirimidine, che ne avevano accertato una situazione normale. Queste popolazioni erano considerate "baseline" nei confronti dei fungicidi SDHI.

L'inoculo di campo era stato preventivamente moltiplicato su piantine di melo da seme per aumentarne la vitalità e, nei periodi in cui non era impiegato, veniva liofilizzato e conservato in surgelatore alla temperatura di -20/25°C per mantenerne costanti le caratteristiche di vitalità e soprattutto di patogenicità.

Su ciascuna pianta veniva distribuito un inoculo costituito da 15 mL di una dispersione conidica. Le spore provenivano dalle foglie ticchiate delle popolazioni citate, le quali erano agitate in acqua sterile e successivamente sottoposte ad una doppia serie di filtrazioni.

L'inoculo veniva utilizzato quando raggiungeva la concentrazione di $1-2^5$ conidi/mL, alla cella Thomà. Era rilevata la percentuale di conidi germinati dopo 24 ore, che doveva essere superiore al 30%. La dispersione era immessa in una beuta e inocolata sulle piante mediante polverizzatore meccanico manuale.

Dopo l'inoculazione, le piante venivano introdotte in una "camera umida" dove le foglie erano mantenute bagnate per 48 ore alla temperatura di circa 20°C ed umidità relativa del 95-100%. Successivamente erano poste in cella climatizzata, alla stessa temperatura media, con umidità relativa oscillante, nel corso della giornata, dal 50 al 95% e luce naturale di 35-100 PAR (Radiazione Fotosinteticamente Attiva).

Trascorsi 16 giorni dall'inoculazione, le piante venivano reintrodotte nella camera umida per favorire la sporulazione e, al 21°-23° giorno, era effettuato il rilievo dell'infezione sulle foglie recettive (circa 30-50 foglie per pianta). Veniva stimata la percentuale di pagina fogliare superiore coperta dalle macchie di ticchiolatura, sia completamente che parzialmente sporulanti.

I trattamenti preventivi o curativi con i diversi preparati (tabella 1) erano effettuati con polverizzatore meccanico manuale, irrorando le piante fino al limite di sgocciolamento (circa 40 mL/pianta), ed utilizzando i formulati commerciali alle dosi di etichetta. Come standard di

confronto sono stati utilizzati il dithianon nelle applicazioni preventive, mentre in quelle curative il pyrimethanil a 30 ore e il difenoconazolo in quelle a 56 e 72 ore.

Tabella 1. Fungicidi saggiati, dosi e momenti di intervento nelle prove

Principio attivo	Formulato	% p.a.	Dose formulato (g/hL)	Ore fra inoculazione e trattamento (preventivo o curativo)					
				Preventivo		Curativo			
				115	70	30	48	56	72
Dithianon	Delan 70 WG	70	100	x	x				
Pyrimethanil	Scala 70 WG	36,7	85,5			x			
Difenoconazolo	Score 25 EC	23,23	16,1					x	x
Fluopyram	Luna Privilege	41,66	24	x	x	x	x	x	x
Penthiopyrad	Fontelis	20,44	74	x	x	x	x	x	x
Fluxapyroxad	Xemium	26,50	20	x	x	x	x	x	x*

*tesi non considerata a causa di un attacco di *Phytophthora* spp.

Elaborazione statistica

Per ciascuna prova, i dati riferiti alla superficie ticchiolata media di ogni ripetizione sono stati sottoposti a elaborazione statistica mediante analisi della varianza e Fisher’s LSD test, con p ≤0,05 (programma Statgraphics Plus 2.0).

Sui dati medi della superficie fogliare colpita di ogni tesi è stato poi calcolato il grado d’azione percentuale (sec. Abbott): $\frac{\% \text{ area infetta testimone} - \% \text{ area infetta trattato}}{\% \text{ area infetta testimone}} \times 100$

RISULTATI

Nella prima prova curativa realizzata (tabella 2), si rileva che l’applicazione di penthiophyrad, fluxapyroxad e fluopyram, a 48 ore dall’inizio dell’evento infettante, consente un livello d’infezione molto basso e un elevato grado d’azione, con valori statisticamente analoghi fra i tre preparati. L’applicazione a 72 ore evidenzia valori di attività analogamente elevati da parte di penthiopyrad e fluopyram, stasticamente simili a quelli del difenoconazolo, utilizzato come standard di riferimento. Per i problemi sopra indicati (attacco di *Phytophthora*) non vengono forniti i risultati di fluxapyroxad a 72 ore.

Nella seconda prova curativa (tabella 2) si evidenziano, a 30 ore, un’attività elevata e statisticamente analoga da parte dei tre SDHI e dello standard di riferimento, pyrimethanil. L’applicazione a 56 ore manifesta risultati elevati e analoghi per penthiophyrad, fluopyram e lo standard difenoconazolo. Fluxapyroxad ha mostrato una attività complessivamente elevata ma il grado di infezione è risultato statisticamente superiore a quello degli altri due SDHI, mantenendosi comunque su livelli statisticamente analoghi al difenoconazolo.

Tabella 2. Attività curativa (% area fogliare ticchiolata e grado d'azione) osservata per i preparati impiegati a un diverso numero di ore dall'inizio dell'infezione di *V. inaequalis*.

Principi attivi	n. ore dopo l'inoculazione							
	1a prova				2a prova			
	48		72		30		56	
	% area infetta*	GA**	% area infetta*	GA**	% area infetta*	GA**	% area infetta*	GA**
Penthiopyrad	1,15 a	94,5	2,40 a	88,5	0,10 a	99,7	2,70 ab	93,3
Fluxapyroxad	1,35 a	90,0	NR***		1,25 ab	96,9	5,60 c	86,2
Fluopyram	0,32 a	98,5	1,17 a	94,4	0,50 ab	98,7	1,60 ab	96,0
Difenoconazolo			1,27 a	93,9			3,6 abc	91,1
Pyrimethanil					1,85 ab	95,4		
Testimone n.t.	21,05 b				40,90 d			

* I dati con la stessa lettera, nell'ambito della stessa prova, non differiscono significativamente al test di Fisher LSD per $p \leq 0,05$

** Grado d'azione sec Abbott

*** Non rilevato per attacco di *Phytophthora* spp su una pianta

Nella prova di attività preventiva (tabella 3) si rileva una protezione completa nelle applicazioni da parte di penthiopyrad e fluopyram, sia a 70 che a 115 ore, con risultati sostanzialmente simili a quelli dello standard dithianon. Analoga elevata attività è stata evidenziata da parte di fluxapyroxad, nelle applicazione a 70 ore, mentre a 115 ore presenta valori statisticamente inferiori, agli altri preparati SDHI ma non al dithianon.

Tabella 3. Attività preventiva (% area ticchiolata e grado d'azione) osservata per i preparati impiegati ad un diverso numero di ore prima dell'inizio dell'infezione di *V. inaequalis*

Principi attivi	Attività preventiva a n. ore:			
	70		115	
	% area infetta*.	GA**	% area infetta	GA
Penthiopyrad	0 a	100	0 a	100
Fluxapyroxad	0 a	100	3,8 b	90,9
Fluopyram	0 a	100	0 a	100
Dithianon	0,8 ab	98,2	0,4 ab	99,0
Testimone n.t.	40,9 c			

* i dati con la stessa lettera non differiscono significativamente al test di Fisher LSD per $p \leq 0,05$

** Grado d'azione sec Abbott

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Si confermano i positivi risultati sull'attività curativa già osservati per i prodotti SDHI penthiopyrad e fluopyram (Battistini et al., 2016) e ne vengono meglio delineate le prestazioni. In particolare si accerta una elevata attività fino a 72 ore, che risulta analoga a quella del difenoconazolo. Per il nuovo fluxapyroxad l'attività curativa è risultata analogamente elevata con l'applicazione entro le 30 ore, mentre, a un numero di ore superiore (56), è apparsa moderatamente inferiore rispetto agli altri SDHI, ma sullo stesso piano del difenoconazolo.

Su un livello molto elevato, analogo al dithianon, è risultata l'attività preventiva degli SDHI nelle applicazioni a 3 giorni e a circa 5 giorni.

La presente sperimentazione conferma la validità dei preparati SDHI nei confronti di *V. inaequalis* e contribuisce a migliorare le conoscenze su questi fungicidi in merito alle loro prerogative preventive e curative. Peraltro mancano conferme bibliografiche di attività sia curativa che preventiva per gli SDHI e l'unico supporto è una nota tecnica DuPont (2010) per l'Australia dove si parla di un'attività curativa di 72 ore per il penthiopyrad.

Rimane fermo il concetto che le applicazioni curative sono rischiose ai fini della resistenza, ma è comunque possibile che gli interventi curativi avvengano, non volontariamente, nel periodo in cui sono programmate le due applicazioni consentite con gli SDHI. Peraltro tale limitazione dovrebbe ridurre sensibilmente i rischi.

Ringraziamenti:

Si ringrazia Angela Finestrelli per l'aiuto fornito in laboratorio e serra e Giulia Toschi per quello in serra

LAVORI CITATI

- Battistini G., Finestrelli A., Brunelli A. Fiaccadori R., 2016. Valutazione dell'attività curativa di vecchi e recenti fungicidi su *Venturia inaequalis*. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 345-352.
- DuPont., 2010. www.dupont.com.au/content/dam/dupont/products-and-services/crop-protection/documents/en_a/Fontelis%20Pome.pdf
- Mahlein A.K., Oerke E.C., Steiner U., Dehne H.W., 2012. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. *Eur. J. Plant Pathol.*, 133, 197-209.
- Schwabe W. F. S., Jones, A. L., and Jonker, J., P., 1984. Greenhouse evaluation of the curative and protective action of sterol-inhibiting fungicides against apple scab. *Phytopathology*, 74, 249-252

