

INDAGINE SUL POSIZIONAMENTO DEI TRATTAMENTI CONTRO *STEMPHYLIUM VESICARIUM* SU PERO IN BASE ALLE PRECIPITAZIONI E AL RISCHIO EPIDEMICO

M. PRETI¹, L. FAGIOLI², E. BOMBARDINI¹, M. LANDI¹, A. ALLEGRI², F. MANUCCI²,
E. TAMBURINI², E. NARDINI², G. FABBRI², R. BUGIANI³, M. COLLINA⁴

¹Astra Innovazione e Sviluppo CdS, via Tebano 45 - 48018 Faenza (RA)

²Consorzio Agrario di Ravenna CdS, via Madonna di Genova 39 - 48033 Cotignola (RA)

³Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna, via A. da Formigine 3 - 40129 Bologna (BO)

⁴DISTAL, Alma Mater Studiorum Università di Bologna - viale Fanin 42 - 40127 Bologna
michele.preti@astrainnovazione.it

RIASSUNTO

Nel biennio 2020-2021 sono state realizzate quattro prove di campo su maculatura bruna del pero causata da *Stemphylium vesicarium* con due finalità: a) valutare l'efficacia di diversi prodotti in funzione della tempistica di applicazione (trattamenti effettuati 24-48 ore prima o dopo il verificarsi di piogge infettive o del superamento dell'indice di rischio infettivo) (2 prove); b) confrontare l'efficacia di una stessa strategia di difesa con interventi effettuati a turno fisso (cadenzati con frequenza settimanale) o effettuati in funzione del superamento dell'indice di rischio infettivo (segnalato da modelli previsionali, allargando o stringendo i turni in base all'andamento meteo) (2 prove). Queste indagini hanno fornito utili indicazioni sul corretto posizionamento degli interventi fungicidi per contrastare la maculatura bruna del pero. In particolare, l'efficacia dell'intervento pre- o post-pioggia è risultata funzione sia del fungicida sia dell'effetto dilavante della precipitazione. L'utilizzo dei modelli previsionali conferma, a parità di efficacia, la possibilità di ridurre il numero degli interventi e di meglio posizionare i trattamenti fungicidi rispetto agli eventi infettivi.

Parole chiave: *Pyrus communis*, maculatura bruna, controllo, efficacia, modelli previsionali

SUMMARY

STUDY ON THE TIMING OF FUNGICIDE APPLICATIONS AGAINST *STEMPHYLIUM VESICARIUM* BASED ON EPIDEMIC RISK AND PRECIPITATIONS

During 2020-2021, four field trials were carried out against the brown spot of pear caused by *Stemphylium vesicarium* with the aim to evaluate: a) the efficacy of different products according to the application timing (carried out 24-48 hours before or after the occurrence of infections or the overcoming of the infectious risk index) (2 trials); b) the efficacy of a fungicidal strategy with fixed-spray interval (weekly) in comparison with a spray interval based on forecasting models (according to the weather trend) (2 trials). These studies provided useful information on the correct positioning of the applications against *S. vesicarium*. In particular, the efficacy of the pre- or post-rain intervention is a function both of the tested fungicides and the wash-off effect of the precipitation. On the other hand, the use of forecasting models allows to reduce the number of sprays and to better place the applications with respect to the infectious events.

Keywords: *Pyrus communis*, brown spot of pear, control, efficacy, forecasting models

INTRODUZIONE

Stemphylium vesicarium, agente causale della maculatura bruna del pero, è un patogeno comparso nei pereti italiani nella metà degli anni '70. Dopo circa un decennio, a metà anni '80, è stato rinvenuto anche in Spagna e Francia, per poi diffondersi a fine anni '90 in

Portogallo e Olanda e ad inizio anni 2000 in Belgio. Ad oggi è considerata una delle principali e tra le più gravi malattie del pero (*Pyrus communis*) a livello europeo (Llorente e Montesinos, 2006). Negli ultimi anni in particolar modo in Emilia-Romagna, che si può considerare la culla della pericoltura nazionale ed europea, si assiste ad una recrudescenza della malattia. Infatti le condizioni ambientali particolarmente favorevoli allo sviluppo epidemico unite ad un elevato potenziale di inoculo hanno portato ad ingenti danni economici in diversi areali produttivi, elevando *S. vesicarium* al ruolo di vera e propria emergenza fitosanitaria.

Una gestione fitoiatrica razionale dell'avversità si basa su articolate strategie dove prodotti afferenti a diversi meccanismi di azione vengono alternati tra loro in applicazioni preventive al fine di limitare la germinazione delle spore fungine e nel contempo prevenire fenomeni di resistenza alle diverse molecole chimiche utilizzate per tale scopo. Un ausilio alla difesa chimica risiede nelle conoscenze epidemiologiche del patogeno (Llorente e Montesinos, 2002), che permettono di produrre modelli previsionali basati sull'andamento meteorologico. Nella fattispecie, sono diversi gli esempi di predizione sviluppati per ottimizzare il posizionamento degli interventi (Montesinos et al., 1995). In Emilia-Romagna il Servizio Fitosanitario Regionale ha sviluppato due modelli previsionali, il BSP-Cast (Brown Spot Pear Cast) in collaborazione con l'Università di Girona, e il BSP-Spor (Brown Spot Pear Sporulation) in collaborazione con l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Alimentati da diversi parametri meteorologici ed in particolare dai dati di temperatura dell'aria, umidità relativa e bagnatura fogliare, il modello BSP-Cast prevede gli eventi infettivi (cioè il verificarsi di condizioni favorevoli alle infezioni) (Montesinos et al., 1995; Llorente et al., 2002), mentre il modello BSP-Spor alimentato dai dati delle precipitazioni fornisce una previsione sul livello di rischio di sporulazione grazie ad uno storico ventennale di dati sul monitoraggio aerobiologico del volo delle spore di *S. vesicarium* (Rossi et al., 2005; Giosuè et al., 2006).

Sono state realizzate quattro prove di campo con due finalità: 1. valutare l'efficacia di diversi prodotti in funzione della tempistica di applicazione (trattamenti effettuati 24-48 ore prima o dopo il verificarsi di piogge infettive o del superamento dell'indice di rischio infettivo) (2 prove); 2. confrontare l'efficacia di una strategia fungicida con interventi realizzati a turno fisso (con frequenza settimanale) e con interventi realizzati in funzione del superamento dell'indice di rischio infettivo (posizionando gli interventi in funzione delle informazioni derivate dai modelli previsionali e quindi dell'andamento meteorologico) (2 prove).

MATERIALI E METODI

Prove sulla tempistica di applicazione pre- e post-infezione (prove 1 e 2)

Nel biennio 2020-2021 sono state realizzate due prove per valutare l'efficacia di trattamenti fungicidi in funzione della tempistica di applicazione pre- e post-infezione basandosi sugli output del modello BSP-Spor. Oltre ad un testimone non trattato sono stati saggiati i formulati elencati in tabella 1. I diversi prodotti sono stati applicati sia in preventivo (tempistica A = 48-24 h precedenti piogge o rilasci conidici previsti da BSP-Spor) sia in tempestivo (tempistica B = 24-48 h successive a piogge o rilasci conidici previsti da BSP-Spor). Per il solo anno 2021, l'applicazione dei vari formulati durante la stagione vegetativa era prevista con tre finestre: a) da inizio fioritura ad allegazione; b) da fine aprile/inizio maggio a metà/fine maggio; c) da metà giugno a inizio luglio. Al di fuori di queste finestre applicative sono stati utilizzati i seguenti prodotti di mantenimento comuni a tutte le tesi (testimone escluso): Vision Plus (dithianon 250 g/L + pyrimethanil 250 g/L) a 1,2 L/ha in prefioritura (24/3), Delan Pro

(dithianon 121 g/L + fosfonato di K 561 g/L) a 2,5 L/ha in post-fioritura (20/4) e Nando Maxi (fluazinam 500 g/L) a 1,5 L/ha negli altri periodi (29/4, 26/5, 16/6, 19/7, 28/7).

Le applicazioni sono state effettuate mediante nebulizzatore spalleggiato marca Stihl modello SR430, adottando un volume di irrorazione di 1000 L/ha. L'epidemiologia dei rilasci conidici di *S. vesicarium* è stata prevista tramite il modello previsionale BSP-Spor reso disponibile dal Servizio Fitosanitario della Regione Emilia-Romagna (RER, 2021), utilizzando i dati meteo di una stazione Netsense installata nel campo prova. I dettagli delle prove 1 e 2 sono riportati in tabella 1.

Tabella 1. Dettaglio delle prove 1 e 2 sulla tempistica di applicazione pre- e post-infezione

Prova		Formulato	Dose form. L – kg / ha	Principio attivo e concentrazione	Dose p.a. g / ha	Tempistica applicativa	Date applicazioni	
1	2						Prova 1 (2020)	Prova 2 (2021)
x	x	Testimone n.t.	-	-	-	-	-	-
x		Penncozeb DG	2,1	Mancozeb 75%	1.575	A	17/4	
	x	Polyram DF	2,6	Metiram 70%	1.820		27/4	2/4
							5/5	7/4
							8/5	9/4
x	x	Score 25 EC	0,225	Difenoconazolo 250 g/L	56,25		14/5	3/5
							18/5	10/5
x	x	Sercadis	0,3	Fluxapyroxad 300 g/L	90		22/5	18/5
							28/5	1/6
							3/6	4/6
x	x	Sercadis	0,3	Fluxapyroxad 300 g/L	90		9/6	2/7
							15/6	13/7
							23/6	4/8
							2/7	16/8
	x	Syllit 544 SC	1,25	Dodina 544 g/L	680		10/7	
							22/7	
							3/8	
x		Penncozeb DG	2,1	Mancozeb 75%	1.575	B	22/4	
	x	Polyram DF	2,6	Metiram 70%	1.820		29/4	8/4
							12/5	14/4
							19/5	12/5
x	x	Score 25 EC	0,225	Difenoconazolo 250 g/L	56,25		21/5	19/5
							30/5	7/6
x	x	Sercadis	0,3	Fluxapyroxad 300 g/L	90		11/6	5/7
							16/6	15/7
							4/7	6/8
							13/7	18/8
	x	Syllit 544 SC	1,25	Dodina 544 g/L	680		23/7	
							5/8	

Tempistica A = 48-24 h precedenti piogge o voli conidici. Tempistica B = 24-48 h successive a piogge o voli conidici

Le prove 1 e 2 sono state realizzate in un pereto cv Abate Fétel sito a Barbiano di Cotignola (RA), di 5 anni di età, allevato a fusetto e con sesto d'impianto 4 m x 1 m. Il frutteto non presentava rete antigrandine e nel 2019 alla raccolta l'azienda aveva registrato un danno sui

frutti del 20%. Il disegno sperimentale è stato il blocco completamente randomizzato, con 4 ripetizioni e parcelle di 5 piante.

La incidenza ed intensità della malattia sono state rilevate osservando 100 foglie/ripetizione; l'intensità è stata determinata nel 2020 valutando la superficie percentuale del lembo fogliare colpita dal patogeno, mentre nel 2021 secondo diverse classi di severità (0 = foglia sana; 1 = 0,1-1% superficie colpita; 3 = 1,1-3%; 10 = 3,1-10%; 25 = 10,1-25%; 50 = 25,1-50%; 75 = 50,1-75%; 100 = > 75%). Per i frutti è stata valutata l'incidenza su 50-100 organi/ripetizione, suddividendo quelli colpiti alla raccolta in funzione della localizzazione dei sintomi (calicini, laterali e misti).

I dati così ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA), utilizzando il test di Duncan New MRT per la separazione delle medie ($p < 0,05$). Il grado d'azione (efficacia %) è stato calcolato con la formula di Abbott rispetto al testimone non trattato.

Prove di strategia con turni fissi e secondo modello previsionale (prove 3 e 4)

Nel biennio 2020-2021 sono state realizzate due prove per valutare l'efficacia di una stessa strategia fungicida applicata a turni fissi (con cadenza settimanale) oppure con interventi cadenzati secondo l'output del modello previsionale BSP Cast del Servizio Fitosanitario della Regione Emilia-Romagna (RER, 2021). In ciascuna annualità la prova prevedeva cinque tesi: un testimone non trattato e due strategie applicate ciascuna sia a calendario che secondo modello. Il disegno sperimentale era a blocchi completamente randomizzati con 4 ripetizioni e 5 piante/parcella. Le applicazioni sono state realizzate con nebulizzatore spalleggiato marca Stihl modello SR430 simulando un volume di bagnatura variabile in funzione della fenologia della coltura (800-1200 L/ha). Entrambe le prove sono state realizzate in un pereto cv Abate Fétel sito a San Bartolomeo in Bosco (FE), 16 anni di età, allevato a fusetto con sesto d'impianto 4 m x 1,5 m e senza rete antigrandine. Nelle due annualità è stato utilizzato un diverso appezzamento della stessa azienda, con le medesime caratteristiche.

Le linee fungicide applicate nel 2020 nella prova 3 sono riportate in tabella 2 mentre quelle applicate nel 2021 nella prova 4 sono riportate in tabella 3. I formulati utilizzati nelle prove (prodotto commerciale, principio attivo, concentrazione e dosaggio del prodotto) sono di seguito elencati: Acuprico 76 WG (ziram 76%) a 3 kg/ha; Aliette (fosetyl-Al 80%) a 250 g/100 L; Amylo-X (*Bacillus amyloliquifaciens* 25%) a 1,5 kg/ha; Cantus (boscalid 50%) a 0,45 kg/ha; Century Pro (fosfonato di K 755 g/L) a 1,9 L/ha; Cuproxat SDI (rame 190 g/L) a 1,25 L/ha; Delan Pro (dithianon 121 g/L + fosfonato di K 561 g/L) a 2,5 L/ha; Geoxe (fludioxonil 50%) a 0,45 kg/ha; Karma 85 (bicarbonato di K 85%) a 5 kg/ha; Luna Care (floupyram 5% + fosetyl-Al 66,6%) a 3 kg/ha; Luna Experience (fluopyram 200 g/L + tebuconazolo 200 g/L) a 0,75 L/ha; Merpan 80 WDG (captano 80%) a 2 kg/ha; Merplus (captano 360 g/L + fosfonato di K 660 g/L) a 3 L/ha; Nando Maxi (fluazinam 500 g/L) a 1,5 L/ha; Penncozeb DG (mancozeb 75%) a 250 g/100 L; Polyram DF (metiram 70%) a 250 g/100 L; Sercadis (fluxapyroxad 300 g/L) a 0,3 L/ha; Switch (cyprodinil 37,5% + fludioxonil 25%) a 1 kg/ha; Syllit 65 (dodina 65%) a 120 g/100 L; Vision Plus (dithianon 250 g/L + pyrimethanil 250 g/L) a 1,2 L/ha.

I rilievi su foglia non sono presentati. I rilievi su frutto prevedevano l'osservazione di minimo 50 frutti/replica determinando l'incidenza della malattia. I dati sono stati analizzati mediante analisi della varianza (Anova) e successivo Test SNK o Duncan's New MRT ($p < 0,05$) per la separazione delle medie. Il grado d'azione (efficacia %) è stato calcolato con la formula di Abbott.

Tabella 2. Prodotti in prova nelle linee di difesa fungicida applicate a turni fissi (calendario) e secondo i modelli previsionali BSP-Cast e BSP-Spor (modello) nella prova 3 (anno 2020)

Data Appl.	Linea A (calendario)	Linea A (modello)	Linea B (calendario)	Linea B (modello)
21/4	Penncozeb +Alette	Penncozeb + Alette	Penncozeb + Alette	Penncozeb + Alette
27/4	Vision Plus	Vision Plus	Vision Plus	Vision Plus
5/5	Merplus	-	Merplus	-
8/5	-	Merplus	-	Merplus
13/5	Nando Maxi	Nando Maxi	Nando Maxi	Nando Maxi
20/5	Luna Care	Luna Care	Sercadis	Sercadis
27/5	Vision Plus	-	Acuprico 76	-
1/6	-	Vision Plus	-	Acuprico 76
3/6	Nando Maxi	-	Nando Maxi	-
5/6	-	Nando Maxi	-	Nando Maxi
9/6	Sercadis	Sercadis	Vision Plus	Vision Plus
16/6	Delan Pro	Delan Pro	Delan Pro	Delan Pro
23/6	Nando Maxi	-	Nando Maxi	-
30/6	Nando Maxi	-	Nando Maxi	-
2/7	-	Nando Maxi	-	Nando Maxi
8/7	Delan Pro	Delan Pro	Merplus	Merplus
14/7	Delan Pro	Delan Pro	Merplus	Merplus
21/7	Delan Pro	Delan Pro	Merplus	Merplus
28/7	Geoxe + Cuproxat SDI	-	Geoxe + Cuproxat	-
31/7	-	Geoxe + Cuproxat SDI	-	Geoxe + Cuproxat SDI
3/8	Merpan + Syllit 65			
11/8	Cuproxat	-	Merplus	-
18/8	Cuproxat	Cuproxat	Merplus	Merplus
25/8	Cantus	-	Geoxe	-

Tabella 3. Prodotti in prova nelle linee di difesa fungicida applicate a turni fissi (calendario) e secondo i modelli previsionali BSP-Cast e BSP-Spor (modello) nella prova 4 (anno 2021)

Data Appl.	Linea A (calendario)	Linea A (modello)	Linea B (calendario)	Linea B (modello)
31/3	Polyram	Polyram	Captano	Captano
7/4	Sarcadis	-	Luna Experience	-
9/4	-	Sarcadis	-	Luna Experience
14/4	Merplus + Mancozeb	Merplus + Mancozeb	Vision Plus + Century Pro	Vision Plus + Century Pro
20/4	Polyram + Aliette	-	Delan Pro	-
23/4	-	Polyram + Aliette	-	Delan Pro
28/4	Merlus	Merplus	Banjo	Banjo
5/5	Mancozeb + Merpan	-	Vision Plus	-
10/5	-	Mancozeb + Merpan	-	Vision Plus
12/5	Merplus	-	Banjo	-
18/5	Merpan	-	Delan Pro	-
25/5	Sercadis	Sercadis	Banjo	Banjo
1/6	Merplus	-	Delan Pro	-
7/6	-	Merplus	-	Delan Pro
9/6	Merpan + Penncozeb	-	Banjo	-
16/6	Polyram	-	Delan Pro	-
22/6	Merplus	-	-	-
29/6	Merpan + Cuproxat	-	Delan Pro	-
5/7	Cuproxat	Cuproxat	Cuproxat	Cuproxat
14/7	Luna Care + Polyram	Luna Care + Polyram	Geoxe	Geoxe
19/7	-	Merpan + Cuproxat	-	Delan Pro
21/7	Merpan + Cuproxat	-	Delan Pro	-
28/7	Polyram + Cuproxat	Polyram + Cuproxat	Geoxe	Geoxe
4/8	Cuproxat	Cuproxat	Karma 85	Karma 85
12/8	Switch	-	Karma 85	-
18/8	Geoxe	-	Karma 85	-
25/8	Switch	Switch	Amylo-X	Amylo-X

Modelli previsionali BSP-Spor e BSP-Cast nel biennio 2020-2021

L'output del modello BSP-Spor per il quadrante di Cotignola (RA) nel biennio 2020-2021 è riportato nei grafici 1 e 2. L'output del modello BSP-Cast per il quadrante di San Bartolomeo in Bosco (FE) nel biennio 2020-2021 è riportato nei grafici 3 e 4.

Grafico 1. Indice di sporulazione di *S. vesicarium* calcolato con il modello previsionale BSP-Spor a Cotignola (RA) nel 2020. ISC: indice di sporulazione cumulato a 3 giorni; ISG: indice di sporulazione giornaliero

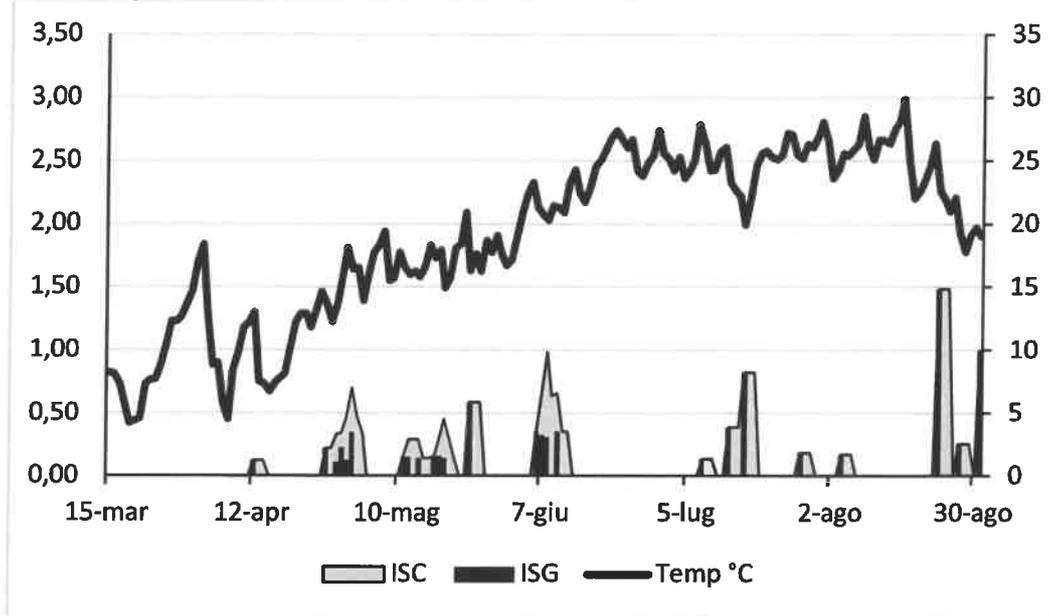


Grafico 2. Indice di sporulazione di *S. vesicarium* calcolato con il modello previsionale BSP-Spor a Cotignola (RA) nel 2021. ISC: indice di sporulazione cumulato a 3 giorni; ISG: indice di sporulazione giornaliero

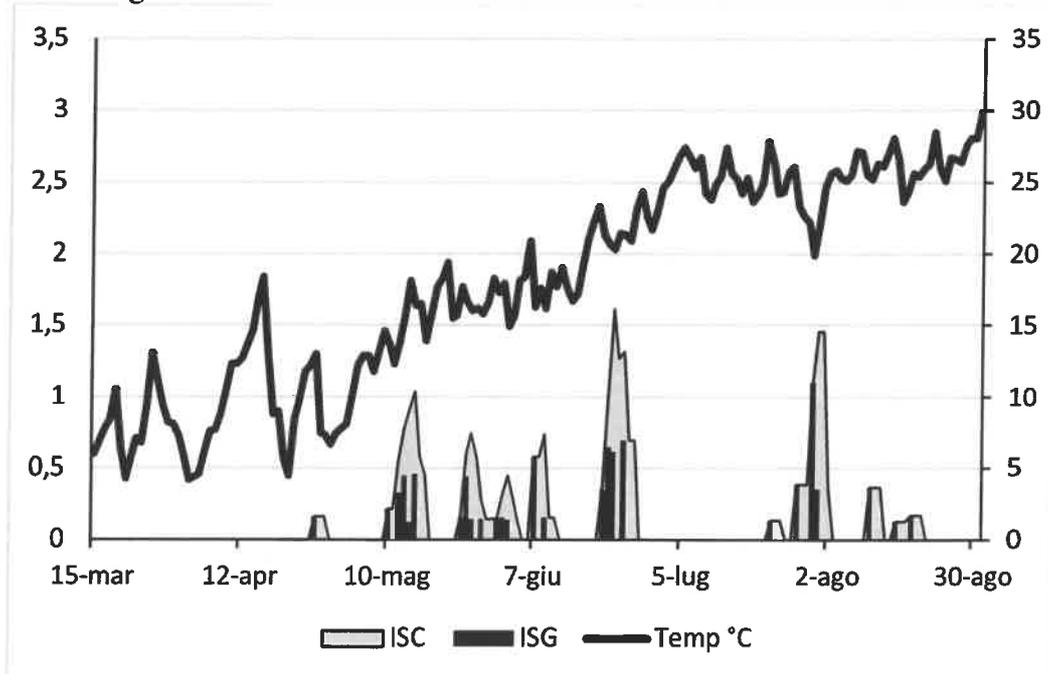


Grafico 3. Indice di rischio infettivo calcolato con il modello previsionale BSP-Cast a San Bartolomeo in Bosco (FE) nel 2020

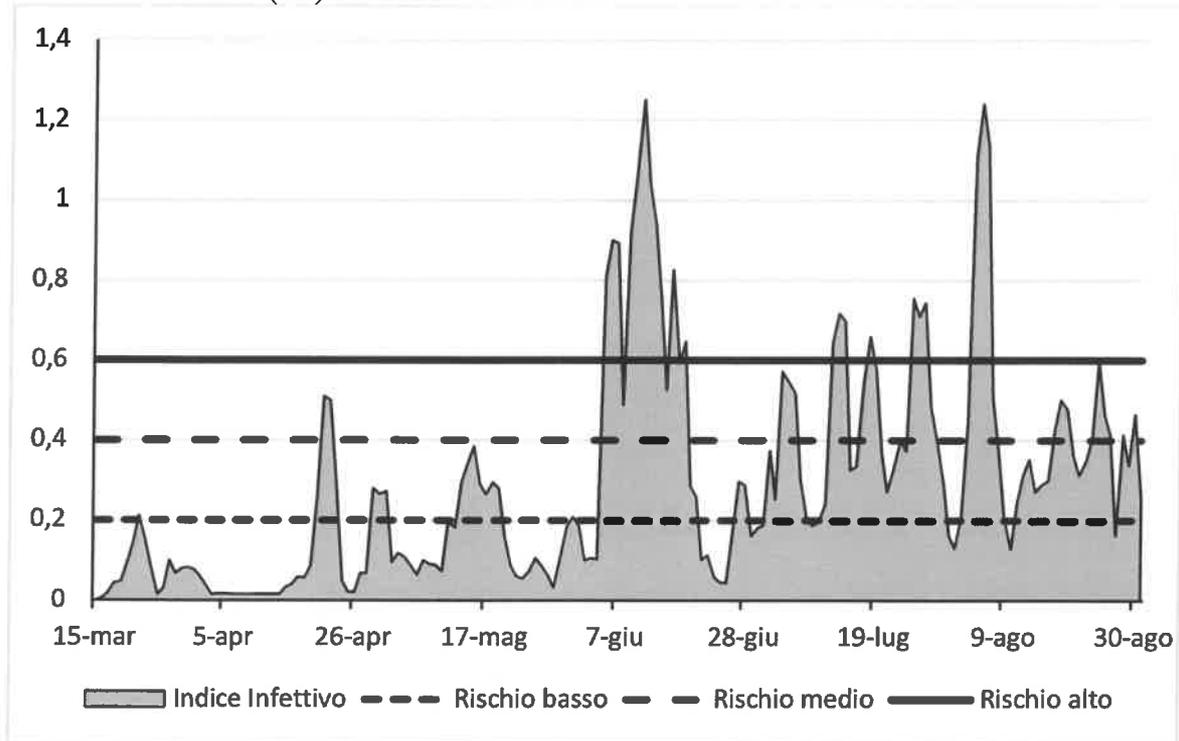
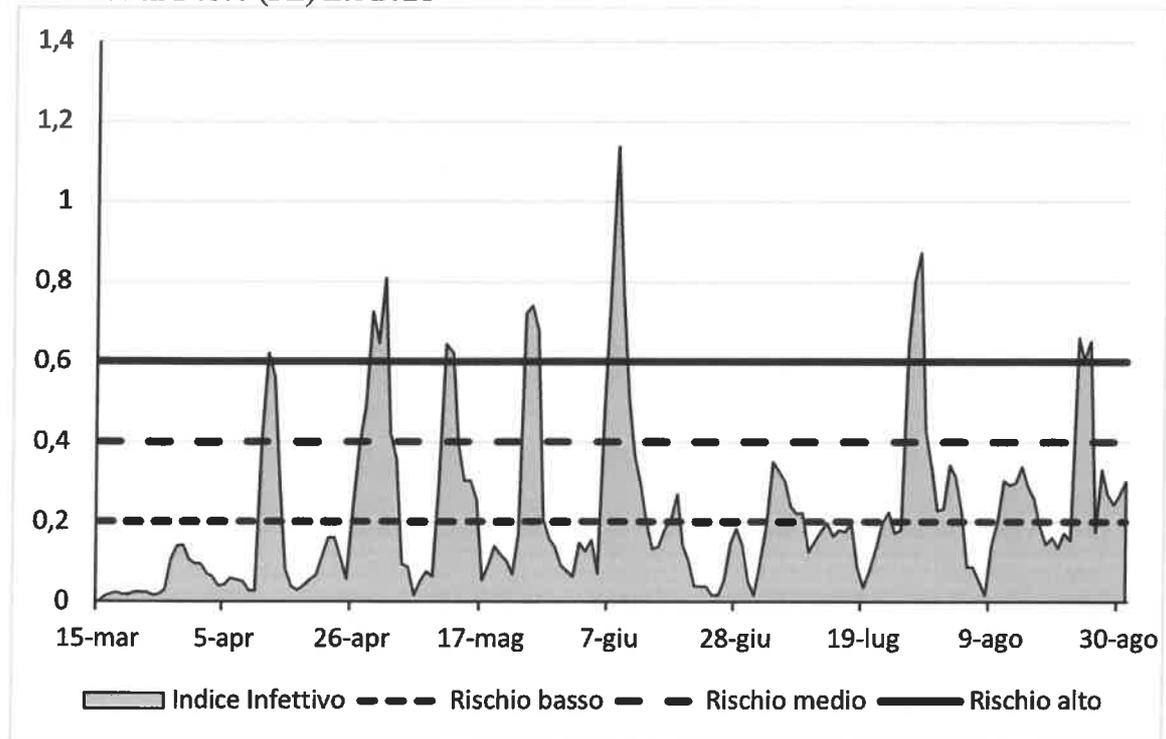


Grafico 4. Indice di rischio infettivo calcolato con il modello previsionale BSP-Cast a San Bartolomeo in Bosco (FE) nel 2021



RISULTATI E DISCUSSIONE

Prove 1 e 2 - Tempistica di applicazione pre- e post-infezione (2020 e 2021)

Nel 2020 i periodi di maggiore rischio infettivo si sono verificati a metà giugno e nella seconda metà di luglio: a fine luglio l'incidenza della malattia nelle parcelle non trattate raggiungeva il 33% di frutti colpiti, per arrivare al 77% in prossimità della raccolta. Il rilievo finale della prova 1 è stato realizzato il 17/8; i risultati sono riportati in tabella 4. Analizzando i dati su foglie, si evidenzia come i formulati Penncozeb DG e Sercadis abbiano mostrato un'efficacia significativamente maggiore quando utilizzati in pre-infezione (soprattutto in termini di diffusione), mentre Score 25 EC ha fornito un miglior controllo quando applicato in post-infezione. Sui frutti si osserva un comportamento diverso per il formulato Penncozeb DG, che ha mostrato un'efficacia significativamente maggiore se utilizzato in post-infezione, ma limitatamente all'incidenza di sintomi laterali. Non emergono invece differenze legate alla tempistica di applicazione per Score 25 EC e Sercadis, anche se l'applicazione pre-infezione ha un'efficacia numericamente, seppur leggermente, migliore.

Tabella 4. Risultati finali della prova 1 - 2020: rilievo 17/8 sulla tempistica di applicazione pre- e post-infezione

Tesi	Foglie		Incidenza sui frutti			
	Incidenza (%)	Intensità (%)	Calicina (%)	Laterale (%)	Mista (%)	Totale (%)
Testimone non trattato	79,8 a ¹	16,3 a	16,0	39,5 d	21,0 c	76,5 a
Penncozeb DG Pre-infezione	28,9 f (63,8) ²	3,9 c (76,3)	13,5 (15,6)	37,0 cd (6,3)	7,0 ab (66,7)	57,5 b (24,7)
Penncozeb DG Post-infezione	38,5 de (51,8)	5,6 b (65,9)	17,5 (0)	25,5 b (35,4)	9,0 b (57,1)	52,0 b (31,8)
Score 25 EC Pre-infezione	43,4 bc (45,6)	6,6 b (59,8)	7,0 (56,3)	24 bc (39,2)	2,5 a (88,1)	33,5 c (55,8)
Score 25 EC Post-infezione	35,8 e (55,2)	4,2 c (74,4)	6,5 (59,4)	26,5 bc (32,9)	2,5 a (88,1)	35,5 c (53,2)
Sercadis Pre-infezione	41,1 cd (48,5)	6,2 b (62,1)	14,0 (12,5)	14,5 a (63,3)	3,0 a (85,7)	31,5 c (58,4)
Sercadis Post-infezione	46,4 b (41,9)	7,1 b (56,4)	11,5 (28,1)	19,5 ab (50,6)	5,0 ab (76,2)	36,0 c (52,6)

¹ Medie nella stessa colonna seguite da lettera diversa sono significativamente differenti (Duncan's New MRT < 0,05) ² Grado d'azione (efficacia % Abbott)

Nel 2021 le fasi di rischio sono state registrate nella prima decade di giugno, a fine giugno e nella seconda decade di luglio, tuttavia l'andamento stagionale non è stato particolarmente favorevole allo sviluppo epidemico, infatti alla raccolta l'incidenza della malattia raggiungeva appena il 10% di frutti colpiti nella tesi testimone non trattata e che ha purtroppo influenzato la completa valutazione dei prodotti provati. Il rilievo finale della prova 2 è stato effettuato il 20/8; i risultati sono riportati in tabella 5. In merito al danno su foglie, per il Polyram DF emerge un'attività significativamente migliore, in termini di intensità, quando applicato in post-infezione, mentre per il Syllit 544 SC quando utilizzato in pre-infezione ma solo in termini numerici. Per Score 25 EC e Sercadis invece non sono emerse differenze legate alla tempistica di applicazione. A livello di incidenza complessiva della malattia sui frutti, non sono emerse differenze significative tra le tempistiche di applicazione. Tuttavia, analizzando i

gradi di azione, si riconferma una lieve maggior efficacia del Polyram DF quando applicato in post-infezione, mentre Sercadis e Syllit 544 SC quando utilizzati in pre-infezione.

Tabella 5. Risultati finali della prova 2 – 2021: rilievo 20/8 sulla tempistica di applicazione pre- e post-infezione

Tesi	Foglie		Incidenza sui frutti			
	Incidenza (%)	Intensità (%)	Calicina (%)	Laterale (%)	Mista (%)	Totale (%)
Testimone non trattato	8,9 a ¹	3,2 a	2,4	6,4	0,8	9,6
Polyram DF Pre-infezione	4,0 bc (55,1) ²	1,4 bc (56,3)	1,9 (20,8)	4,8 (25,0)	0	6,8 (29,2)
Polyram DF Post-infezione	2,9 c (67,4)	0,7 de (78,1)	1,3 (45,8)	5 (21,9)	0	6,3 (34,4)
Score 25 EC Pre-infezione	2,6 c (70,8)	0,7 de (78,1)	1,3 (45,8)	4,8 (25)	0	6,2 (35,4)
Score 25 EC Post-infezione	2,9 c (67,4)	0,6 e (81,3)	2,4 (0)	4,3 (32,8)	0	6,7 (30,2)
Sercadis Pre-infezione	2,4 c (73,0)	0,8 cde (75,0)	0,6 (75,0)	2,6 (59,4)	0	3,3 (65,6)
Sercadis Post-infezione	2,6 c (70,8)	1,0 cde (68,8)	1,8 (25,0)	3,2 (50,0)	0	5,0 (47,9)
Syllit 544 SC Pre-infezione	4,0 bc (55,1)	1,3 bcd (59,4)	1,4 (41,7)	3,5 (45,3)	0	4,9 (49,0)
Syllit 544 SC Post-infezione	5,9 ab (33,7)	1,7 b (46,9)	1,5 (37,5)	4,5 (29,7)	0	6,0 (37,5)

¹ Medie nella stessa colonna seguite da lettera diversa sono significativamente differenti (Duncan's New MRT < 0,05) ² Grado d'azione (efficacia % Abbott)

Prove 3 e 4 – Strategie a turni fissi e secondo modello (2020 e 2021)

La prova 3 è stata svolta in un contesto di elevata pressione infettiva. I primi sintomi sono stati osservati su frutto a fine maggio e l'evoluzione della malattia nel testimone è stata piuttosto rapida, con un danno ad inizio luglio già superiore al 95%. I rilievi sono riportati in tabella 6. I trattati si differenziano sempre dal testimone, ma mai tra loro. Le linee a calendario e secondo modello sono comparabili, con un'efficacia sostenuta fino a fine luglio che si riduce marcatamente in agosto. Alla raccolta si conferma un'attività comparabile di tutte le strategie, alla luce di un differenziale di 3 interventi tra l'approccio a calendario e secondo modello.

L'evoluzione dei sintomi nella prova 4 svolta nel 2021 è stata altrettanto rapida come nel 2020. I rilievi sono riportati in tabella 7. Fino a giugno le linee si differenziano dal testimone non trattato ma non tra loro, indipendentemente dalla tempistica di applicazione (delta di 4 applicazioni tra le linee a calendario e da modello); a luglio le linee a calendario risultano più efficaci delle linee secondo modello (delta di 6 applicazioni, considerando la mancanza di trattamenti nel mese di giugno, dovuta ad un rischio previsto nullo di quel periodo); ad agosto si riconferma l'andamento del mese precedente (7 applicazioni in meno nelle linee secondo modello penalizzano queste strategie). Infine alla raccolta di inizio settembre il dato si uniforma a prescindere dall'approccio e tutte le linee portano a risultati non sufficienti (efficacia prossima al 30%), indipendentemente dal numero di interventi (8 in più nelle linee a calendario) e del posizionamento degli stessi (a turni fissi o modulandoli in funzione delle precipitazioni e delle infezioni potenziali).

Tabella 6. Risultati della prova 3 realizzata nell'anno 2020 confrontando due linee con applicazione a turni fissi (calendario) o secondo modello previsionale (modello)

Tesi	Frutti (incidenza %)				
	25/6	7/7	27/7	10/8	1/9 (raccolta)
Testimone n.t.	39,5 ± 8,2 a ¹	60,8 ± 15,1 a	96,2 ± 7,5 a	99,7 ± 0,5 a	98,3 ± 1,7 a
Linea A (calendario)	3,0 ± 0,8 b (92,4) ²	7,8 ± 2,4 b (87,2)	12,5 ± 9,9 b (87,0)	40,5 ± 4,8 b (59,4)	30,9 ± 9,3 b (68,6)
Linea A (modello)	6,5 ± 2,5 b (83,5)	7,3 ± 1,7 b (88,1)	13,5 ± 5,8 b (86,0)	40,2 ± 4,0 b (59,6)	36,8 ± 15,9 b (62,5)
Linea B (calendario)	4,5 ± 3,4 b (88,6)	8,3 ± 4,6 b (86,4)	14,0 ± 4,9 b (85,5)	41,7 ± 8,9 b (58,1)	44,4 ± 9,8 b (54,3)
Linea B (modello)	6,0 ± 2,2 b (84,8)	7,0 ± 1,6 b (88,5)	12,0 ± 5,3 b (87,5)	46,5 ± 12,1 b (53,4)	41,8 ± 6,4 b (57,5)

¹ Medie nella stessa colonna seguite da lettera diversa sono significativamente differenti (SNK Test $p \leq 0,05$) ² Grado d'azione (efficacia % Abbott)

Tabella 7. Risultati della prova 4 realizzata nell'anno 2021 confrontando due linee con applicazione a turni fissi (calendario) o secondo modello previsionale (modello)

Tesi	Frutti (incidenza %)				
	7/6	22/6	28/7	18/8	2/9 (raccolta)
Testimone n.t.	13,8 ± 6,0 a ¹	43,5 ± 11,5 a	90,8 ± 7,7 a	98,5 ± 1,9 a	100 ± 0 a
Linea A (calendario)	0 ± 0 b (100) ²	13,0 ± 5,3 b (70,1)	32,2 ± 6,7 bc (64,5)	53,5 ± 9,1 bc (45,7)	69,4 ± 6,2 b (30,6)
Linea A (modello)	0 ± 0 b (100)	21,8 ± 5,7 b (50,0)	40,8 ± 7,3 b (55,1)	69,0 ± 8,9 b (29,9)	65,4 ± 9,0 b (34,6)
Linea B (calendario)	0 ± 0 b (100)	11,8 ± 4,2 b (72,8)	22,0 ± 4,7 c (75,8)	44,9 ± 7,0 c (54,4)	65,6 ± 7,6 b (34,4)
Linea B (modello)	0 ± 0 b (100)	16,8 ± 6,2 b (61,3)	45,7 ± 17,6 b (49,7)	63,1 ± 12,2 b (35,9)	67,0 ± 6,6 b (33,0)

⁽¹⁾ Medie nella stessa colonna seguite da lettera diversa sono significativamente differenti (Duncan's Test $p \leq 0,05$) ² Grado d'azione (efficacia % Abbott)

CONCLUSIONI

In merito alle prove sulla tempistica di applicazione pre- e post-infezione in funzione del modello BSP-Spor, focalizzandosi sui gradi d'azione su frutto, emerge quanto segue. Per i ditiocarbammati saggiati (mancozeb e metiram) si osserva un'efficacia lievemente maggiore trattando in post-infezione; dodina e fluxapyroxad sono invece più performanti trattando in pre-infezione; infine per difenoconazolo non sono emerse sostanziali differenze tra le due tempistiche applicative. È comunque opportuno precisare che l'attività dei fungicidi applicati prima di un evento piovoso è anche funzione dell'effetto dilavante della pioggia, così come l'efficacia degli interventi tempestivi post-pioggia dipende dalla durata dell'evento piovoso e quindi dai tempi di rientro in base ai tempi di germinazione delle spore.

Per quanto riguarda le prove con strategie applicate a turni fissi o secondo le informazioni derivate dal modello previsionale BSP-Cast, nel 2020, considerando l'andamento meteorologico registrato ed il rischio epidemico previsto tra giugno e settembre, il modello della Regione Emilia-Romagna ha consentito di effettuare 3 interventi in meno rispetto ad un

approccio a calendario con turni settimanali (16 contro 19 applicazioni), permettendo anche un posizionamento più mirato degli stessi per proteggere la coltura dalle piogge infettanti. L'efficacia delle due linee, anche alla luce di una ridotta differenza tra le strategie, non è stata comunque sostanzialmente diversa in termini di risultato fitoiatrico (dal 69% al 54% a calendario e dal 62% al 57% secondo modello).

Nel 2021, la strategia secondo modello ha invece portato ad una riduzione di 8 interventi fungicidi rispetto ad un approccio a calendario con turni settimanali (14 contro 22 applicazioni). La linea da modello è risultata penalizzata tra luglio e agosto (con una più alta incidenza di danno a fronte di un minor numero di interventi, sostanzialmente assenti nel mese di giugno) con una l'efficacia inferiore. Tuttavia alla raccolta, considerando l'elevata pressione infettiva (100% di danno nel testimone non trattato) non si apprezzano differenze tra i due approcci in termini di efficacia, comunque insufficiente in entrambi (da 31% a 34% a calendario e da 35% a 33% secondo modello). In conclusione, queste prove permettono di evidenziare l'utilità del modello BSP Cast della Regione Emilia-Romagna nel posizionare più oculatamente gli interventi fungicidi in funzione degli eventi infettivi, portando anche ad una riduzione del numero di trattamenti, suggerendo però come la difesa non debba essere azzerata in assenza di rischio previsto da modello perché nel frutteto si possono comunque creare le condizioni predisponenti alle infezioni, in particolare negli anni più recenti nei quali è sostanzialmente aumentata la pressione infettiva del patogeno.

Ringraziamenti

Questi studi sono stati finanziati dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del PSR 2014-2020 Op. 16.1.01 - GO PEI-Agri - FA 4B, Pr. "MAC" con il coordinamento di RI.NOVA.

LAVORI CITATI

- Giosuè S., Rossi V., Bugiani R., Mazzoni C., 2006. Modelling dynamics of airborne conidia of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot of pear. *Pome Fruit Diseases IOBC/wprs Bull.* 29, 1, 169-177
- Llorente I., Montesinos E., 2002. Effect of relative humidity and interrupted wetness periods on brown spot severity of pear caused by *Stemphylium vesicarium*. *Phytopathology*, 92,1, 99-104 DOI: 10.1094/PHYTO.2002.92.1.99
- Llorente I., Montesinos E., 2006. Brown spot of pear: an emerging disease of economic importance in Europe. *Plant Disease*, 90, 11, 1368-1375. DOI: 10.1094/PD-90-1368
- Llorente I., Moragrega C., Vilardell P., Montesinos E., Bugiani R., Govoni P., Gherardi I., 2002. Field evaluation of a brown spot disease predictor as a system for scheduling fungicide sprays for control of *Stemphylium vesicarium* on pear. *Acta Horticulturae*. ISSN: 0567-7572
- Montesinos E., Moragrega C., Llorente I., Vilardell P., Bonaterra A., Ponti I., Bugiani R., Cavanni P., Brunelli A., 1995. Development and evaluation of an infection model for *Stemphylium vesicarium* on pear based on temperature and wetness duration. *Phytopathology*, 85, 586-592
- RER, 2021. Regione Emilia-Romagna, Servizio Fitosanitario Regionale. Modello previsionale BSP-Cast (Brown Spot Pear Cast). <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/temi/difesa-sostenibile-delle-produzioni/previsione/funghi-e-batteri/bsp-cast-brown-spot-pear-cast>
- Rossi V., Bugiani R., Giosuè S., Natali P., 2005. Patterns of airborne conidia of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot disease of pears, in relation to weather conditions. *Aerobiologia*, 21, 3-4, 203-216 DOI: 10.1007/s10453-005-9002-y