

VALIDAZIONE DI UN MODELLO PER *PHOMOPSIS AMYGDALI* AGENTE DI CANCRI RAMEALI DEL PESCO

R. BUGIANI¹, F. FRANCESCHELLI²

¹ Servizio Fitosanitario – Regione Emilia-Romagna - Via A. da Formigine 3, 40129 Bologna

² Astra Innovazione e Sviluppo CdS, Via Tebano 45, 48018 Faenza (RA)

riccardo.bugiani@regione.emilia-romagna.it

fabio.franceschelli@astrainnovazione.it

RIASSUNTO

Negli anni 2016-2018 è stato effettuato uno studio epidemiologico validando un modello previsionale americano per la sporulazione di *P. amygdali* su pesco. La validazione è stata effettuata confrontando i valori massimi di sporulazione giornalieri con la comparsa dei sintomi della malattia su astoni non trattati e trattati con thiophanate methyl esposti in un frutteto gravemente colpito dalla malattia per periodi di circa due settimane in località Boncellino (Ravenna). Il modello ha permesso di stimare correttamente il rischio infettivo nell'80% dei casi. Lo studio ha messo in evidenza come le condizioni meteorologiche favorevoli alla malattia possano verificarsi sia in autunno che in primavera. L'utilizzo del modello previsionale potrà essere utile nell'individuare i momenti di rischio infettivo e permetterà di intervenire con trattamenti più puntuali e precisi.

Parole chiave: modello previsionale, studio epidemiologico

SUMMARY

VALIDATION OF A FORECASTING MODEL FOR SPORULATION AND INFECTION OF *PHOMOPSIS AMYGDALI* CAUSAL AGENT OF PEACH CONSTRICTION CANKER

An epidemiological study was carried out over the years 2016-2018 with the aim to validate an American forecasting model for the sporulation of *P. amygdali* on peach. The validation was carried out by comparing the maximum daily sporulation values calculated by the model with the occurrence of disease symptoms on untreated and Enovit-metyl-treated potted peach plants exposed for periods of about two weeks in an untreated orchard severely affected by the disease located in Boncellino (Ravenna, Po Valley). The model correctly estimated the infection risk in 80% of cases. The study showed that weather conditions favorable to the disease can occur both in autumn and in spring. The use of the forecasting model will be useful in determining the infectious risk during the growing season and spraying accordingly.

Keywords: epidemiological study

INTRODUZIONE

I cancri rameali causati da *Phomopsis amygdali* rappresentano una delle più gravi malattie del legno del pesco (Lalancette et al, 2000), specialmente in alcune varietà di percoche destinate all'industria. Tale avversità negli ultimi anni ha causato ingenti danni produttivi agli impianti italiani. Anche se i trattamenti fungicidi possono contenere efficacemente altre malattie del pesco quali nerume e moniliosi, nessun rimedio finora è stato trovato per contenere e gestire i cancri rameali da fusicocco, rendendo la sua gestione particolarmente difficile.

La lotta contro questo pericoloso agente patogeno si basava su interventi chimici da attuarsi soprattutto in autunno e all'inizio della ripresa vegetativa, quando la presenza di micro-ferite rende le piante particolarmente recettive alla malattia. In questo periodo infatti sono presenti sulla pianta numerose microlesioni di origine fisiologica (ingrossamento delle gemme, sviluppo dei fiori, caduta delle foglie, ecc.) e antropica (potatura, diradamento, ecc.) attraverso cui il

patogeno può facilmente penetrare all'interno dell'ospite e originare nuove infezioni. Si riteneva quindi necessario proteggere la pianta durante tutta la fase di caduta foglie specialmente se in concomitanza di temperature miti e con prolungati periodi di bagnatura.

Tuttavia, tale strategia di difesa non ha prodotto risultati soddisfacenti. Studi eseguiti in USA hanno dimostrato che i fattori di rischio coinvolti nello sviluppo delle epidemie sono legati, oltre che all'epoca di applicazione dei fungicidi, dai tagli di potatura e dalle microlesioni causate dalla caduta delle foglie (Lalancette et al., 2001 e 2002, Uddin et al., 1998). Studi eseguiti in Spagna su mandorlo hanno evidenziato che anche i trattamenti primaverili contribuiscono al controllo della malattia (Orell M.A., 2014). Sempre negli USA sono state studiate le condizioni ambientali favorevoli per la sporulazione del fungo (Lalancette et al., 2003). Lo studio evidenzia che il patogeno emette i cirri contenenti i conidi responsabili delle nuove infezioni durante un periodo di bagnatura accompagnato da temperature favorevoli; le temperature favorevoli per la sporulazione del fungo sono fra 15 e 25°C con un ottimo a 20°C.

Il presente lavoro ha avuto come obiettivo la validazione del modello di Lalancette et al. (2003) nelle condizioni di campo e la determinazione dei periodi infettivi principali nel corso della stagione vegetativa col fine di posizionare al meglio gli interventi fungicidi.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato eseguito a Bagnacavallo (Ra) dal 2016 al 2018. Dal 20 maggio 2016 fino a maggio 2018, e indicativamente ogni 15 giorni, sono stati esposti gruppi di 6 astoni in vaso (piante spia) della cv. Andross (percola tardiva a polpa gialla particolarmente sensibile a *P. amygdali*) opportunamente cartellinati, in una porzione non trattata di frutteto colpito da fusicocco. Tre dei 6 astoni, prima della collocazione in frutteto, sono stati trattati con una soluzione di Enovit metile alla dose corrispondente a 100 mL/hL. Per l'intera durata della prova sono stati raccolti dati meteorologici orari di ARPA-smr interpolati 5 x 5 km dell'area oggetto della prova. Dopo l'esposizione in frutteto le piantine sono state sostituite con nuove sane, spostate e mantenute al riparo da ulteriori fonti di inoculo e osservate per 20-30 giorni al fine di rilevare sintomi imputabili a *P. amygdali* (cancri perigemmali con successivi disseccamenti). Man mano che le piante mostravano sintomi venivano allontanate onde evitare possibili contaminazioni. I risultati dell'esposizione in campo sono stati confrontati con i dati forniti dal modello climatico di sporulazione del fungo di Lalancette et al. (2003). Le ore di bagnatura continua sono state calcolate dalle 13.00 alle 12.00 del giorno successivo. Gli indici di rischio giornalieri sono stati calcolati in base al modello che fornisce in base alla temperatura calcolata durante il periodo di bagnatura, il numero di conidi per picnidio. Sono stati altresì calcolati gli indici di rischio giornaliero per tutto il periodo di esposizione delle piante spia (RCexp) e l'indice massimo giornaliero raggiunto (Rmax), allo scopo di valutare se questi indici potessero essere utilizzati per individuare anche il momento di rischio infettivo.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Nei grafici 1, 2 e 3 sono riportate le condizioni meteorologiche relative alla località di Boncellino (RA) per gli anni 2016, 2017 e 2018, oggetto dello studio.

Nel 2016 da maggio a agosto le condizioni sono state abbastanza asciutte, mentre dalla fine di agosto e fino a ottobre si sono verificati intensi periodi di pioggia e temperature elevate. Successivamente, le temperature si sono rapidamente abbassate. Il 2017 è stato caratterizzato da una primavera piovosa fino a maggio, seguito da un periodo asciutto fino ad ottobre, con sporadiche piogge e bagnature limitate; le piogge hanno ripreso in settembre ed ottobre, fino alla metà di novembre. Il 2018 ha fatto registrare un inverno con temperature nella norma e con

piogge fino a marzo; aprile è stato particolarmente asciutto e caldo. Temperature elevate e piogge hanno caratterizzato il periodo di maggio, termine ultimo della prova.

Grafico 1. Andamento meteorologico del 2016 in località Boncellino (RA)

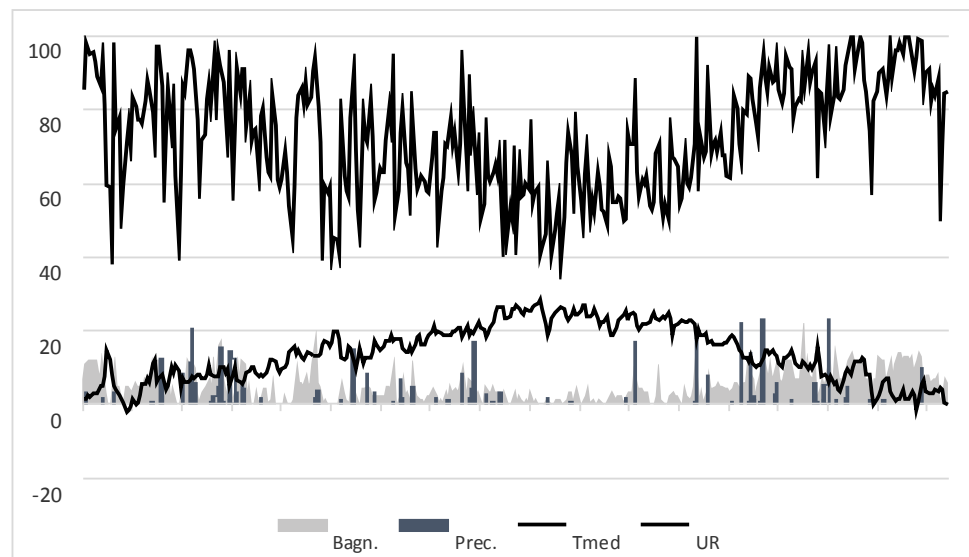


Grafico 2. Andamento meteorologico del 2017 in località Boncellino (RA)

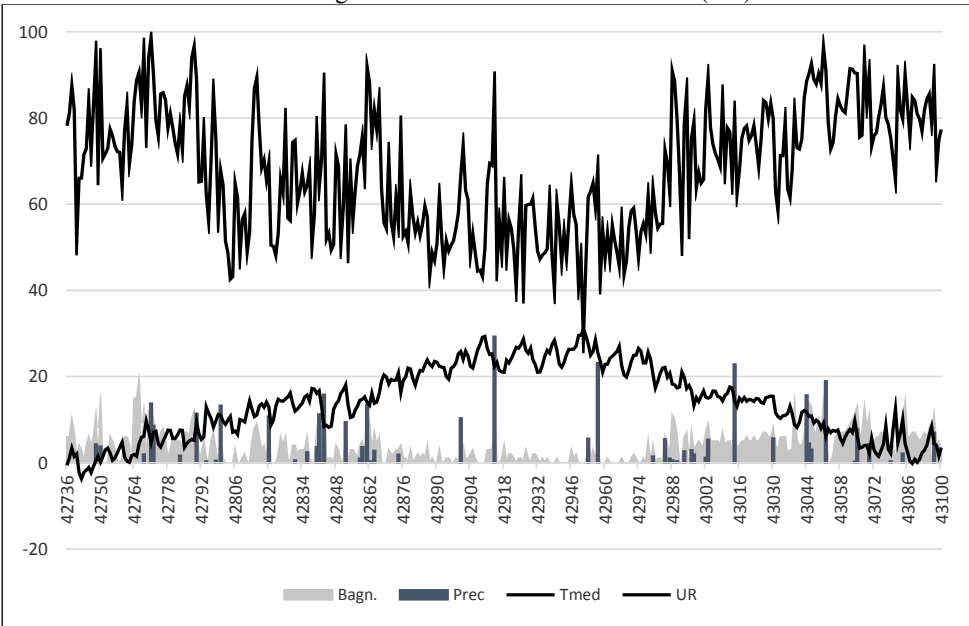
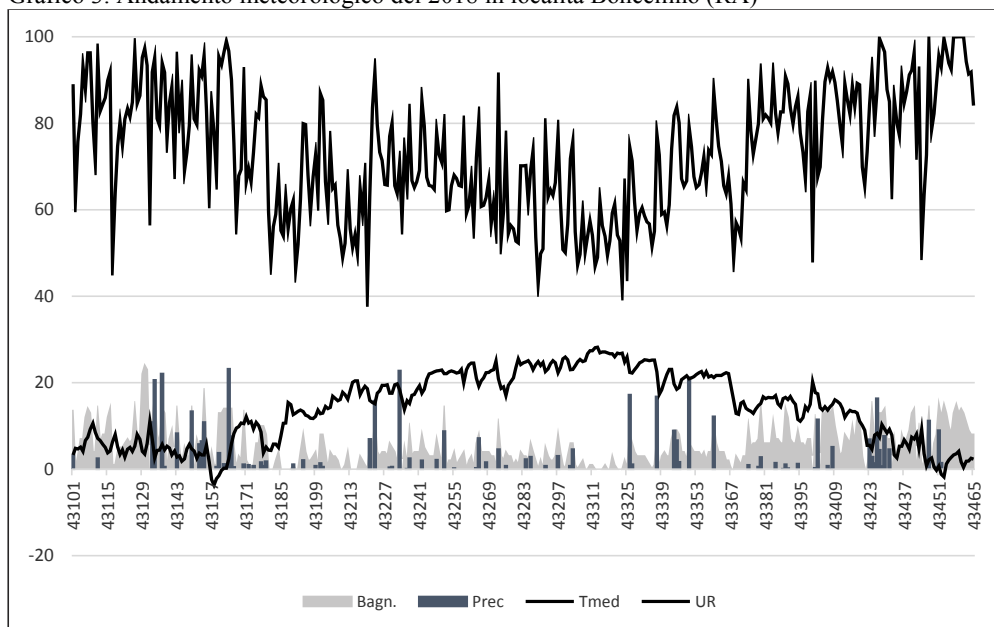


Grafico 3. Andamento meteorologico del 2018 in località Boncellino (RA)



Nelle tabelle 1, 2 e 3 sono riportate le date di esposizione in campo dei diversi gruppi di piante spia rispettivamente nel 2016, 2017 e 2018. I periodi in cui si sono osservati sintomi di *P. amygdali* sui testimoni non trattati sono evidenziati in grigio.

Risultati 2016

Da fine maggio a dicembre si sono susseguiti 15 periodi di esposizione. L'indice di rischio cumulato è stato particolarmente elevato nei periodi di esposizione 1, 2 (nel mese di giugno), 9, 10 (nel mese di ottobre), 11, 12 e 13 (nel mese di novembre). Negli stessi periodi di esposizione ad esclusione del 12 gli astoni di pesco non trattati preventivamente sono risultati infetti mentre quelli trattati non hanno manifestato sintomi della malattia anche dopo un mese dall'evento infettivo. Nelle esposizioni 1, 2, 9 e 13 si sono infettati 2 astoni su 3, mentre nell'esposizione n.10 solo 1 su 3. Nei periodi di esposizione infettivi vi è stato almeno un giorno con un valore di rischio superiore a 1,4.

Tabella 1. Sintesi dei risultati delle esposizioni nel 2016. In grigio i periodi di esposizione in cui si sono verificati eventi infettivi

Periodo di esposizione		Astoni non trattati sintomatici	Astoni trattate sintomatici	N° giorni pioggia	Mm pioggia	Indice di rischio cumulato nel periodo di esposizione (RCexp)	Massimo Indice di rischio giornaliero nel periodo di esposizione (Rmax)
1	20/5 – 6/6	2/3	0	6	21	3,53	3,51
2	6/6 – 20/6	2/3	0	5	57,3	2,05	1,81
3	20/6 – 8/7	0	0	0	0	0	0
4	8/7 – 19/7	0	0	1	16,1	0	0
5	19/7 – 3/8	0	0	3	20,6	0	0
6	3/8 – 14/8	0	0	3	15,6	0,35	0,27
7	14/8 – 24/8	0	0	2	13,9	1,15	0,90
8	26/8 – 13/9	0	0	1	7,8	0,11	0,05
9	13/9 – 5/10	2/3	0	6	78,2	6,00	3
10	5/10 – 22/10	1/3	0	11	80,7	18,3	2,98
11	22/10 – 4/11	1/3	0	0	0	6,45	2,52
12	4/11 – 21/11	0	0	7	75,2	4,21	1,14
13	21/11 – 8/12	2/3	0	3	1,4	7,00	1,83
14	8/12 – 22/12	0	0	2	18,8	0,40	0,05
15	22/12 – 3/1	0	0	1	8,1	0,05	0,01

Risultati 2017

Nel 2017 le piante spia sono state esposte 23 volte. L'indice di rischio cumulato è risultato alto soprattutto nei periodi di esposizione n.24 (fine aprile – seconda decade di maggio), 32, 33, 34, 35 e 36 (nei mesi di settembre, ottobre e novembre). Le piante spia trattate sono rimaste sane in tutte le esposizioni a esclusione della 21 (indice di rischio cumulato pari 1,57 e indice massimo di rischio pari 0,60) nel quale tutti gli astoni non trattati ma anche 2 astoni su 3 trattati, hanno mostrato sintomi ascrivibili a cancri rameali da fusicocco. Due su 3 astoni non trattati sono risultati sintomatici nell'esposizione 24, mentre 1 astone su 3 hanno manifestato sintomi nelle esposizioni 32, 33, 34, 35 e 36. Il valore di rischio Rmax superiore a 1,4 è stato rilevato nelle esposizioni 24, 32, 33 e 36, ma non nelle esposizioni n. 34 e 35.

Tabella 2. Sintesi dei risultati delle esposizioni nel 2017. In grigio i periodi di esposizione in cui si sono verificati eventi infettivi

Periodo di esposizione		Astoni non trattati sintomatici	Astoni trattati sintomatici	Pioggie (gg)	Pioggie (mm)	Indice di rischio cumulato nel periodo di esposizione (RCexp)	Max Indice di rischio giornaliero nel periodo di esposizione (Rmax)
16	3/1 – 16/1	0/3	0/3	2	13,4	0,014	0,01
17	16/1 – 1/2	0/3	0/3	0	0	0,30	0,18
18	1/2 – 16/2	0/3	0/3	4	23,2	0,69	0,04
19	16/2 – 2/3	0/3	0/3	4	19,6	2,07	0,60
20	2/3 – 15/3	0/3	0/3	2	13,2	0,072	0,07
21	15/3 – 30/3	3/3*	2/3	1	3,1	1,57	0,60
22	30/3 – 12/4	0/3	0/3	1	2,9	1,32	0,35
23	15/4 – 26/4	0/3	0/3	4	38,4	1,45	1,17
24	26/4 – 12/5	2/3	0/3	6	52,4	4,80	2,4
25	12/5 – 26/5	0/3	0/3	2	1,3	0,54	0,04
26	26/5 – 12/6	0/3	0/3	0	0	0,075	0,06
27	12/6 – 26/6	0/3	0/3	1	10,4	0,84	0,30
28	26/6 – 12/7	0/3	0/3	1	29,3	1,40	1,25
29	12/7 – 21/7	0/3	0/3	0	0	0,163	0,05
30	21/7 – 17/8	0/3	0/3	2	28,7	1,62	1,04
31	17/8 – 4/9	0/3	0/3	4	14,2	0,67	0,2
32	4/9 – 20/9	1/3	0/3	9	47,5	15,6	4,4
33	20/9 – 4/10	1/3	0/3	2	6,6	7,34	1,6
34	4/10 – 17/10	1/3	0/3	1	22,9	2,98	0,5
35	17/10 – 3/11	1/3	0/3	2	8	3,44	0,7
36	3/11 – 20/11	1/3	0/3	6	151,2	5,95	1,4
37	20/11 – 15/12	0/3	0/3	9	34,1	1,48	0,4
38	15/12 – 9/1	0/3	0/3	4	16,4	2,16	0,73

Risultati 2018

Nel 2018 i lotti di astoni sono stati esposti per 6 volte (dal 9/1 a 8/5). L'indice di rischio cumulato è stato particolarmente elevato nei periodi di esposizione n.41 (marzo), e n.44 (nei mesi di aprile e maggio). I lotti di astoni trattati sono rimasti sani in tutti gli eventi di esposizione ad esclusione dell'evento n.41 (RCexp = 2,42 e Rmax = 0,72) e 43 (RCexp = 1,91 e Rmax = 1,12) nei quali 1 astone e 2 astoni su 3 rispettivamente sono risultati sintomatici. Invece 1 astone su 3 esposti e non trattati sono risultati sintomatici. L'indice di rischio si è incrementato soprattutto nelle esposizioni n. 41 e 44. Il valore di rischio Rmax superiore a 1,4 è stato rilevato solamente nell'esposizione n. 44 (Rmax =2,1), ma non nelle esposizioni n. 41 e 43 con valori di 0,72 e 1,12 rispettivamente.

Tabella 3. Sintesi dei risultati delle esposizioni nel 2018. In grigio i periodi di esposizione in cui si sono verificati eventi infettivi

Periodo di esposizione		Astoni non trattati sintomatici	Astoni trattati sintomatici	Piogge (gg)	Piogge (mm)	Indice di rischio cumulato nel periodo di esposizione (RCexp)	Massimo Indice di rischio giornaliero nel periodo di esposizione (Rmax)
39	9/1 – 1/2	0/3	0/3	1	2,5	1,56	0,27
40	1/2 – 8/3	0/3	0/3	20	216,4	1,28	0,13
41	8/3 – 26/3	1/3	1/3	7	12,6	2,49	0,72
42	25/3 – 9/4	0/3	0/3	4	6,8	0,90	0,68
43	9/4 – 24/4	1/3	2/3	3	3,6	1,91	1,12
44	24/4 – 8/5	1/3	0/3	3	32,4	6,73	2,1

Sui 44 dati di esposizione delle piante spia è stata eseguita l'analisi statistica ROC per determinare quale valore dell'indice Rmax potesse massimizzare i risultati ottenuti. Sono state stabilite a priori le seguenti 6 classi (0 – 0,5; 0,51 – 1; 1,01 – 1,39; 1,4 – 2; 2,01 – 3; >3) con un valore di cut-off pari a 1,40. I risultati sono indicati nella tabella 4 e 5.

Tabella 4: Analisi ROC

Rmax	astoni sani	astoni infetti	FPR	TPR	AUC
			1	1	0,645161
0 - 0,5	20	0	0,354839	1	0,119107
0,51 - 1	4	1	0,225806	0,923077	0,109181
1,01 - 1,39	4	1	0,096774	0,846154	0,052109
1,4 - 2	3	4	0	0,538462	0
2,01 - 3	0	5	0	0,153846	0
>3	0	2	0	0	0
					0,925558

(ACC)	Accuracy	0,818181818
True Positive Rate (TPR)	Sensitivity	0,6875
True Negative Rate (TNR)	Specificity	0,892857143
False Positive Rate (FPR)		0,107142857
Positive Predictive Value (PPV)		0,785714286
Negative Predictive Value (NPV)		0,833333333

Tenendo conto della possibile soglia di rischio pari a un valore giornaliero di Rmax=1,4 (valore al di sotto del quale le piante esposte non si sono mai infettate), è stato possibile constatare che il modello, nei due anni di validazione, ha permesso di stimare correttamente il rischio d'infezione con una accuratezza dell'81,8% dei casi (ossia 36 su 44 casi). Il rischio è risultato sovrastimato (falsi allarmi) nel 6,8% dei casi (ossia 3 su 44); nell'11,4% dei casi (5 su 44) il modello non ha segnalato infezioni che, invece si sono manifestate (mancati allarmi). Nel complesso, il modello ha interpretato correttamente il 66,7% (10 casi su 15) delle infezioni

osservate sulle piante spia. Risulta cautelativo per circa il 7% dei casi valutati, mentre non risulta ancora chiarito un 11% di casi falsi/ negativi. I falsi allarmi potrebbero essere dovuti alle piogge oppure da infezione che hanno dato sintomi più tardivi rispetto al termine delle osservazioni. I mancati allarmi sono di più difficile spiegazione. Una ipotesi, da verificare, è che vi fossero cirri estrusi dal periodo precedente all'esposizione (quindi condizioni favorevoli), che poi sono stati dispersi dalle piogge del periodo di esposizione in analisi (con falso negativo).

Tabella 5. Risultato complessivo per 44 esposizioni effettuate relativo alla correttezza delle infezioni di *P. amygdali* su pesco stimate dal modello previsionale e quelle realmente verificatesi sugli astoni esposti

Infezioni previste /Presenza sintomi 11 (25%)	Infezioni previste / Assenza di sintomi 3 (6,8%)
Infezioni NON previste /Presenza di sintomi 5 (11,4%)	Infezioni NON previste / Assenza di sintomi 25 (56,8%)

CONCLUSIONI

La sperimentazione ha consentito di validare un modello americano sulla sporulazione di *Phomopsis amygdali* nelle condizioni dell'Emilia-Romagna. Lo studio ha messo in evidenza come le condizioni meteorologiche favorevoli alla malattia possono verificarsi sia in autunno ma anche in primavera allorquando la temperatura si mantiene stabile sopra i 13 o 15°C e piogge o nebbie consentono di mantenere la vegetazione bagnata per 22 e 16 ore rispettivamente. I risultati ottenuti dalla validazione appaiono nel complesso soddisfacenti. L'individuazione dei periodi di maggiore rischio infettivo calcolato in base alle condizioni di bagnatura e temperatura potrà essere utile per definire i momenti in cui intervenire, rendendo così i trattamenti più puntuali e precisi. In assenza di rischio infettivo si potranno evitare interventi inutili con ovvie ripercussioni positive sulla riduzione degli inquinanti nelle acque e dell'impatto ambientale.

LAVORI CITATI

- Lalancette, N. and Pold, D.F. 2000. Estimating yield and economic loss from constriction canker of peach. *Plant Disease*. 84: 941-946.
- Lalancette N., Robison D. M., 2001. Seasonal Availability of Inoculum for Constriction Canker of Peach in New Jersey. *Phytopathology*, 91, 1109-1115.
- Lalancette, N. and Robinson, D.M. 2002. Effect of fungicides, application timing, and canker removal on incidence and severity of constriction canker of peach. *Plant Disease*. 86: 721-728.
- Lalancette N., Foster K. A., Robison D. M., 2003. Quantitative models for describing temperature and moisture effects on sporulation of *Phomopsis amygdali* on peach. *Phytopathology*, 93, 1165-1172.
- Orell Regis M. A., 2014. Ensayos de control del chancro de ramas del almendro causado por *Phomopsis amygdali* (Delacr.) J.J Tusset & M.T. Portilla. Proyecto Final de Carrera, Universitat de les Illes Balear, 1-66.
- Ponti I., Laffi F., 2003. Cancro rameale del pesco. In: *Malattie crittogamiche delle piante da frutto*. (Ponti I e Laffi F.) Edizioni L'informatore Agrario, Verona, 35-38.
- Uddin, W. And Stevenson, K.L. 1998. Seasonal development of *Phomopsis* shoot blight of peach and effects of selective pruning and shoot debris management on disease incidence. *Plant Disease*. 82: 565-568.