

PHYMET: PROGRAMMA PER LA GUIDA AI TRATTAMENTI ANTIPERONOSPORICI DEL POMODORO

F. ZINONI¹, A. LIBÈ², C. RAGGI², P. LEGA²

¹ Servizio Meteorologico Regionale, Reg. Emilia Romagna, V.le Silvani 6, 40122 Bologna.

² Servizio Tutela Ambientale, Laboratorio di Agrometeorologia Amministrazione Provinciale di Piacenza, 29027 Gariga di Podenzano (PC)

Riassunto

PHYMET è un modello matematico per la simulazione della comparsa della peronospora del pomodoro (*Phytophthora infestans*). Il modello simula la successione dei cicli nascosti di infezione peronosporica fino alla comparsa della malattia, utilizzando come variabili guida i valori orari di temperatura dell'aria, precipitazione e bagnatura fogliare. In mancanza della bagnatura fogliare, il modello provvede alla sua stima utilizzando una funzione statistica alimentata dai dati orari di umidità dell'aria. Il modello non è il risultato di nuove prove sperimentali ma semplicemente un'applicazione delle conoscenze dedotte dalla letteratura, prendendo come riferimento principale le ipotesi riportate da Casarini (1988). I risultati del modello sono stati confrontati con le date di comparsa della malattia rilevate in provincia di Piacenza negli anni 1983 - 1995. Il modello si è rivelato sempre cautelativo, non essendo mai stata osservata la malattia se non prevista; inoltre negli anni in cui la peronospora ha fatto la sua comparsa, lo scarto tra le date previste dal modello e la rilevazione in campo è risultato normalmente contenuto nell'arco di qualche giorno. Nell'ambiente di verifica, il modello può essere efficacemente impiegato ad integrazione dei sistemi operativi in uso.

Parole chiave:

Phytophthora infestans, pomodoro, difesa, modelli previsionali.

Summary

PHYMET: A TOMATO LATE BLIGHT MANAGEMENT PROGRAMME

PHYMET is a mathematical model for the simulation of the appearance of tomato late blight.

The model simulates the invisible infection cycles until the appearance of the disease using hourly temperature, rainfall and leaf wetness values as guidance. If leaf wetness data is missing the model makes a statistical estimate of them from air humidity data. The model was developed from the technical literature, mainly from assumption given by Casarini (1988) and no special experiments were carried out for this paper. Results were compared with disease observations carried out in Piacenza from 1983 to 1995. The model can be considered prudential because the disease never appeared without being forecasted. Furthermore, in the years when the disease appeared, the bias between simulation and observed data was normally within a few days. The model can be effectively applied in the area of Piacenza in order to integrate the operational systems already in use.

Key words:

Late blight, tomato, protection, simulation models.

Introduzione

La *Phytophthora infestans* costituisce la principale avversità fungina delle colture erbacee industriali presenti in Emilia Romagna. La lotta contro questa avversità si è sviluppata fin dall'inizio in due settori considerati strategici per la redditività della coltura: l'impiego di prodotti efficaci e il contenimento del numero di trattamenti.

Quest'ultimo aspetto ha assunto un'importanza sempre maggiore col passare degli anni quanto il superamento del concetto di produzione massima e il sopravvento di nuovi obiettivi ben rappresentati dai neologismi ormai comuni quali: sistema agroambientale, produzioni integrate, ed altri, indicano nella

riduzione dei trattamenti un elemento ormai fondamentale della tecnica di produzione.

L'attenzione verso sistemi volti alla esecuzione mirata dei trattamenti nella coltivazione del pomodoro risale in Emilia Romagna al 1964, con ricerche ed osservazioni che hanno consentito la realizzazione di un primo strumento previsionale (criterio E.R.) indirizzato alla gestione della lotta antiperonosporica (Casarini, 1969).

Lo sviluppo della ricerca ha riguardato dapprima la valutazione di semplici modelli previsionali reperiti dalla bibliografia internazionale (Ponti *et al.*, 1985) senza osservare apprezzabili risultati nella gestione della difesa fitosanitaria; successivamente la messa a punto di un nuovo modello realizzato sui dati locali, modello I.P.I. (Ponti *et al.*, 1991), ha costituito i presupposti per l'avvio di programmi guidati nella difesa del pomodoro con apprezzabili risultati. L'impiego di tale modello nei programmi di difesa fitosanitaria regionale ha consentito di ridurre di circa il 50% il numero di trattamenti mediamente effettuati, ma l'analisi delle date di comparsa osservate e previste lascia intravedere una eccessiva cautela del modello e quindi si ravvisa la necessità di fornire ulteriori criteri che permettano di definire meglio la data dell'intervento.

Le variabili guida dei metodi fin qui utilizzati sono costituite dai parametri meteorologici di più facile reperimento quali: temperatura, umidità relativa e precipitazione giornaliera (Wallin e Riley, 1960; Casarini, 1969; Ponti *et al.*, 1991), tralasciando la bagnatura fogliare. La letteratura internazionale però assegna alla durata della bagnatura dell'ospite il ruolo principale per la diffusione dell'infezione (Hyre e Horsfall, 1951; Wallin, 1962; Krause *et al.*, 1975; Casarini, 1980; Conce e Duvauchelle, 1982) e pertanto risulta essere un parametro difficilmente trascurabile. In alcuni casi la formazione degli sporangi e la loro germinazione è stata messa in relazione con valori di umidità relativa dell'aria superiore all' 85 - 90% (Harrison e Lowe, 1989; Duvauchelle, 1991; Wilks e Shen, 1991), questi valori sembrano approssimare assai bene le condizioni di foglia bagnata (De Falcis *et al.*, 1993). Sulla ipotesi di periodi favorevoli ed altri sfavorevoli allo sviluppo della fitopatia, determinati utilizzando valori orari di temperatura, precipitazione e bagnatura fogliare (o in alternativa umidità relativa), si è sviluppato un nuovo modello previsionale.

Materiali e metodi

Lo sviluppo di infezioni di *Phytophthora infestans* è legato alla successione di eventi che rispondono in modo differente alle condizioni ambientali. Il modello PHYMET è stato realizzato prendendo come riferimento principale le esigenze ambientali descritte per le varie fasi di sviluppo del patogeno in Casarini (1988). Il ciclo di sviluppo è stato suddiviso in quattro fasi:

- formazione degli sporangi;
- formazione e liberazione delle zoospore;
- germinazione delle zoospore e inoculo;
- incubazione del micelio.

Le prime tre fasi sono condizionate da temperatura e bagnatura fogliare mentre la crescita del micelio è determinata esclusivamente dai valori di temperatura. Ognuna delle suddette fasi presenta esigenze termiche differenti, con valori massimi di sviluppo compresi tra 14 e 22 °C, temperature cardinali massime comprese tra 25 e 32 °C e temperatura minima più esigente nella fase di formazione delle zoospore di circa 10 °C. Per semplicità, il tasso di sviluppo si è ipotizzato costante nel campo di variazione di più o meno 2 °C intorno al punto di massimo sviluppo e con variazione lineare nelle zone di tasso variabile.

Il modello è stato sviluppato sulla base delle seguenti assunzioni:

- la bagnatura della vegetazione esercita un ruolo fondamentale nella comparsa dell'infezione fungina senza intervenire sulla velocità con cui avviene il processo;
- l'avvio di un ciclo infettivo avviene solamente a seguito di eventi piovosi;
- la presenza di un periodo asciutto superiore ad una soglia empirica prefissata arresta lo sviluppo del ciclo;
- la temperatura non interviene ad attivare o interrompere i cicli infettivi ma regola solamente la velocità con cui i cicli si completano;
- la malattia diventa visibile solo dopo alcuni cicli di infezione pressochè nascosti alle normali rilevazioni a campo.
- l'avvio della simulazione può essere fatto corrispondere con l'inizio della coltivazione del pomodoro essendo simili le esigenze termiche del pomodoro e della fase di formazione delle zoospore della *Phytophthora infestans*.

L'interruzione di un ciclo infettivo, una volta avviato dall'evento piovoso, può essere determinata solo dal superamento di una soglia empirica di ore consecutive senza bagnatura fogliare che si verifichino durante le prime tre fasi del ciclo.

Il modello è alimentato dai soli dati meteorologici orari e la sua taratura e verifica è stata effettuata simulando la bagnatura fogliare a partire dai valori medi orari di umidità relativa.

Il modello (figura 1) è stato sviluppato adattando le funzioni ai dati meteorologici e fitopatologici degli anni 1988 e 1992, modificando la durata delle singole fasi del ciclo rispetto ai valori riportati in bibliografia al fine di esplicitare la variabilità delle condizioni di pieno campo che normalmente riducono la pressione infettiva rispetto alle prove effettuate in ambiente controllato. Nella definizione dei parametri si è considerato in ordine di importanza:

- il tipo di errore commesso, ammettendo solo errori di tipo cautelativo, cioè non deve mai comparire la malattia se non è stata segnalata dal modello;
- l'errore della stima comparato rispetto al modello IPI preso come test di riferimento;
- l'errore quadratico medio dei due metodi.

Risultati

La taratura e verifica del modello ha avuto come riferimento i dati raccolti nel periodo 1983 - 1995 nella pianura di Piacenza. Le date di comparsa di *Phytophthora infestans* si riferiscono ai rilievi effettuati dal locale servizio di assistenza tecnica mentre i dati meteorologici sono stati acquisiti dalla locale rete meteorologica dell'Amministrazione Provinciale di Piacenza.

Le stazioni prese a riferimento nell'elaborazione dei dati sono riportate in figura 2 e di volta in volta si è associata per la stima dell'errore della previsione la stazione più prossima al campo in cui è stata osservata la comparsa del patogeno. Il confronto fra i due metodi (modello PHYMET e modello IPI) è stato effettuato nella stessa località.

La mancanza di dati di bagnatura fogliare ha reso necessario l'acquisizione, tramite digitalizzatore, dei dati orari di umidità relativa (la rete meteorologica locale è costituita da stazioni meccaniche a registrazione su carta) e questo ha limitato il periodo per il quale è stato effettuato il confronto ai soli anni 1983, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94 e 95.

Nella fase di taratura sono state confrontate le date di comparsa della malattia con l'evoluzione dei cicli previsti dal modello derivando le seguenti regole:

- la fase di rischio inizia col quarto ciclo simulato dal modello e la comparsa in campo è stata osservata verso la metà del ciclo (nel corso della quarta fase);
- dall'inizio del 4° ciclo (al termine della prima fase) alla comparsa della malattia trascorrono circa 2 - 3 giorni, sufficienti, nelle aziende ben organizzate, per

gestire in relazione alle condizioni meteorologiche le tecniche di controllo della malattia;

- i cicli si considerano solo se ben distinti tra loro; l'intersezione tra loro non comporta un incremento del numero di ciclo infettivo ma costituisce un'indicazione sulla futura probabile gravità della malattia.

Il modello si è mostrato assai sensibile alla variazione della durata del periodo asciutto (numero di ore continue senza bagnatura fogliare) ed i valori che meglio si adattano al soddisfacimento delle ipotesi sopra descritte sono compresi tra 8 e 12 ore.

La figura 3 riporta tre esempi di simulazione dei cicli infettivi previsti dal modello con durata diversa del periodo asciutto. Il valore di 10 ore di periodo asciutto per l'interruzione del ciclo ha permesso in fase di taratura di limitare gli errori rispetto agli altri valori ed è stato successivamente impiegato come soglia operativa del modello.

Nell'analisi dei dati inoltre ci si è limitati al periodo che va dal 20 di aprile, data in cui cominciano ad essere presenti sul territorio una certa quantità di coltivazioni, alla fine di luglio, tralasciando le infezioni tardive che non determinano particolari problemi nell'area di indagine.

La tabella 1 e la figura 4 riportano rispettivamente le date osservate e stimate con i modelli PHYMET e IPI di comparsa delle manifestazioni peronosporiche sulla vegetazione, e gli scarti tra le stime e l'osservato.

Il campione presenta una notevole variabilità passando da anni in cui la comparsa è stata precocissima come il 1988 (10 giugno), ad altri in cui l'infezione si è manifestata nel periodo atteso (fine giugno - inizio luglio), ad altri ancora con comparse tardive (metà luglio) o senza manifestazioni della malattia. Complessivamente si è osservata una buona risposta del modello che in presenza della malattia ha mostrato uno scarto fra valori osservati e valori stimati inferiore rispetto al metodo di riferimento (IPI). Sull'intera serie di osservazioni l'errore quadratico medio relativo al modello PHYMET è stato pari a circa il 50% rispetto al test (Tab. 2), sia considerando i confronti effettuati nel solo sito di comparsa della malattia che le stime di intervento effettuate sull'intero territorio provinciale. Anche nelle situazioni in cui la malattia è stata segnalata con un certo anticipo, la sua comparsa è stata osservata in corrispondenza del ciclo successivo che a sua volta ha individuato con buona precisione il momento dell'intervento fitosanitario (in tale situazione l'applicazione dei risultati del modello avrebbe determinato un solo intervento in più rispetto alla reale necessità).

Anche nel 1990, anno in cui pur essendo prevista la fitopatìa non ha fatto la sua comparsa, il Modello PHYMET avrebbe consigliato un solo intervento cautelativo in corrispondenza della metà di giugno; nel 1991 invece non è stata prevista alcuna comparsa e così è stato.

Conclusioni

La lotta alla peronospora del pomodoro (*P. infestans*) costituisce nell'ambiente della pianura piacentina uno dei principali impegni nella difesa fitosanitaria delle colture erbacee industriali. Con l'impiego del modello previsionale IPI all'interno dei programmi di produzione integrata sono stati dimezzati i trattamenti annuali rispetto alla tecnica tradizionale in uso fino a qualche anno fa (si è passati da 8 - 10 trattamenti effettuati a metà degli anni ottanta, agli attuali 4 - 6 trattamenti), ma il confronto fra le date consigliate dal modello e la comparsa della fitopatìa lascia intravedere la possibilità per un'ulteriore riduzione dei trattamenti.

L'impiego del modello PHYMET potrebbe in talune situazioni ridurre ulteriormente lo scarto tra la data prevista dai modelli previsionali in uso e la data di comparsa della malattia in campo, indirizzando la tecnica di lotta verso una più razionale gestione degli interventi.

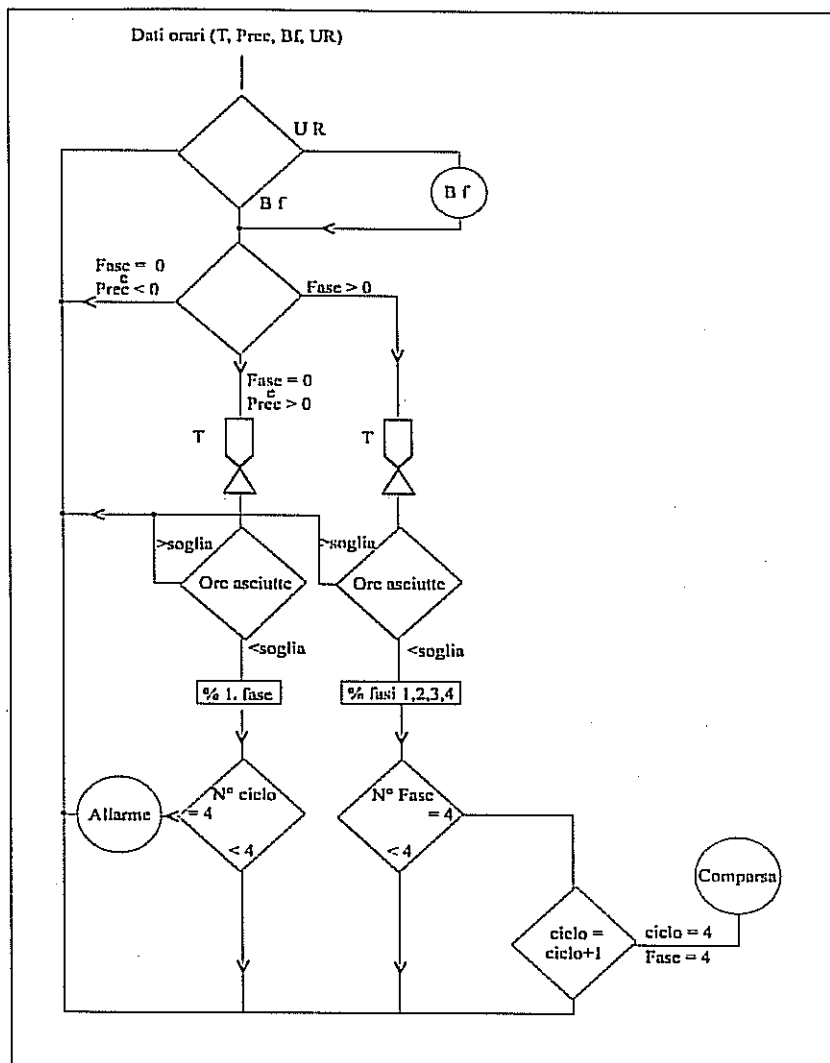


Fig.1 - Schema a blocchi del modello

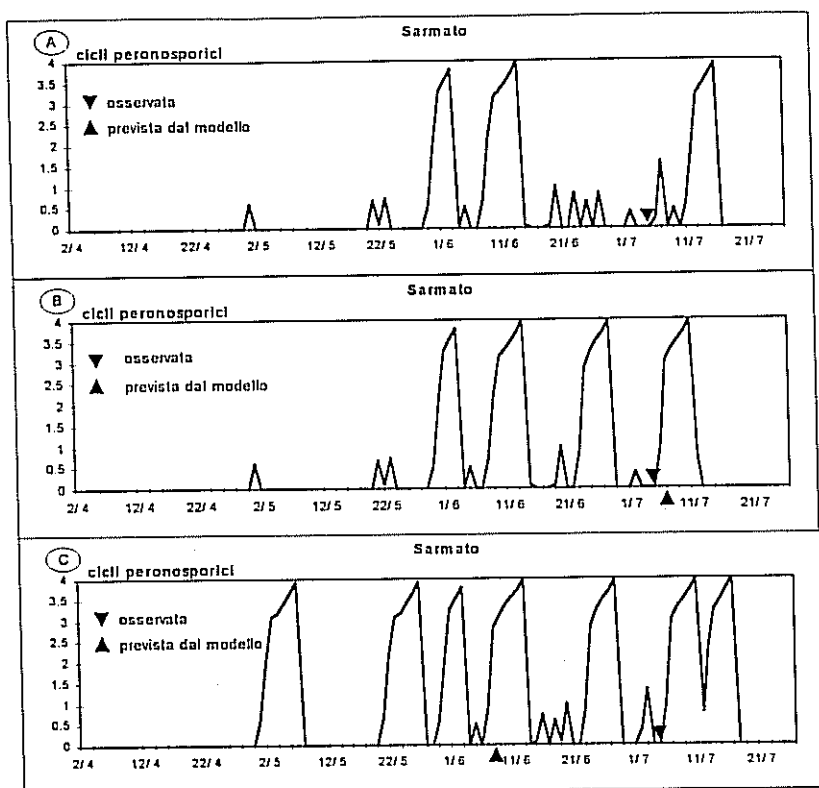


Fig. 2 - Cicli di infezione peronosporica e confronto tra le date di comparsa della malattia prevista dal modello PhyMet e osservata nell'anno 1992. I tre grafici rappresentano i risultati della simulazione con diverse soglie di ore asciutte per l'interruzione del ciclo infettivo; A= 8 ore; B= 10 ore; C=12 ore.

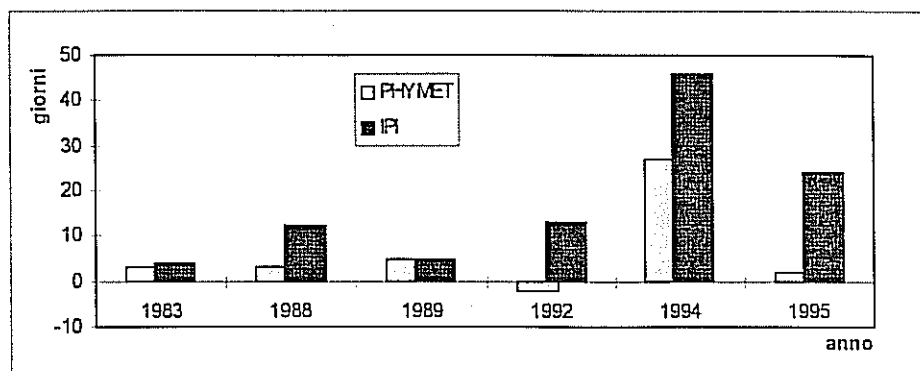


Fig. 3 - Scarto annuale tra la data di comparsa stimata e osservata di *P. infestans* rilevato nei siti di prima comparsa della malattia in provincia di Piacenza.

anno	comparsa	PHYMET	IPI
83	24 giu - (Paderna)	21 giu	20 giu
88	10 giu - (Fiorenzuola)	7 giu	29 mag
89	8 lug - (in tutta la provincia)	3 lug	3 lug
90	non comparsa	16 giu	9 giu
91	non comparsa	non prevista	non prevista
92	5 lug - (Sarmato)	7 lug	22 giu
94	10 lug - (Monticelli)	13 giu	25 mag
95	12 giu - (Monticelli)	10 giu	19 mag

Tab.1 - Data di comparsa di *P. infestans* nella provincia di Piacenza, prevista dai modelli PHYMET ed IPI, ed osservata dal Servizio Locale di Assistenza Tecnica.

	modello PHYMET	modello IPI
EQM (r)	11.4	22.5
EQM (a)	12.4	25.5

Tab.2 - Errore quadratico medio della previsione di comparsa di *P. infestans* sotteso ai modelli PHYMET e IPI negli anni 1983, 88, 89, 92, 94, 95.

(r) = scarto tra data stimata e data osservata determinato nel sito di comparsa.

(a) = scarto massimo tra data stimata e data ossevata di comparsa considerando l'intero territorio provinciale.

Il fattore guida principale del modello è la bagnatura fogliare che può essere misurata oppure stimata partendo dai dati orari di umidità relativa. La variazione del numero di ore asciutte che determinano l'interruzione del ciclo infettivo conferisce al modello una elevata sensibilità e richiede per evitare possibili errori operativi, una buona rappresentatività del dato di bagnatura fogliare in tutta l'area sottesa ai servizi di avvertimento.

Lavori citati

- CASARINI B. (1969). Annali Accademia Nazionale di Agricoltura, LXXXIX, 221-283.
- CASARINI B., (1988). Malattie fungine. In: La difesa delle piante orticole: Fisiopatie, Virosi e Malattie Crittogamiche. Edagricole, Bologna, 272 - 285.
- DE FALCIS D., LIBE' A., RAGGI C., PITACCO A., SALSI A., MARLETTO V., ZINONI F., (1993). Primi risultati di una prova di misura della bagnatura fogliare del pomodoro. Atti del Convegno Nazionale Protezione delle Colture, Regione Abruzzo, Pescara, 7 - 8 ottobre 1993, 107-112.
- DUVAUCHELLE S., (1991). Lutte contre la mildiou de la pomme de terre en France: modèles de prévision pour le avertissements agricoles et stratégie d'utilisation des spécialités contenant des matières actives systémiques face à la résistance. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 21, 49-55.
- HARRISON J. G., LOWE R., (1989). Effects of humidity and air speed on sporulation of *Phytophthora infestans* on potato leaves. Plant Pathology, 38, 585-591.
- HYRE R. A., HORSFALL J. G., (1951). Forecasting potato late blight in Connecticut. Plant Dis. Rep., 35, 423-431.
- KRAUSE R. A., MASSIE L. B., HYRE R. A., (1975). Blitecast: A computerized forecast of potato late blight. Plant Dis. Rep. 59, 95-98.
- PONTI I., CAVANNI P., MARINELLI M., DE FALCIS D., LIBE' A., LEGA P., (1991). Modello previsionale per la peronospora del pomodoro. Atti del seminario: Agrometeorologia applicata, 10 anni di attività nel Piacentino, Piacenza 28/3/1990. Rip. Agr. e Lab. Anal. Terr., Amm. Prov. Piacenza, 22, 167-172.
- PONTI I., CAVANNI P., MAZZINI F., LIBE' A., (1985). Verifica di criteri previsionali della peronospora del pomodoro. Informatore Fitopatologico, 3, 13-21.
- WALLIN J. R., (1962). Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in the United States and Canada. Am. Potato J. 39, 306-312.
- WALLIN J. R., RILEY J. A., (1960). Plant Disease Repr., 44, 227-234.
- WILKS D. S., SHEN K. W., (1991). Threshold relative humidity duration forecasts for plant disease prediction. J. Appl. Meteorol, 30, 463-477.