

## SIMULAZIONE DELL'EFFETTO DI TRATTAMENTI FUNGICIDI PER IL CONTROLLO DI *CERCOSPORA BETICOLA*

V. ROSSI, P. BATTILANI, P. RACCA, S. GIOSUE'

Istituto di Entomologia e Patologia vegetale

Università Cattolica S. Cuore, Via E. Parmense, 84 - 29100 Piacenza

### Riassunto

E' stato utilizzato un modello di simulazione delle epidemie di cercosporiosi su barbabietola da zucchero (CERCODEP, CERCOspora Development of EPidemics) per simulare l'effetto di trattamenti fungicidi sul contenimento della progressione della malattia e della loro interazione con la suscettibilità varietale. I dati ricavati dalle simulazioni sono stati confrontati con i risultati ottenuti in tre prove sperimentali precedentemente condotte in pianura padana nel periodo 1987-89. Le validazioni hanno mostrato una buona corrispondenza fra i valori reali, rilevati in campo, e quelli simulati dal modello ed hanno indicato che l'effetto combinato di resistenza varietale e trattamenti anticercosporici non è interattivo, ma additivo. L'acquisizione di più ampie conoscenze sull'efficacia dei fungicidi anticercosporici e sulle relative curve dose-risposta permetterà di ampliare la gamma di informazioni che il modello CERCODEP può fornire a supporto della difesa della barbabietola da zucchero dalla cercosporiosi.

Parole chiave: *Cercospora beticola*, simulazione, trattamenti fungicidi.

### Summary

#### SIMULATION OF FUNGICIDE EFFECT ON *CERCOSPORA BETICOLA* CONTROL

CERCODEP (CERCOspora Development of EPidemics), a simulation model for *Cercospora* leaf spot on sugarbeet, was used to simulate fungicide effect and cultivar susceptibility on reducing disease progress. Cultivars with different resistance level were considered. Simulated data were compared with actual data from experimental trials carried out in the Po valley from 1987 to 1989. Results showed good correspondence between field data and data simulated by the model. Results suggested that combined effect of cultivar resistance and fungicides is not interactive, but additive. More data on fungicide efficacy and their dose-response curves will allow the expansion of information available in CERCODEP as a support in the control of *Cercospora* leaf spot on sugarbeet.

Key words: *Cercospora beticola*, simulation, fungicidal sprays.

### Introduzione

Gli interventi per il controllo di malattie policicliche, come la cercosporiosi della barbabietola da zucchero, hanno lo scopo di ridurre il tasso di crescita delle epidemie mediante l'impiego di cultivar resistenti o con l'applicazione di fungicidi (Berger, 1977). La disponibilità di modelli capaci di simulare l'effetto dei trattamenti fungicidi riveste particolare interesse per la messa a punto delle strategie di intervento più appropriate (Zadoks, 1971; Berger 1976).

In questo lavoro è stata valutata la possibilità di utilizzare un modello di simulazione dello sviluppo delle epidemie di *Cercospora beticola* Sacc. su barbabietola da zucchero per simulare l'effetto di trattamenti fungicidi ripetuti.

### Materiali e metodi

Sono stati utilizzati dati precedentemente acquisiti, relativi a prove di lotta chimica contro *C. beticola* svolte nel 1987 a Busseto (PR) (Rossi e Battilani, 1988), nel 1988 a Campogalliano (MO) e nel 1989 a Fraore (PR) (Battilani *et al.*, 1990). Sono state poste a confronto parcelle testimone, non trattate, e parcelle trattate a partire dalla comparsa delle prime macchie necrotiche e, successivamente, ogni 18-20 giorni. Sono state considerate cultivar a differente suscettibilità nei confronti del patogeno: 'Zaffiro', 'Extramonosaros' e 'Kawegigamono', suscettibili alla cercosporiosi, 'Lena' parzialmente resistente, 'Monodoro' e 'Cremona', con buona resistenza.

I trattamenti sono stati effettuati distribuendo, mediante attrezzature a ugello, 600 l/ha di acqua contenente 2,5 kg di prodotto tecnico al 10,64 % di propiconazolo a Busseto e 1,2 kg di prodotto tecnico contenente il 18 % di stagno triphenil acetato + 12,5 % di propiconazolo a Campogalliano e Fraore. Il numero totale di trattamenti eseguiti è stato di 2 a Busseto (13/07 e 3/08), 3 a Campogalliano (23/06, 14/07 e 1/08) e a Fraore (12/07, 31/07 e 17/08).

Sono state eseguite stime della gravità della malattia, espressa come percentuale di area fogliare ammalata (Rossi e Battilani 1989 a), su un campione di piante rappresentativo di ciascuna parcella (Rossi e Battilani, 1989 b); le stime hanno avuto cadenza settimanale, a partire dalla comparsa dei primi sintomi sulle cultivar sensibili: il 13/07 a Busseto, il 23/06 a Campogalliano e il 12/07 a Fraore.

Per simulare l'andamento delle epidemie, è stato utilizzato CERCODEP (CERCOspora Development of EPidemics), un modello computerizzato in grado di calcolare l'incremento giornaliero della gravità di malattia, come risultante delle interazioni che si stabiliscono fra il patogeno, le condizioni meteorologiche (temperatura, umidità relativa e pioggia) e l'ospite (suscettibilità varietale e stadio di sviluppo della pianta) (Rossi *et al.*, 1994).

E' stata quindi simulata la progressione delle epidemie di *C. beticola* per ogni cultivar presente nelle prove, utilizzando dati meteorologici medi giornalieri (temperatura, umidità relativa e pioggia) (Battilani *et al.*, 1993) rilevati in capannine meteorologiche poste nelle vicinanze dei

campi sperimentali. L'effetto della suscettibilità varietale nel contenere la progressione della malattia è stato simulato applicando un coefficiente (inferiore a 1) al tasso giornaliero di sviluppo calcolato dal modello, a partire dal giorno di comparsa della malattia (Rossi *et al.*, 1994). Analogamente, per simulare l'effetto dei trattamenti fungicidi è stato applicato un coefficiente di riduzione ad iniziare dal giorno in cui è stato effettuato il primo intervento, fino al termine del presunto periodo di persistenza (considerato pari a 18 giorni) dell'ultimo trattamento. Il valore di questo coefficiente è stato determinato empiricamente in ciascuna prova sperimentale, confrontando i dati di gravità della malattia rilevati in campo e quelli simulati dal modello, nel caso delle cultivar sensibili. Tale coefficiente è stato poi applicato al tasso di sviluppo di tutte le tesi trattate delle altre cultivar.

Per la validazione dei risultati ottenuti dalle simulazioni sono stati utilizzati 3 metodi (Teng, 1981): validazione soggettiva, validazione statistica con metodi non-parametrici e validazione statistica con metodi parametrici.

Per la validazione soggettiva sono stati confrontati, visivamente, i dati rilevati in campo e quelli simulati dal modello. Le due serie di dati sono state considerate concordanti quando le simulazioni sono rientrate nell'intervallo di confidenza al 95% della media dei dati di campo (Zadoks, 1979) per la maggior parte del periodo di sviluppo dell'epidemia.

Come test non-parametrico è stato utilizzato quello di Kolmogorov-Smirnov per 2 campioni (Sidney, 1978). Questo considera i dati simulati e quelli reali come 2 campioni casuali indipendenti con funzioni di distribuzione ignote. L'ipotesi nulla è che le 2 distribuzioni siano uguali in qualsiasi punto. E' stata quindi calcolata la massima distanza (D) tra le funzioni di distribuzione ed è stata confrontata con i valori tabulati (T). L'*output* del modello è stato considerato statisticamente simile alle osservazioni di campo quando D è risultato inferiore a T. Come ultimo test è stata applicata l'analisi della regressione, considerando i dati di campo come variabile indipendente e quelli simulati come variabile dipendente. In questo caso l'ipotesi nulla, verificata utilizzando il test t di Student (Snedecor e Cochran, 1967), è stata che a (intercetta della regressione) fosse uguale a 0 e b (pendenza della regressione) fosse uguale a 1. Quando il test-t è risultato non significativo per entrambe le ipotesi il modello è stato considerato accurato nella simulazione dei dati di campo, mentre quando è risultato significativo per uno dei due parametri è stato applicato il test-F. La statistica F è stata calcolata come:

$$F = \frac{[(n-2) \cdot (n \cdot a^2 + 2n \cdot Y \cdot a \cdot (b-1) + \sum y_i^2 \cdot (b-1)^2)]}{(2n \cdot S^2)}$$

dove n è il numero di osservazioni, a e b sono i parametri della regressione, Y è la media delle simulazioni del modello e S è l'errore standard della variabile dipendente.

### Risultati

Riducendo del 50% il tasso di sviluppo delle epidemie è stato possibile simulare, in modo soddisfacente, l'effetto dei trattamenti fungicidi sulla progressione della malattia in tutte le

prove. I risultati ottenuti applicando tale coefficiente di riduzione sono illustrati nelle Tabelle e nelle Figure da 1 a 3.

Il confronto fra la gravità di malattia simulata dal modello ed i dati rilevati in campo a Busseto nel 1987 (Fig.1 e Tab. 1) ha dato risultati soddisfacenti secondo il test di Kolmogorov-Smirnov e secondo il metodo visivo, anche se, su 'Zaffiro', in corrispondenza dell'ultimo rilievo (24 agosto), i dati simulati sono usciti dall'intervallo di confidenza dei dati di campo. Come conseguenza, il test F relativo al confronto fra valori reali e simulati nel testimone non trattato è risultato significativo. Pure nel caso di 'Lena' il test F ha indicato una insufficiente corrispondenza fra dati reali e simulati, anche se le differenze numeriche fra le due serie di dati sono state molto contenute.

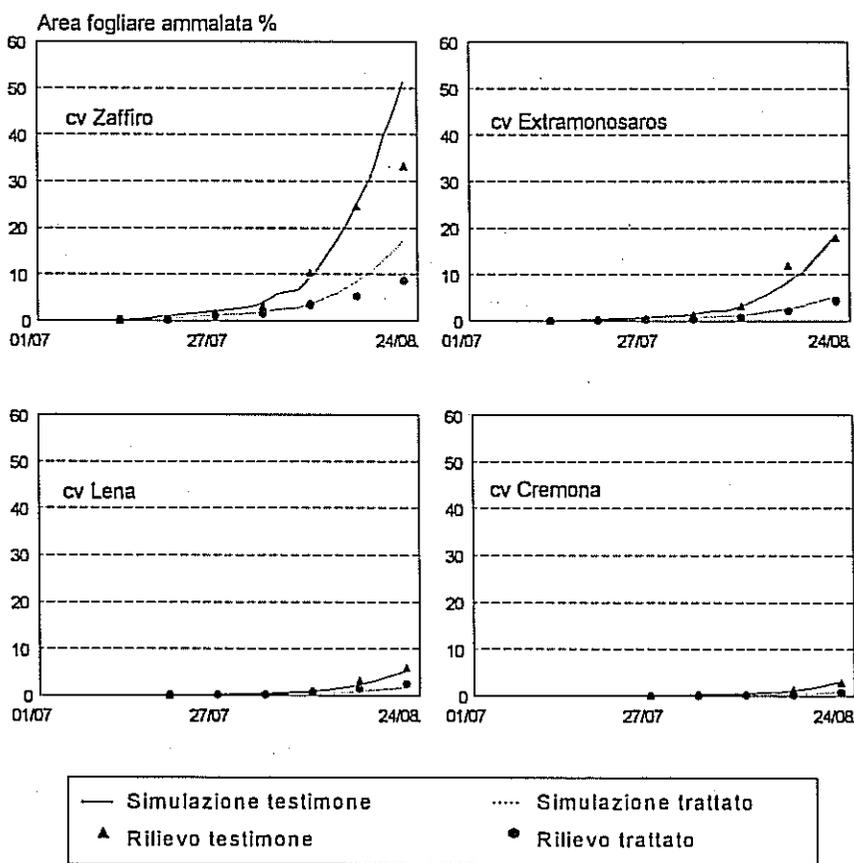


Fig. 1 - Confronto tra gravità della cercosporiosi rilevata in campo e simulata da CERCODEP con e senza impiego di prodotti fungicidi, a Busseto (PR) nel 1987

Tab. 1 - Risultati della validazione relativa alla simulazione dell'effetto di trattamenti fungicidi ottenuta con CERCODEP, utilizzando la comparazione visuale, il test di Kolmogorov-Smirnov e l'analisi della regressione, per quattro cultivar di barbabietola da zucchero coltivate a Busseto (PR) nel 1987.

Cultivar	Visivo (a)	D (b)	a	t <sub>a</sub> (c)	b	t <sub>b</sub> (c)	F (d)	R <sup>2</sup>
<i>Non Trattato</i>								
Zaffiro	c	ns	-1,258	ns	1,379	*	**	0,943
Extramonosaros	c	ns	-0,044	ns	0,951	ns	-	0,965
Lena	c	ns	0,007	ns	0,846	**	*	0,987
Cremona	c	ns	-0,032	ns	1,061	ns	-	0,979
<i>Trattato</i>								
Zaffiro	c	ns	-1,156	ns	1,995	**	ns	0,954
Extramonosaros	c	ns	0,045	ns	1,194	**	ns	0,996
Lena	c	ns	0,031	ns	0,619	**	ns	0,975
Cremona	c	ns	0,012	ns	1,262	**	ns	0,974

(a) confronto visivo: c = concordanza, nc = non concordanza; (b) T del test di Kolmogorov-Smirnov; (c) test-t per ciascun parametro della regressione; (d) test-F per entrambi i parametri delle regressioni: la significatività indica la non corrispondenza dei dati della simulazione con i dati di campo.

ns = non significativo; \* = significativo con P < 0,05; \*\* significativo con P < 0,01.

Anche a Campogalliano, nel 1988 (Fig. 2 e Tab. 2), le simulazioni meno precise hanno riguardato l'andamento della malattia sulla cultivar più sensibile alla cercosporiosi, la 'Kawegigamono', per buona parte del periodo considerato. Infatti, negli ultimi 3 rilievi, i valori di gravità della malattia simulati per il testimone sono risultati inferiori (5 e 11 agosto) o superiori (18 agosto) all'intervallo di confidenza della media reale, anche se i metodi statistici di valutazione hanno definito le simulazioni sufficientemente accurate.

A Fraore, nel 1989 (Fig.3, Tab.3), le simulazioni sono sempre rientrate nell'intervallo di confidenza dei dati rilevati in campo ed i metodi di validazione hanno dato risultati positivi.

In tutte le prove, le simulazioni relative alle cultivar con geni di resistenza ed ai trattamenti anticercosporici hanno quindi fornito valori di gravità della malattia molto simili a quelli rilevati direttamente in campo, tanto da non poter essere considerati significativamente differenti da questi. Risultati poco soddisfacenti sono stati ottenuti nelle prime due prove, limitatamente alle cultivar sensibili non sottoposte a trattamenti anticercosporici; ciò conferma la tendenza del modello a sovrastimare la gravità della malattia quando le simulazioni sono confrontate con valori rilevati su piante che presentano una rivegetazione abbondante (Rossi *et al.*, 1994), come si verifica frequentemente, nel mese di agosto, in presenza di gravi infezioni cercosporiche.

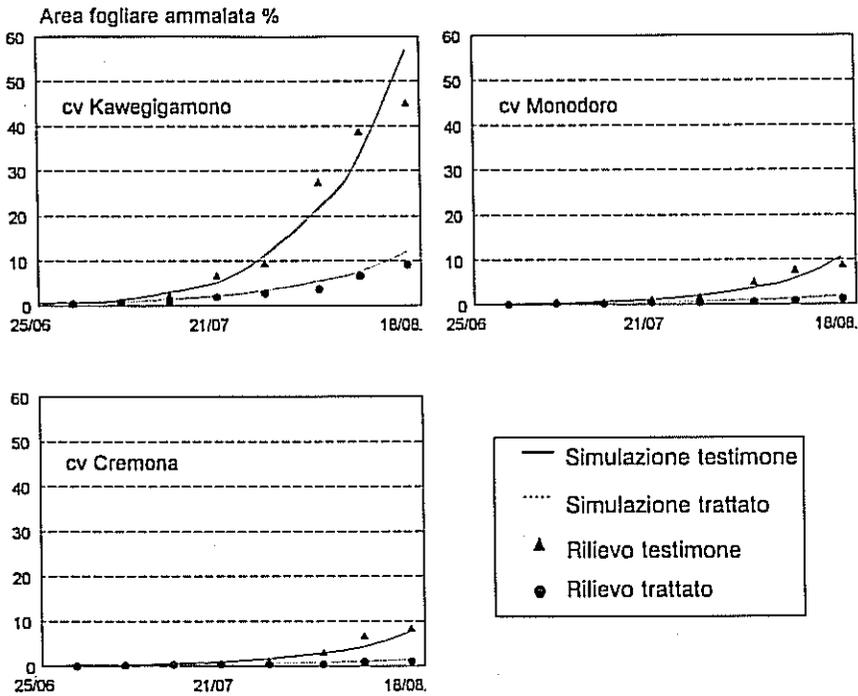


Fig. 2 - Confronto tra gravità della cercosporiosi rilevata in campo e simulata da CERCODEP con e senza impiego di prodotti fungicidi, a Campogalliano (MO) nel 1988

Tab. 2 - Risultati della validazione relativa alla simulazione dell'effetto di trattamenti fungicidi ottenuta con CERCODEP, utilizzando la comparazione visuale, il test di Kolmogorov-Smirnov e l'analisi della regressione, per tre cultivar di barbabietola da zucchero coltivate a Campogalliano (MO) nel 1988.

Cultivar	Visivo (a)	D (b)	a	$t_a$ (c)	b	$t_b$ (c)	F (d)	$R^2$
<i>Non Trattato</i>								
Kawegigamono	nc	ns	-0,717	ns	1,062	ns	-	0,928
Monodoro	c	ns	-0,141	ns	0,995	ns	-	0,905
Cremona	c	ns	0,303	ns	0,783	ns	-	0,934
<i>Trattato</i>								
Kawegigamono	c	ns	-0,600	ns	1,611	**	ns	0,980
Monodoro	c	ns	-0,148	ns	1,928	**	ns	0,984
Cremona	c	ns	-0,096	ns	1,485	ns	-	0,893

(vedi Tab. 1)

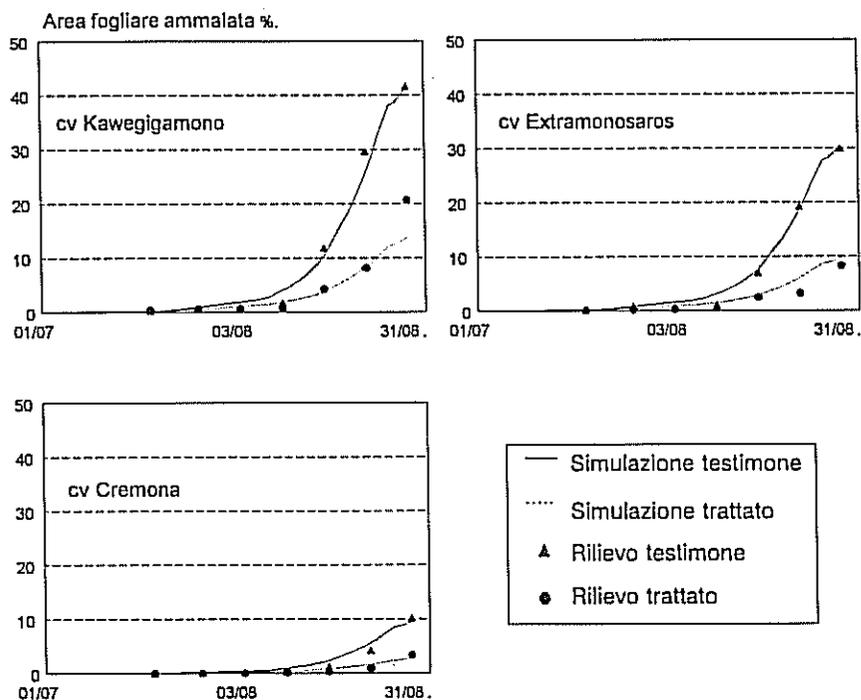


Fig. 3 - Confronto tra gravità della cercosporiosi rilevata in campo e simulata da CERCODEP con e senza impiego di prodotti fungicidi, a Fraore (PR) nel 1989

Tab. 3 - Risultati della validazione relativa alla simulazione dell'effetto di trattamenti fungicidi ottenuta con CERCODEP, utilizzando la comparazione visuale, il test di Kolmogorov-Smirnov e l'analisi della regressione, per tre cultivar di barbabietola da zucchero coltivate a Fraore (PR) 1989.

Cultivar	Visivo (a)	D (b)	a	t <sub>a</sub> (c)	b	t <sub>b</sub> (c)	F (d)	R <sup>2</sup>
<i>Non Trattato</i>								
Kawegigamono	c	ns	0,546	ns	0,933	ns	-	0,989
Extramonosaros	c	ns	0,704	ns	0,979	ns	-	0,995
Cremona	c	ns	0,581	ns	0,931	ns	-	0,970
<i>Trattato</i>								
Kawegigamono	c	ns	0,852	ns	0,669	**	ns	0,953
Extramonosaros	c	ns	0,567	ns	1,181	ns	-	0,946
Cremona	c	ns	0,328	ns	0,777	ns	-	0,884

(vedi Tab. 1)

I risultati hanno indicato che l'impiego contemporaneo di cultivar con geni di resistenza e di trattamenti fungicidi ha un effetto additivo piuttosto che interattivo. Infatti, per ottenere buone simulazioni dell'effetto dei trattamenti non è stato necessario variare il relativo coefficiente di riduzione del tasso di sviluppo delle epidemie al mutare del grado di suscettibilità della cultivar.

### Conclusioni

I risultati ottenuti hanno dimostrato che, utilizzando il modello CERCODEP, è possibile simulare accuratamente l'effetto della resistenza varietale e degli interventi chimici per il contenimento delle epidemie di *C. beticola* su barbabietola da zucchero. Ciò costituisce uno stimolo ad approfondimenti futuri. Infatti, l'acquisizione di dati sulla efficacia dei vari principi attivi anticercosporici, impiegati da soli o in miscela, nel ridurre il tasso giornaliero di infezione come pure la determinazione delle relative curve dose-risposta, potrà ampliare la gamma delle informazioni che il modello può fornire a supporto delle decisioni strategiche e tattiche per il controllo della malattia.

### Lavori citati

- BATTILANI P., BELTRAMI G., MERIGGI P., PONTI I., ROSSI V., ROSSO F., TUGNOLI V., ZOCCA A. (1990). Nuovi indirizzi di difesa anticercosporica. *L'informatore fitopatologico*, 46(23), 53-70.
- BATTILANI P., RACCA P., ROSSI V. (1993). Sensitivity of a simulation model for *Cercospora* leaf spot on sugarbeet to meteorological data. *Proceedings of the Workshop on computer-based DSS on crop protection*. SP report n.7, 225-233.
- BERGER R.D. (1976). Computer simulation of *Cercospora apii* and *Helminthosporium turcicum*. *Proceedings of the American Phytopathological Society*, 3, 217.
- BERGER R.D. (1977). Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. *Annual Review of Phytopathology*, 15, 165-183.
- ROSSI V., BATTILANI P. (1988). Prova di lotta guidata contro *Cercospora beticola* Sacc.. In: *Atti Giornate Fitopatologiche 1988*, 1, 417-426.
- ROSSI V., BATTILANI P. (1989a). Assessment of intensity in *Cercospora* disease on sugarbeet. I. *Journal of Phytopatology*, 124, 63-66.
- ROSSI V., BATTILANI P. (1989b). Assessment of intensity in *Cercospora* disease on sugarbeet. II. *Journal of Phytopatology*, 124, 67-70.
- ROSSI V., RACCA P., BATTILANI P. (1994). A simulation model for *Cercospora* leaf spot epidemics on sugarbeet. *Phytopatologia mediterranea*, 33, 105-112.
- SIDNEY S. (1978). *Statistica non parametrica per le scienze del comportamento*. Ed. Organizzazioni speciali, Firenze, 108-115.
- SNEDECOR G.W. E COCHRAN W.G. (1973). *Statistical methods*. Iowa State University Press, Ames, 593 pp.
- TENG P.S. (1981). Validation of computer models of plant disease epidemics: a review of philosophy and methodology. *Journal of plant disease and protection* 88(1), 49-63.
- ZADOKS J.C. (1971). System analysis and the dynamics of epidemics. *Phytopathology*, 61, 600-610.
- ZADOKS J.C. (1979). Simulation of epidemics: problems and applications. *EPPO Bulletin*, 9, 227-234.