

## IMPIEGO DEL MODELLO STRAW-BOT PER LA DIFESA DA *BOTRYTIS CINEREA* SU FRAGOLA

G. CEREDI<sup>(1)</sup>, S. GIOSUÈ<sup>(2)</sup>, R. BUGIANI<sup>(3)</sup>, L. ANTONIACCI<sup>(3)</sup>, V. ROSSI<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Apofruit, Viale Cooperazione 400, 47020 Pievesestina di Cesena (FC)

<sup>(2)</sup>Istituto di Entomologia e Patologia vegetale, Università Cattolica del Sacro Cuore,  
Via Emilia Parmense 84, 29100 Piacenza

<sup>(3)</sup>Servizio Fitosanitario, Regione Emilia-Romagna, Via Corticella 133, 40129 Bologna  
simona.giosue@unicatt.it

### RIASSUNTO

Un modello di simulazione delle infezioni di *Botrytis cinerea* su fragola è stato sottoposto a validazione sperimentale. Il modello calcola un indice di rischio di infezione durante la fioritura, in funzione delle condizioni meteorologiche e delle variazioni di suscettibilità dei fiori. Nel 2004 e nel 2005 sono state effettuate prove di campo, nella provincia di Forlì-Cesena mettendo a confronto diversi calendari di intervento: trattamenti in base alla fase fenologica, trattamenti aziendali, secondo modello ed un testimone non trattato. Entrambe le annate sono state caratterizzate da condizioni poco favorevoli allo sviluppo della malattia ed il modello ha segnalato in tutti e due i casi la necessità di effettuare un solo trattamento che ha portato a risultati di incidenza di malattia simili a quelli ottenuti con calendari di trattamento tradizionali basati su due interventi.

**Parole chiave:** *Botrytis cinerea*, fragola, modello di simulazione, difesa, prove di campo

### SUMMARY

#### USE OF THE MODEL STRAW-BOT FOR THE CONTROL OF STRAWBERRY GREY MOULD

A simulation model concerning the infection of *Botrytis cinerea* on strawberries was validated in experimental fields. The model calculates a risk index during host blooming, based on meteorological conditions and on changes in flower susceptibility. In 2004 and 2005, different fungicide application schedules, based on (i) the stage of blooming, (ii) the farming practice and (iii) the simulation model were compared in field trials carried out in the district of Forlì-Cesena (Northern Italy). In both years environmental conditions did not favour grey mould infections and the model suggested only one treatment leading to incidence levels similar to those obtained using conventional treatment schedules requiring two sprays.

**Keywords:** *Botrytis cinerea*, strawberry, simulation model, control, field trials

### INTRODUZIONE

La muffa grigia, causata da *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr., è una delle malattie più importanti della fragola che in presenza di condizioni favorevoli può ridurre in modo consistente la produzione. Il contenimento dei danni indotti dalla malattia viene conseguito principalmente proteggendo i fiori dall'infezione attraverso l'applicazione sistematica di fungicidi durante la fioritura (Antoniaci *et al.*, 2000). In presenza di condizioni climatiche particolarmente favorevoli allo sviluppo della malattia, la protezione può risultare insoddisfacente; al contrario, in annate caratterizzate da condizioni poco favorevoli, il numero di interventi con fungicidi può essere eccessivo. Pare quindi opportuno limitare l'applicazione dei trattamenti ai periodi caratterizzati da condizioni realmente favorevoli alla malattia (Xu *et al.*, 2000). Per questo motivo è stato elaborato un modello che calcola un indice di rischio per le infezioni di

muffa grigia durante il periodo di fioritura (Rossi e Racca, 1996) e, in base a valori soglia di tale indice, determina il corretto posizionamento dei trattamenti.

In una prima validazione eseguita *a posteriori* su prove di confronto fra strategie di intervento che non includevano l'impiego del modello, Straw-bot aveva dimostrato la capacità di individuare con precisione i periodi di rischio infettivo ed i corrispondenti momenti di intervento (Rossi e Giosuè, 2002). Nel 2004 e 2005 sono state quindi effettuate prove di campo nel corso delle quali alcune tesi trattate secondo gli usuali calendari di intervento sono state confrontate con una tesi trattata secondo i suggerimenti del modello.

## MATERIALI E METODI

*Il modello.* Il modello è stato descritto in dettaglio in precedenti lavori (Rossi e Racca, 1996; Rossi e Giosuè, 2002). Esso calcola un indice di rischio per le infezioni da *B. cinerea*, secondo la seguente formula:

$$\sum_{i=1}^n (BINF_i \cdot BSI_i \cdot DISP_i)$$

dove:

- $i = 1 \dots n$  è il contatore per i giorni di fioritura;
- BINF (Blossom INFection rate) è il tasso di infezione dei fiori, calcolato come funzione della temperatura dell'aria e della durata di bagnatura fogliare, secondo quanto indicato da Bulger *et al.* (1987);
- BSI (Blossom Susceptibility Index) è un indice di suscettibilità dei fiori, determinato in base allo stadio di sviluppo dei fiori ed alla proporzione di fiori in ciascuno stadio durante il periodo della fioritura, tenuto conto del fatto che i fiori aperti sono più suscettibili alle infezioni di quelli senescenti o ancora chiusi (Jarvis e Borecka, 1968);
- DISP (DISPersion rate) è il tasso di dispersione e di deposizione dei conidi sui fiori, calcolato in rapporto alla pioggia (Languasco *et al.*, 1999).

Il prodotto di BINF, BSI e DISP varia fra 0 e 1. Esso è uguale a zero quando le condizioni ambientali rendono impossibile l'infezione, o quando non sono presenti fiori suscettibili; è uguale a uno quando le condizioni sono ottimali per la dispersione dell'inoculo e per l'infezione, e quando è massimo il livello di suscettibilità dei fiori. Questo prodotto viene quindi cumulato per la durata del periodo di fioritura, ottenendo così un rischio di infezione cumulato.

*Le prove sperimentali.* Le prove sono state effettuate nel biennio 2004-2005, in località Bulgarnò (Cesena), su un impianto di fragola della varietà Onda. Il fragoletto è stato gestito secondo le usuali tecniche agronomiche, con sesto di impianto di 35 x 35 cm, irrigazione mediante manichetta e sovrachioma, e pacciamatura plastica sulle bine. Nel fragoletto sono state delimitate, prima della ripresa vegetativa, parcelle di 1,5 m<sup>2</sup>, corrispondenti a 12 piante ciascuna. Utilizzando un disegno sperimentale a blocchi randomizzati sono state messe a confronto diverse strategie di difesa contro *B. cinerea* (tabella 1), con 5 repliche nel 2004 e 4 nel 2005.

I trattamenti sono stati eseguiti con pompa a spalla (modello Fox) con un volume d'acqua di 16-18 l/ha. Per i trattamenti è stato utilizzato un formulato commerciale in granuli idrosolubili alla dose di 80 g/hl, contenente il 37,5 % di cyprodinil ed il 25 % di fludioxonil.

Tabella 1 – Tesi a confronto nei due anni della sperimentazione e date in cui sono stati effettuati i trattamenti fungicidi

Tesi	Anno	
	2004	2005
Testimone non trattato	-	-
Testimone aziendale	15 e 27 aprile	19 e 29 aprile
Criterio fenologico	23 e 29 aprile (30 e 80 % di fioritura)	21 e 27 aprile (15 e 60 % di fioritura)
	29 aprile (80 % di fioritura)	-
Modello	16 aprile	3 maggio

Per determinare le date dei trattamenti nelle tesi di difesa secondo le indicazioni del modello, sono stati acquisiti i dati forniti dal Servizio Idro Meteo dell'Emilia-Romagna per il quadrante (5 x 5 km) che include la località di Bulgarnò. Si tratta di dati meteorologici orari delle principali variabili agrometeorologiche aggiornati al giorno precedente e quelli di previsione per i tre giorni successivi. I dati sono stati inseriti giornalmente in un foglio elettronico predisposto per il calcolo automatico dell'indice cumulato di rischio infettivo. I trattamenti fungicidi sono stati effettuati in corrispondenza di valori soglia dell'indice: la soglia per il primo trattamento è stata posta a 0,268, mentre, per i trattamenti successivi, è stato considerato un incremento di almeno 0,268 dell'indice in un periodo di 1-3 giorni, a partire dal quinto giorno dall'ultimo trattamento, oppure un valore dell'indice uguale ad almeno 0,625 (Rossi e Giosuè, 2002).

Per ciascuna parcella si è proceduto alla raccolta scalare dei frutti prodotti dalle 10 piante centrali. Per ogni raccolta sono stati conteggiati i frutti sani e quelli con sintomi di marciume da *B. cinerea*. Infine, è stata calcolata la percentuale di frutti infetti per ogni raccolta e sul totale del prodotto. Dopo aver trasformato i dati percentuali nei corrispondenti valori arcoseno (arcoseno  $\sqrt{\%}$ ) per uniformare le varianze, è stata eseguita un'analisi della varianza. E' stato quindi applicato il test della minima differenza significativa con  $P=0,05$  per la separazione delle medie. I dati medi di incidenza di frutti infetti espressi in arcoseno sono stati ritrasformati in valori percentuali.

## RISULTATI

*Prova del 2004.* La fioritura è iniziata il 13 aprile ed è proseguita per 19 giorni. La temperatura media dell'aria nel periodo della fioritura è stata di 13,3 °C, la minima giornaliera di 8 °C e la massima di 21 °C. Si sono verificati 9 eventi piovosi, per un totale di 55 mm. L'evento piovoso più consistente si è verificato circa a metà del periodo di fioritura, il 24 Aprile, con 23 mm. L'indice di rischio calcolato sulle previsioni meteorologiche ha subito un incremento molto consistente il 16 e 17 Aprile, con conseguente superamento della soglia per il trattamento, eseguito in data 16 Aprile. I dati meteorologici reali hanno poi confermato la presenza di elevato un rischio infettivo, in virtù di piogge prolungate (11,6 mm in totale) e 45 ore di bagnatura fogliare con temperatura di 11,4 °C. Ulteriori incrementi dell'indice si sono verificati il 19 e 20 Aprile, ma questi non sono stati considerati, dato che erano trascorsi meno di 5 giorni dal precedente trattamento. Successivamente non sono stati rilevati ulteriori incrementi di rilievo; anche la pioggia del 24 Aprile non ha determinato un rischio infettivo superiore alla soglia per il trattamento, perché la durata della bagnatura è stata relativamente breve (16 ore) con una corrispondente temperatura di 14 °C (figura 1).

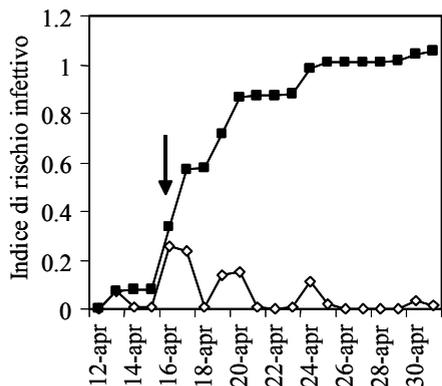


Figura 1 – Andamento dell'indice giornaliero (◇) e cumulato (■) di rischio infettivo calcolato dal modello Straw-bot, sulla base dei dati meteorologici del quadrante di Bulgarnò (FC) del 2004. La freccia indica la data in cui è stata superata la soglia per il trattamento fungicida

Le condizioni ambientali del 2004 non sono risultate molto favorevoli allo sviluppo della muffa grigia, che infatti si è manifestata in percentuali basse sul testimone non trattato, in tutte e 5 le raccolte effettuate; il massimo di incidenza è stato osservato nella prima raccolta con una media del 5

% di frutti infetti. Il modello di rischio per le infezioni di *B. cinerea* è stato in grado di cogliere la presenza di condizioni poco favorevoli allo sviluppo delle infezioni ed ha consigliato un solo trattamento. L'analisi della varianza ha mostrato differenze significative al 95 % ( $P=0,05$ ) fra le tesi soltanto per le prime due raccolte; dalla terza raccolta in poi non sono state osservate differenze fra le tesi a confronto. I dati di incidenza complessivi calcolati su tutte le raccolte hanno mostrato differenze altamente significative ( $P=0,01$ ) fra le tesi (tabella 2). Nella prima raccolta, effettuata il 14 maggio, non vi sono state differenze significative fra le tesi trattate secondo le indicazioni del modello, quelle trattate due volte secondo un calendario aziendale ed una delle due tesi trattate in base alla fase fenologica, con due interventi al 30 % ed all'80 % della fioritura. La tesi su cui è stato applicato un solo trattamento all'80 % della fioritura non si è discostata significativamente dal testimone non trattato (tabella 2). Risultati analoghi sono stati osservati nella seconda raccolta, in cui la percentuale di incidenza sul testimone non trattato è risultata inferiore rispetto alla prima raccolta (tabella 2). I valori di incidenza di frutti infetti sono diminuiti progressivamente nelle raccolte successive. I dati complessivi calcolati su tutte le raccolte hanno sostanzialmente ricalcato quelli illustrati in precedenza: i risultati migliori sono stati ottenuti con i due trattamenti applicati secondo il criterio aziendale o fenologico, oppure con un unico intervento secondo modello; l'esecuzione di un solo trattamento all'80 % della fioritura della fragola ha invece consentito una minore protezione dei frutti (tabella 2).

Tabella 2 – Risultati dell'analisi della varianza applicata ai dati di incidenza percentuale di frutti infetti nelle singole raccolte e nel complesso delle 5 raccolte, nel 2004

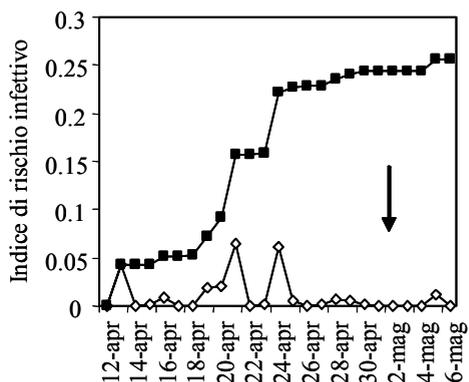
Tesi (n. trattamenti)	Raccolte					Totale
	14maggio	17maggio	21maggio	26maggio	1giugno	
Testimone (0)	4,7 a	3 a	0,1	0,1	0,6	1,5 a
Aziendale (2)	0 b	0 b	0	0	0	0 c
Fenologico (2)	0,2 b	0 b	0	0	0,1	0,1 bc
Fenologico (1)	0,9 ab	0,6 ab	0,3	0	0,1	0,4 ab
Modello (1)	0 b	0 b	0	0	0	0 c
Significatività	*	*	ns	ns	ns	**

\*=significativo con  $P \leq 0,05$  all'analisi della varianza, \*\*=significativo con  $P \leq 0,01$  ns=non significativo. Medie seguite da lettere diverse sono significativamente diverse al 95 %, secondo il test della minima differenza significativa.

*Prova del 2005.* Durante il periodo della fioritura (dal 15 aprile al 7 maggio) si sono verificati 4 eventi piovosi per un totale di 20 mm di pioggia. La temperatura media è stata di

15°C, accompagnata da una umidità relativa media del 63%. Anche i periodi di bagnatura sono stati di breve durata; l'unico periodo con bagnatura prolungata, pari a 15 ore consecutive, si è verificato tra il 24 ed il 25 aprile, con una temperatura media di 12,5 °C. L'indice di rischio calcolato dal modello Straw-bot si è mantenuto sotto la soglia per il trattamento per quasi tutto il periodo della fioritura, nonostante siano stati rilevati incrementi dell'indice tra il 20 ed il 24 di aprile (figura 2). In base alle previsioni meteorologiche a 3 giorni è stato previsto, in data 2 maggio, il superamento della soglia per il probabile verificarsi di eventi piovosi di un certo rilievo; il 3 maggio è stato quindi eseguito il trattamento fungicida. In questo caso, le previsioni meteorologiche non si sono dimostrate molto precise, perché i dati reali non hanno poi confermato la presenza di condizioni favorevoli all'infezione.

Figura 2 - Andamento dell'indice giornaliero (◇) e cumulato (■) di rischio infettivo calcolato dal modello Straw-bot, sulla base dei dati meteorologici del quadrante di Bulgarnò (FC) del 2005. La freccia indica la data in cui è stata superata la soglia per il trattamento fungicida in accordo con le previsioni meteorologiche



L'analisi dei dati ha evidenziato differenze significative fra le tesi sia per le singole raccolte che per il totale del prodotto (tabella 3). Nella prima raccolta, effettuata il 17 maggio, la tesi trattata in base alla fase fenologica non si è discostata significativamente da quella trattata in base al calendario aziendale; l'incidenza di frutti infetti osservata su queste tesi è risultata significativamente inferiore a quella osservata nella tesi trattata secondo il modello Straw-bot (4%), a sua volta inferiore a quella rilevata sul testimone non trattato (17%). Nelle raccolte successive, sulle tesi trattate secondo i diversi calendari di intervento non sono stati riscontrati livelli di incidenza significativamente diversi fra loro, ma diversi dal testimone non trattato (tabella 3). Considerando il totale delle raccolte, il comportamento è risultato analogo a quanto avvenuto nella prima raccolta: il testimone non trattato ha mostrato i livelli di incidenza più elevati (6%), nella tesi trattata una sola volta secondo il modello l'incidenza è stata inferiore all'1%, ma comunque significativamente più elevata di quelle osservate nelle tesi trattate due volte in base alla fase fenologica ed al calendario aziendale (tabella 3).

Tabella 3 – Risultati dell'analisi della varianza applicata ai dati di incidenza di frutti infetti nelle singole raccolte e nel complesso delle 3 raccolte, nel 2005

Tesi (n. trattamenti)	Raccolte			Totale
	17 maggio	23 maggio	30 maggio	
Testimone (0)	17 a	7,2 a	3,4 a	6,2 a
Aziendale (2)	0,2 c	0,1 b	0,05 b	0,1 c
Fenologico (2)	0 c	0,1 b	0,03 b	0,1 c
Modello (1)	4,1 b	0,1 b	0,03 b	0,7 b
<i>Significatività</i>	**	**	**	**

\*=significativo con  $P \leq 0,05$  all'analisi della varianza, \*\*=significativo con  $P \leq 0,01$ , ns=non significativo. Medie seguite da lettere diverse sono significativamente diverse al 95 %, secondo il test della minima differenza significativa.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I due anni in cui si sono svolte le prove sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche poco favorevoli allo sviluppo delle infezioni di *B. cinerea*, con livelli di incidenza di malattia bassi (1,5% e 6,2 % sul testimone non trattato, nella media delle raccolte del 2004 e del 2005, rispettivamente). Il modello si è dimostrato capace di cogliere la presenza di condizioni poco predisponenti, suggerendo l'esecuzione di un unico trattamento fungicida per stagione, nonostante che l'utilizzo dei dati meteorologici delle previsioni a 3 giorni introduca incertezza. Rispetto ai trattamenti aziendali ed a quelli eseguiti in base alla dinamica della fioritura della fragola il modello ha consentito di ridurre del 50 % il numero di trattamenti.

Il confronto fra l'incidenza di frutti infetti nelle parcelle trattate secondo i suggerimenti del modello ed in quelle trattate secondo le altre strategie hanno dimostrato che l'uso di Straw-bot ha consentito di ridurre il numero di trattamenti fungicidi senza diminuire in modo apprezzabile il livello di protezione dei frutti. Nel 2004 l'incidenza di frutti infetti non è stata diversa da quella rilevata nei trattamenti effettuati secondo calendari di lotta tradizionali, mentre nel 2005 l'incidenza di frutti infetti sul totale del prodotto è risultata significativamente più elevata, ma comunque inferiore all'1 %. Il rischio di un lieve incremento della presenza di frutti colpiti da marciume è comunque insita in tutti i sistemi di produzione integrata della fragola (Wander *et al.*, 2004). Tuttavia, l'impiego di soglie d'intervento inferiori, soprattutto per il primo intervento, può rendere il modello più cautelativo.

Straw-bot, quindi, si è dimostrato uno strumento utile per la corretta gestione dei trattamenti fungicidi, consentendo anche un risparmio nel numero di trattamenti rispetto ai calendari di lotta tradizionali, senza influire in modo apprezzabile sulla produzione di frutti. Il modello dovrà essere verificato anche in condizioni di elevata pressione della malattia.

## LAVORI CITATI

- Antoniacci L., Cobelli L., De Paoli E., Gengotti S., 2000. Prove di difesa antibiotritica su fragola in pieno campo. *Informatore Fitopatologico*, 50 (5), 45-51.
- Bulger M.A., Ellis M.A., Madden L.V., 1987. Influence of temperature and wetness duration on infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* and disease incidence of fruits originating from infected flowers. *Phytopathology*, 77, 1225-1230.
- Jarvis W.R., Boreck H., 1968. The susceptibility of strawberry flowers to infection by *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. *Horticultural Research*, 8, 147-154.
- Languasco L., Galletta P., Giosuè S., Rossi V., 1999. *Botrytis cinerea* inoculum dynamics in strawberry field. *Journal of Plant Pathology*, 81 (3), 232 (Abstract).
- Rossi V., Racca P., 1996. Simulation of infection of strawberry flowers and fruits by *Botrytis cinerea*. *SP Report*, 15, 73-84.
- Rossi V., Giosuè S., 2002. Impiego di un modello di simulazione nella difesa della fragola dalla muffa grigia. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 429-436.
- Xu X., Harris D.C., Berrie A.M., 2000. Modeling infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* using field data. *Phytopathology*, 90 (12), 1367-1374.
- Wander J., Stensvand A., Creemers P., Berrie A., Rossi V., 2004. Testing of DSS's to improve the control of *Botrytis cinerea* in strawberries. *Proceedings of the Euro Berry Symposium - Cost 836 Final Workshop. Acta Horticulturae*, 649, 241-245.