

6.1.1 I MODELLI PREVISIONALI PER GLI INSETTI

I modelli matematici che sono stati messi a punto in Emilia Romagna a partire dal 1990 per i principali fitofagi dannosi alle colture frutticole e che attualmente vengono impiegati nei programmi regionali di produzione integrata e in agricoltura biologica, sono **modelli di sviluppo del tipo "a ritardo variabile"**. Essi sono in grado di simulare lo sviluppo di una popolazione di insetti descrivendo il passaggio degli individui attraverso le proprie fenofasi (uovo, larva, pupa e adulto) unicamente sulla base delle temperature rilevate in campo.

L'impostazione teorica alla base del modello MRV è stata ripresa dal lavoro di Baumgärtner e Baronio relativo a *Lobesia botrana* (Baumgärtner e Baronio, 1988), nel quale, per simulare la fenologia dell'insetto, viene impiegato un diagramma di flusso denominato "Blanca" (Baumgärtner e Severini, 1987). Il cuore del simulatore è costituito da un modello di sviluppo a ritardo variabile la cui teoria matematica è stata ripresa da Manetsch (1976), mentre l'applicazione ai processi ecologici è stata studiata da Welch *et al.* (1978) e Gutierrez *et al.* (1984).

Tale modello riproduce un processo di tipo stocastico in cui i tempi di sviluppo di ogni singolo stadio sono caratterizzati da un valore medio e da una varianza.

Gli individui di una popolazione, infatti, passano attraverso le stesse fasi in tempi diversi a causa della variabilità genetica, microclimatica, ecc. Se consideriamo, ad esempio, un gruppo di uova deposte tutte lo stesso giorno e mantenute nelle stesse condizioni di temperatura, non schiuderanno contemporaneamente ma all'interno di un certo intervallo di tempo. Questo modello, nella pratica, è in grado di descrivere la distribuzione in classi d'età e la variabilità genetica di una popolazione, indicando non solo quando si verifica mediamente un dato evento fenologico, ma la sua intera distribuzione nel tempo.

L'attività di ricerca e sperimentazione per la messa a punto dei modelli previsionali per i fitofagi, coordinata attualmente dal Servizio fitosanitario regionale, fu avviata nel 1990 dalla Centrale Ortofrutticola di Cesena con il finanziamento della Regione Emilia-Romagna. Al Prof. Giovanni Briolini dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna, che fu il promotore di tali ricerche, fu affidata la responsabilità scientifica del progetto.

Attualmente il modello MRV è disponibile per i seguenti fitofagi:

- *Pandemis cerasana*
- *Argyrotaenia pulchellana*
- *Cydia pomonella*
- *Cydia molesta*
- *Cydia funebrana*
- *Lobesia botrana*
- *Anarsia lineatella*
- Tripidi del pesco
- *Cacopsylla pyri*

Come sono stati realizzati

I modelli MRV sono stati realizzati sotto forma di programma per PC e ciò che li rende specifici è l'insieme dei parametri biologici tipici di ciascun insetto considerato. Per la determinazione dei parametri biologici è stato necessario rilevare, con appositi allevamenti in condizioni controllate, i dati di sviluppo dei diversi stadi dell'insetto in funzione della temperatura. Solo per *Cydia molesta* ed, in parte, per i tripidi del pesco e la psilla del pero, sono stati utilizzati dati di sviluppo desunti dalla letteratura. I diversi stadi degli insetti (uova, larve, pupe e adulti) sono stati allevati in celle climatizzate a diverse temperature costanti (4-6 temperature), comprese in un ampio intervallo (in genere da 13 a 33 °C); l'umidità relativa è stata mantenuta al 70% e il fotoperiodo a 17:7 L/B. Il materiale di partenza è stato raccolto in campo per evitare eventuali influenze negative dovute ad allevamenti continui di laboratorio; le larve sono state alimentate con dieta naturale per escludere l'influenza della dieta artificiale sulla velocità di sviluppo; agli adulti è stata somministrata una soluzione di acqua e miele per simulare l'alimento di cui si nutrono in natura.

Per valutare la variabilità di sviluppo, gli individui dei diversi stadi sono stati allevati singolarmente. I controlli per rilevare la durata di sviluppo di ciascuno stadio sono stati giornalieri. Sulla base di tali dati sono stati determinati i seguenti elementi:

- ❑ **curve di risposta alla temperatura di tutti gli stadi.** Sui tassi di sviluppo (reciproco della durata) rilevati in laboratorio è stata adattata una funzione non lineare (Logan *et al.*, 1976) per gli stadi preimmaginali (uova, larve e pupe) e una funzione lineare per le femmine adulte
- ❑ **fecondità media delle femmine in funzione della loro età.** Tale parametro è stato espresso dalla funzione di Bieri (Bieri *et al.*, 1983) sulla base del numero di uova deposte giornalmente da femmine tenute in gabbiette di accoppiamento alla temperatura ottimale
- ❑ **coefficiente H.** Rappresenta la variabilità della risposta di ciascuno stadio e determina la natura stocastica dello sviluppo. Tale valore è dato dal rapporto tra il quadrato del tempo di permanenza media nello stadio e la sua varianza

Come si usano

I modelli MRV utilizzano la temperatura come unico dato in ingresso in quanto è il fattore che maggiormente influenza lo sviluppo degli insetti in condizione di non diapausa e in assenza di fattori limitanti. All'inizio dell'anno si considera che la popolazione sia costituita al 100% da individui dello stadio ibernante, che cominciano a svilupparsi non appena la temperatura dell'aria supera, anche solo per qualche ora al giorno, la soglia inferiore di sviluppo. Sulla base dei parametri biologici e delle temperature rilevate viene calcolato lo sviluppo istantaneo dei diversi stadi e, per quello adulto, la fecondità. Allo sviluppo viene applicato un "ritardo" che riproduce la variabilità. Alla fine di ogni giorno viene calcolato, in termini percentuali, il numero di individui presenti in ogni stadio. In particolare i dati in uscita del modello fenologico sono:

- la percentuale di presenza di uova, larve, pupe e adulti sul totale della generazione
- la percentuale di uova, larve, pupe e adulti che hanno raggiunto quel determinato stadio

I modelli sono stati validati sperimentalmente sul territorio della Regione Emilia-Romagna e non se ne conosce pertanto l'affidabilità se applicati in ambienti diversi. Il corretto utilizzo di tali modelli è subordinato allo svolgimento di appropriate verifiche negli ambienti interessati.

IL MODELLO MRV-CARPOCAPSA

Modello valido su melo e pero e utilizzabile per le prime due generazioni del fitofago.

DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sgusciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Messa a punto e validazione del modello

L'allevamento di *Cydia pomonella* per la determinazione dei parametri biologici utili alla costruzione del modello, è stato condotto nel 1991 a partire da larve svernanti raccolte in campo nell'estate precedente.

Uova, larve, pupe e adulti sono stati allevati rispettivamente a 6, 5 e 4 temperature costanti, fotoperiodo 17:7 L/B e umidità relativa 70%. Nel corso dell'allevamento le larve sono state alimentate su mele acerbe prelevate da piante esenti da trattamenti insetticidi.

I tassi di sviluppo degli stadi preimmaginali sono stati interpolati con una funzione non lineare (curva di Logan) mentre il tasso di invecchiamento delle femmine adulte è stato rappresentato con una retta (Butturini *et al.*, 1992). La fecondità delle femmine in funzione dell'età è stata descritta con la funzione di Bieri interpolando dati di laboratorio desunti dalla bibliografia (Riedl e Loher, 1980).

Le durate medie di sviluppo per ciascuno stadio sono riportate in tabella 2.

Tab. 2. Durata media di sviluppo di *Cydia pomonella* (gg.)

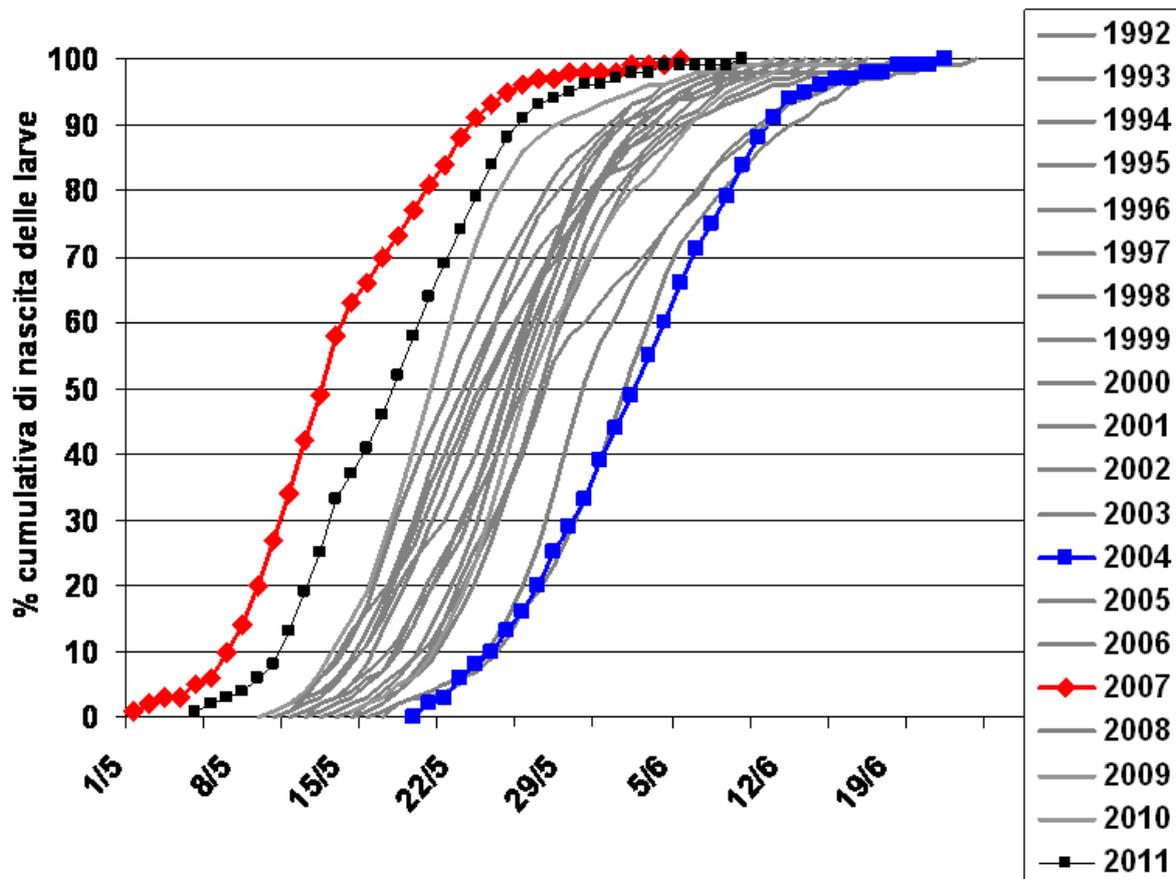
Stadio	Temperatura °C					
	12.6	18.2	23.2	26	29.8	34
uova	29.56	10.88	6.34	5.17	4.71	4.26
larve	-	41.65	30.26	20.69	16.69	25
pupe	-	20.36	12.44	9.63	8.38	9.20
femmine adulte	62.5	33.25	21.82	18.94	-	-

La validazione del modello è stata condotta a partire dal 1992, confrontando i dati relativi ai voli (primo e secondo) e alle ovideposizioni (prima generazione) osservati in campo con quelli simulati dal modello. Per quanto riguarda la validazione sulla base dei voli, è stato possibile valutare numerosi casi (oltre 50 in tutto il territorio regionale), usufruendo, in buona parte, dei dati delle catture con le trappole a feromoni rilevati dai tecnici che operano nei programmi di assistenza alle aziende.

Un limite di questo tipo di validazione consiste in una minore precisione rispetto ad altri tipi di verifica principalmente a causa dell'incostante efficacia delle trappole. Per questo motivo è stata ulteriormente valutata l'attendibilità del modello sulla base del confronto, oneroso ma altamente probante, tra l'ovideposizione osservata in campo e quella simulata dal modello (Tiso e Butturini, 1999).

Tale validazione, condotta nel triennio 1998-2000 in due aziende abbandonate della provincia di Bologna, ha confermato la buona capacità previsionale del modello che ha dimostrato di simulare in modo sufficientemente preciso l'intera curva di ovideposizione e di nascita larvale di prima generazione (Tiso *et al.*, 2001).

Fig. 4. Curva cumulativa di nascita delle larve della I generazione di *Cydia pomonella*, simulata per il periodo 1992-2011 per la zona di Finale Emilia (MO).



Applicazioni in campo

- **Installazione delle trappole a feromoni**

All'inizio della ripresa vegetativa, la prima informazione utile fornita dal modello riguarda l'impupamento delle larve svernanti che indicativamente inizia nella prima decade di marzo; in seguito, quando la quasi totalità degli individui ha raggiunto lo stadio di pupa, iniziano i primi sfarfallamenti. E' possibile quindi prevedere con un certo anticipo l'inizio dei voli e programmare la data per l'installazione delle trappole a feromoni con il vantaggio, rispetto all'installazione standard, di ottenere un dato di monitoraggio completo anche nelle annate più anticipate oppure di evitare eventuali campionamenti "a vuoto". L'inizio delle catture ed il successivo andamento del primo volo sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche dei mesi di marzo ed aprile: il modello è in grado di simulare eventuali anticipi o ritardi con ottima precisione.

- **Tecniche di confusione e disorientamento**

Nelle aziende in cui viene utilizzato il metodo della confusione o del disorientamento sessuale l'informazione sull'inizio del volo permette l'installazione tempestiva degli erogatori: una tempistica corretta dell'applicazione del metodo contribuisce notevolmente al successo della difesa.

- **Interventi ovidici e larvicidi di prima generazione**

Le informazioni disponibili per decidere "se" e "quando" intervenire sono rispettivamente quelle derivanti dai rilievi aziendali (trappole e campionamenti sui frutti) e dal modello previsionale. Nel primo caso il volo aziendale viene monitorato settimanalmente con le trappole sessuali ed indica, in termini numerici, la reale presenza dell'insetto nel frutteto e l'eventuale superamento della soglia d'intervento. Nel secondo caso è possibile conoscere giornalmente le percentuali di adulti sfarfallati, di uova deposte e larve nate (Fig. 4) di una popolazione teorica di *Carpocapsa*; tali informazioni sono calcolate sulla base delle temperature che si sono verificate nelle località prese in esame. L'integrazione dei rilievi di campo e delle indicazioni del modello consente di formulare una più adeguata strategia di intervento. Quando nel frutteto nell'annata precedente si sono verificati bassi livelli di presenza del fitofago e nell'anno corrente la soglia viene superata fin dai primi rilievi delle trappole, l'intervento ovidico deve essere posizionato entro il 5% delle ovideposizioni calcolate dal modello .. Nel caso invece di alte

pressioni del fitofago è opportuno posizionare il primo intervento ad azione ovicida all'inizio dell'ovideposizione calcolata. Nell'eventualità che il primo trattamento venga effettuato con un prodotto ad azione larvicida, la data per intervenire sarà quella di inizio nascita larvale prevista. Per eventuali altri interventi allo scadere del periodo di efficacia del prodotto impiegato, sarà opportuno considerare, oltre agli individui nelle trappole, l'effettiva presenza calcolata degli stadi sensibili ai prodotti fitosanitari che si intende impiegare. Infine se viene accertata la contemporanea presenza di nascite larvali della prima generazione di *Carpocapsa* e della prima generazione di *Pandemis cerasana*, un prodotto efficace per entrambi i fitofagi può essere posizionato in maniera ottimale incrociando i dati simulati dei modelli corrispondenti alle due specie (Figura 5 della scheda MRV-Pandemis).

- **Interventi ovicidi e larvicidi di seconda generazione**

Per quanto riguarda la seconda generazione, indicativamente presente a partire dalla fine di giugno, il modello previsionale permette di prevedere con una buona approssimazione l'inizio della ripresa del volo e l'andamento di tutta la curva di sfarfallamento. L'avvertimento relativo al momento per intervenire con un prodotto ad azione ovicida o larvicida viene formulato anche sulla base delle prime percentuali di ovideposizione di nascite larvali calcolate. Per gli interventi successivi valgono le stesse considerazioni fatte per la generazione precedente.

IL MODELLO MRV-EULIA

Modello valido su melo e pero e utilizzabile per le tre generazioni del fitofago.

DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sguosciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Messa a punto e validazione del modello

Nel 1991 è stato condotto l'allevamento di *Argyrotaenia pulchellana* per definire le curve di sviluppo in funzione della temperatura e la fecondità in funzione dell'età. Uova, larve, pupe e adulti sono stati allevati rispettivamente a 7, 6, 6 e 3 temperature costanti, fotoperiodo 17:7 L/B ed umidità relativa 70%. Per l'alimentazione delle larve sono state utilizzate foglie fresche di melo esenti da trattamenti insetticidi. In Tabella 3 sono indicate le durate medie di sviluppo per ciascuno stadio.

I tassi di sviluppo degli stadi preimmaginali sono stati interpolati con una funzione non lineare (curva di Logan) mentre il tasso di invecchiamento delle femmine adulte è stato rappresentato con una retta (Tiso *et al.*, 1991-1992).

Tab. 3 - Durata media di sviluppo di *Argyrotaenia pulchellana* (gg.)

Stadio	Temperatura °C						
	13	15	18.5	23	25	28	30.5
uova	25.12	17.56	12.04	7.63	6.45	6.09	6.27
larve	53.79	-	33.78	22.65	15.56	14.91	25
pupe	24.03	-	12.87	8.51	6.66	6.46	7.5
femmine adulte	21.5	-	-	10.4	8.8	-	-

Il modello fenologico per *Eulia* è stato validato sperimentalmente utilizzando dati raccolti nel 1990 e 1991 in 17 aziende delle provincie di Bologna, Ferrara, Forlì e Ravenna (De Berardinis *et al.*, 1992). Il confronto tra lo sviluppo simulato e lo sviluppo reale dell'insetto è stato eseguito sulla base dei voli monitorati con trappole a feromoni. La percentuale cumulata di adulti catturati nelle trappole alle diverse date è stata confrontata con le indicazioni del modello. I risultati hanno evidenziato un buon accordo tra i dati di campo e i dati simulati dal modello per le tre generazioni del fitofago e per tutte le aziende.

Applicazioni in campo

- **Installazione delle trappole a feromoni e campionamenti**

In aziende situate in zone ad alta pressione del fitofago e nelle quali la presenza del tortricide nell'annata precedente è stata elevata, il posizionamento delle trappole e il campionamento dei getti per determinare l'eventuale superamento della soglia d'intervento possono essere programmati sulla base delle previsioni fornite dal modello. Si ricorda che *Eulia*, svernando come pupa, presenta un volo anticipato rispetto agli altri ricamatori e le prime fasi di sviluppo della popolazione (ovideposizioni e nascite larvali) si verificano in un periodo (aprile-maggio) in cui la temperatura dell'aria spesso è molto variabile; con il modello è però possibile seguire puntualmente l'evoluzione dei diversi stadi. Per quanto riguarda i rilievi degli adulti di secondo e di terzo volo nelle trappole sessuali, essi possono ricominciare dalle date di inizio sfarfallamento indicate dal modello. In questo modo possono essere evitati inutili campionamenti o l'inizio ritardato dei controlli.

- **Interventi larvicidi**

Gli interventi larvicidi vengono generalmente programmati sulla seconda generazione del fitofago al superamento della soglia di 50 adulti cumulati che si verifica nella maggior parte dei casi nella seconda o terza settimana di volo. Il tecnico e l'agricoltore, una volta superata la soglia pericolosa di presenza nella propria azienda, sono in grado di conoscere la percentuale di larve già nate e, con una certa approssimazione, quando nasceranno le ultime larve. Tali informazioni permettono di pianificare la scelta della sostanza attiva e il momento più idoneo per intervenire, ottimizzando in tal modo il numero di interventi e il risultato complessivo della difesa.

IL MODELLO MRV-PANDEMIS

Modello valido su melo e pero e utilizzabile per le due generazioni del fitofago.

DATI METEO UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sgusciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Messa a punto e validazione del modello

I parametri biologici necessari per la messa a punto del modello sono stati determinati tramite l'allevamento in condizioni controllate dei diversi stadi del fitofago. L'allevamento è stato condotto nel 1990 a partire da larve svernanti prelevate alla ripresa vegetativa in frutteti fortemente infestati. Le uova e le larve sono state allevate a 6 temperature costanti, mentre le pupe e gli adulti rispettivamente a 5 e a 4 temperature. Le larve sono state alimentate con foglie di melo fresche prelevate da piante esenti da trattamenti insetticidi; gli adulti, alimentati con una soluzione di acqua e miele, sono stati posti a coppie in gabbiette per rilevare la durata della vita e l'andamento dell'ovideposizione. In Tabella 4 sono riportate, per ciascuno stadio, le durate di sviluppo rilevate in laboratorio.

I tassi di sviluppo (reciproco della durata) degli stadi preimmaginali sono stati interpolati in modo soddisfacente con una funzione non lineare (curva di Logan); il tasso di invecchiamento delle femmine è stato rappresentato con una retta; la fecondità in funzione dell'età con la curva di Bieri (De Berardinis *et al.*, 1991-1992).

Tab. 4 Durata media di sviluppo di *Pandemis cerasana* (gg.)

Stadio	Temperatura °C						
	12.7	18.5	23	25	26	27.8	30.3
uova	27.10	12.18	8.01	-	6.58	6.10	6.36
larve	91.79	53.31	36.78	-	34	32.7	-
pupe	27.44	12.26	8.29	-	7.09	6.68	-
femmine adulte	38.60	30.06	9.36	11.67	-	-	-

La validazione per *Pandemis cerasana* è stata condotta confrontando le curve di volo simulate dal modello con i voli rilevati in campo con le trappole a feromoni. Il lavoro è stato eseguito negli anni 1990 e 1991 in numerosi appezzamenti di melo e pero delle provincie di Bologna, Ferrara, Forlì e Ravenna. Nelle aziende, scelte anche in base alla loro vicinanza a una capannina meteorologica, sono state installate trappole sessuali del tipo normalmente utilizzato dai tecnici. I rilievi delle catture sono stati effettuati a cadenza settimanale nel primo anno di prova e due volte la settimana l'anno successivo. Per rendere significativo il confronto non sono stati

utilizzati i dati in cui il volo non era completo o il numero degli adulti catturati era inferiore a 30 individui per generazione. Il modello è stato valutato esaminando 15 casi per il primo volo e 12 per il secondo. I risultati hanno evidenziato una buona aderenza tra il dato simulato e quello rilevato in campo in tutte le aziende e per entrambe le generazioni (l'errore medio è di 3-4 giorni), tanto da ritenere il modello utilizzabile nella pratica su larga scala (Tiso *et al.*, 1992).

Applicazioni in campo

Negli ultimi anni, nei nostri territori, la presenza di *Pandemis* si è progressivamente ridotta. In questo caso il modello può essere utile per seguire la fenologia dell'insetto ed intervenire tempestivamente nel caso di recrudescenze delle infestazioni.

- **Interventi sulla generazione svernante**

Nel caso si renda necessario un intervento contro la generazione svernante occorre tener presente che gli insetticidi utilizzati in questa fase agiscono sulle larve, pertanto una loro corretta applicazione presuppone che tutti gli individui della popolazione si trovino nello stadio sensibile al trattamento. La prima informazione che viene fornita ai tecnici riguarda la previsione dell'inizio dell'impupamento delle larve svernanti e la sua evoluzione nel tempo. Tale informazione può essere utile per stabilire il momento più opportuno per eseguire l'intervento, tenendo conto che, con il procedere dell'impupamento, un numero sempre maggiore di individui può sfuggire all'azione del prodotto utilizzato.

- **Installazione delle trappole a feromoni**

Generalmente le trappole vengono installate ai primi di maggio, così come indicato dalle ditte produttrici. In realtà l'inizio del volo può variare, a seconda delle annate, di diversi giorni. Negli ultimi anni, ad esempio, sono stati evidenziati anticipi di volo piuttosto consistenti (oltre 10 giorni). Il modello, tenendo conto dell'andamento meteorologico delle zone considerate, permette ai tecnici di programmare in modo ottimale la data d'installazione delle trappole. Si evitano così installazioni troppo precoci, che porterebbero a campionamenti a vuoto o troppo ritardate con conseguente perdita dei dati dell'inizio del volo.

- **Campionamenti e interventi in prima e seconda generazione**

Il modello, come già specificato nella parte generale, non dà informazioni di tipo quantitativo, non indica, cioè, se il trattamento è necessario oppure no. Per stabilire se il livello della popolazione è tale da richiedere l'intervento di difesa ci si avvale delle trappole sessuali o del campionamento dei germogli.

Una volta superata la soglia di intervento, il tecnico, usufruendo dell'informazione fornita dal modello per la zona interessata, è in grado di stabilire il momento più idoneo per il trattamento.

*Per la prima generazione di *Pandemis*, viene indicato l'inizio della deposizione delle uova e la sua evoluzione in termini di percentuale cumulativa, allo scopo di allertare i tecnici per un eventuale campionamento in campo. Tuttavia l'informazione più importante riguarda la nascita delle larve in quanto la difesa per *Pandemis* è basata sull'applicazione di prodotti larvicidi. Nella pratica l'intervento viene effettuato tra il 10 e il 20% di nascita larvale, tenendo conto dei seguenti elementi:*

- *caratteristiche dei prodotti che si intendono utilizzare*
- *pressione del fitofago nella zona considerata: con basse popolazioni potrebbe bastare una sola applicazione e in tal caso converrebbe ritardare un po' il trattamento per colpire la maggior parte degli individui*
- *eventuali interventi utili anche per la difesa da *Carpocapsa*: nelle prime fasi di nascita delle larve di *Pandemis* si riscontra ancora una certa percentuale di nascita delle larve di *Carpocapsa**

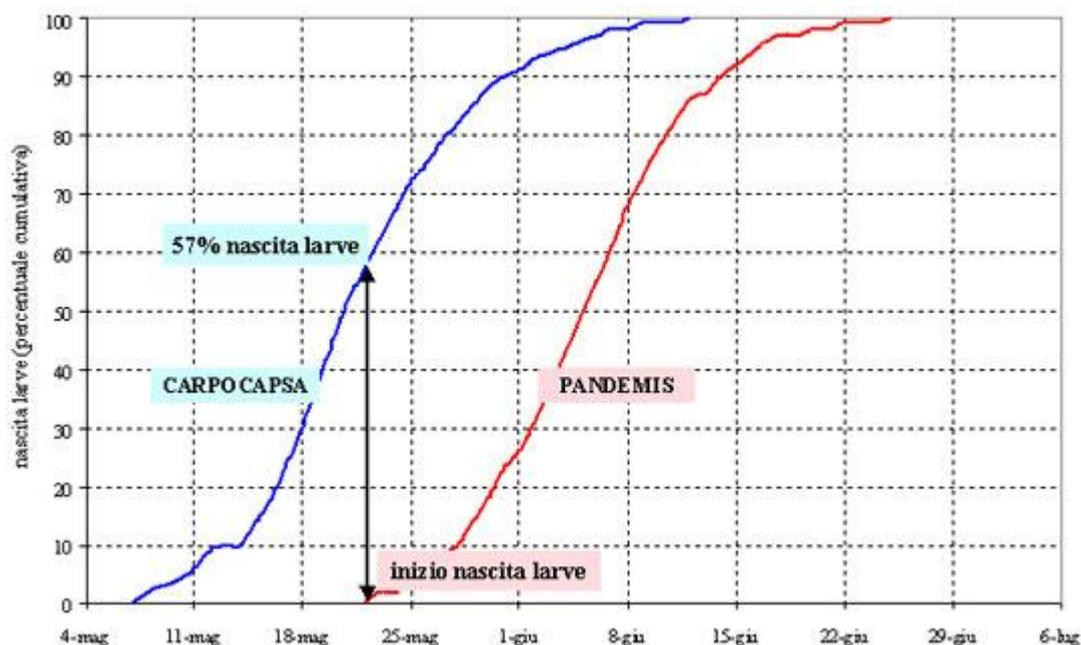
Nel caso in cui si debba effettuare un trattamento larvicida anche per quest'ultimo fitofago è utile, se possibile, scegliere un prodotto efficace per entrambi. Per il posizionamento ottimale di tale prodotto si possono incrociare i dati simulati dai modelli corrispondenti alle due specie (Fig. 6.5).

È importante sottolineare che l'informazione relativa all'intera evoluzione dello stadio larvale risulta particolarmente utile per valutare la necessità di eseguire un ulteriore intervento. Questo può verificarsi, ad esempio, nel caso in cui, a causa di abbassamenti di temperatura, l'andamento dello sgusciamento delle larve si prolunghi nel tempo oltre il termine di attività dell'insetticida precedentemente utilizzato.

Un'altra utile applicazione del modello riguarda la possibilità di riprendere i controlli delle trappole, dopo la fine del primo volo, solo quando la previsione indica l'inizio del secondo volo, evitando così campionamenti inutili.

Anche per la seconda generazione viene fornita ai tecnici l'informazione sull'andamento dell'ovideposizione e dello sgusciamento delle larve, allo scopo di posizionare in modo ottimale gli eventuali trattamenti. Si sottolinea che questa generazione risulta meno pericolosa rispetto alla precedente soprattutto qualora sia stata eseguita una difesa accurata della prima generazione. Nella pratica, in molti casi non vengono fatti trattamenti specifici e, nelle situazioni più problematiche, un solo trattamento generalmente risulta sufficiente.

Fig. 5. Previsione della nascita larvale *Pandemis cerasana* e *Cydia pomonella* per la zona di San Giovanni in Persiceto (BO) nel 2000



IL MODELLO MRV-LOBESIA

Modello valido su vite e utilizzabile per le tre generazioni del fitofago.

DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sgucciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Il modello di sviluppo a ritardo variabile per *Lobesia botrana* è stato messo a punto negli anni '90 nell'ambito di un progetto di ricerca affidato dalla Regione Emilia-Romagna alla Centrale Ortofrutticola di Cesena con il coordinamento scientifico dell'Istituto di Entomologia dell'Università di Bologna. Attualmente il modello è utilizzato nei programmi regionali di produzione integrata e in agricoltura biologica.

Messa a punto e validazione del modello

Il lavoro per la messa a punto del modello previsionale per *Lobesia botrana* è stato avviato nel 1990 con la verifica in campo del modello fenologico costruito da Baumgärtner e Baronio nel 1988. I risultati di tale verifica, non del tutto soddisfacenti, hanno evidenziato un'errata rappresentazione dello sviluppo dei diversi stadi e della variabilità individuale. I dati biologici per la costruzione del modello erano stati desunti da lavori bibliografici ed erano stati ottenuti da allevamenti condotti su dieta artificiale. Per questo motivo il passo successivo ha riguardato la determinazione dei parametri necessari attraverso l'allevamento dell'insetto in condizioni quanto più possibile vicine a quelle naturali.

Le uova sono state allevate a 7 temperature costanti, le larve e le crisalidi a 5 temperature e gli adulti a 3. Le larve sono state alimentate con acini d'uva prelevati da piante esenti da trattamenti insetticidi; agli adulti è stata fornita una soluzione di acqua e miele. In Tabella 5 sono riportati i dati di sviluppo dell'insetto.

La fecondità media giornaliera è stata determinata a 26 °C sulla base del numero di uova deposte giornalmente da femmine tenute in gabbiette di accoppiamento. L'interpolazione dei dati con la curva di Logan per gli stadi

preimmaginali, con la retta di regressione per gli adulti e con la curva di Bieri per la fecondità delle femmine è risultata soddisfacente.

Tab. 5. Durata media di sviluppo di *Lobesia botrana* (gg.)

Stadio	Temperatura °C							
	13	16	18	23	26	28	31	34
uova	18.36	-	9.14	5.39	4.15	4.06	3.98	4.6
larva	-	-	32.23	23.85	-	16.2	-	-
pupa	-	31.17	16.97	9.65	8.08	7.1	-	-
femmine adulte	-	-	24.78	19.6	15.58	-	-	-

La validazione del modello è stata condotta confrontando le curve di volo simulate con i voli rilevati con le trappole a feromoni. I dati di campo utilizzati per le verifiche si riferiscono ai rilievi effettuati dai tecnici che forniscono assistenza alle aziende (rilievi settimanali) e a rilievi bisettimanali eseguiti specificatamente per la validazione del modello. I dati analizzati hanno riguardato aziende situate nelle immediate vicinanze di stazioni meteorologiche delle provincie di Reggio Emilia, Modena, Bologna, Ravenna e Forlì per gli anni dal 1987 al 1995 ad esclusione del 1994. Per rendere significativo il confronto non sono stati utilizzati i voli non completi o quelli in cui il numero degli adulti catturati era inferiore a 30 individui per generazione.

Il modello è stato valutato esaminando 28 casi per il primo volo, 43 per il secondo e 33 per il terzo. L'analisi complessiva dei dati ha evidenziato una certa disformità dei risultati con un errore medio della previsione compreso tra 5 e 9 giorni. Tuttavia, per la seconda generazione, che ai fini della difesa assume un'importanza decisiva, l'errore medio riscontrato è risultato più contenuto (tra 5 e 6,5 giorni). Tali risultati sono stati ritenuti sufficienti per un impiego del modello nell'ambito del sistema di previsione e avvertimento per la difesa della vite (Tiso e Butturini, 1997).

Nella fase applicativa i rilievi effettuati dai tecnici nelle aziende monitorate sono stati utilizzati per verificare ulteriormente la capacità previsionale del modello e il suo effettivo livello di applicabilità su larga scala. I risultati positivi di tali verifiche hanno confermato che il modello costituisce un utile strumento di supporto per la lotta contro *Lobesia botrana*.

Applicazioni in campo

- **Campionamento dei grappoli**

Il modello previsionale fornisce precise indicazioni sull'inizio dell'ovideposizione, sul suo andamento in termini percentuali, sull'inizio della nascita larvale e sulla sua evoluzione. Tali informazioni possono essere utilizzate per eseguire campionamenti mirati sul controllo del fitofago.

- **Tecniche di confusione e disorientamento**

Nelle aziende in cui viene utilizzato il metodo della confusione o del disorientamento sessuale l'informazione sull'inizio del volo permette l'installazione tempestiva degli erogatori: una tempistica corretta dell'applicazione del metodo contribuisce notevolmente al successo della difesa.

- **Interventi ovicidi e larvicidi**

E' stato dimostrato sperimentalmente che la strategia più efficace per la lotta alla tignoletta è quella diretta contro la seconda generazione. Una corretta impostazione degli interventi contro tale generazione, in situazioni di normale pressione del fitofago, può essere risolutiva. A questo scopo il tecnico può usufruire dell'informazione sull'inizio dell'ovideposizione fornita dal modello, qualora scelga di intervenire con un prodotto ovicida; se invece si orienta su prodotti ad azione più specificatamente larvicida, l'informazione necessaria riguarderà l'inizio della schiusura delle uova. . Inoltre, grazie all'informazione sull'intera evoluzione della nascita delle larve fornita dal modello, il tecnico è in grado di stabilire se il periodo di attività del prodotto impiegato è sufficiente per coprire l'intera generazione. Può succedere infatti che, a causa di rallentamenti dello sviluppo del fitofago dovuti ad abbassamenti di temperatura, la nascita delle larve si prolunghi notevolmente rispetto alle annate normali.

*Per eventuali interventi contro la terza generazione, essendo a ridosso della raccolta, in genere vengono utilizzati prodotti con un breve periodo di carenza come quelli a base di *Bacillus thuringiensis*. Anche in questo caso per il posizionamento ottimale del trattamento viene utilizzata l'informazione relativa all'inizio della nascita delle larve e alla sua evoluzione nel tempo.*

IL MODELLO MRV - *CYDIA FUNEBRANA*

Modello valido su susino e utilizzabile per le tre generazioni del fitofago.

DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sguosciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Messa a punto e validazione del modello

I parametri biologici di *Cydia funebrana* da inserire nel modello di simulazione sono stati determinati allevando tutti gli stadi del fitofago in condizioni controllate. Il lavoro è stato svolto nel 1994 e nel 1995 partendo da larve raccolte in frutteti particolarmente infestati. Le uova sono state allevate a 5 temperature costanti, le larve e le crisalidi a 6 e gli adulti a 3 (come indicato nella Tabella 6). L'alimento delle larve era costituito da susine acerbe prelevate da piante esenti da trattamenti insetticidi; agli adulti è stata fornita una soluzione di acqua e miele. La fecondità media giornaliera è stata determinata a 27,2 °C sulla base del numero di uova deposte da femmine tenute in gabbiette di accoppiamento. Data l'importanza degli stimoli olfattivi, per favorire l'ovideposizione di *C. funebrana*, nelle gabbiette di accoppiamento sono stati collocati frutti di susino. In tutte le fasi dell'allevamento è stato mantenuto un fotoperiodo 17:7 L/B e un'umidità relativa del 70%.

I tassi di sviluppo degli stadi preimmaginali e degli adulti sono stati interpolati, con risultati soddisfacenti, rispettivamente con una funzione non lineare (curva di Logan) e con una retta. La fecondità delle femmine in funzione dell'età è rappresentata correttamente dalla funzione di Bieri.

Tab. 6 - Durata media di sviluppo di *Cydia funebrana* (gg.)

Temperatura °C	Stadio			
	uova	larve	pupe	femmine adulte
14	14.36	46.5	-	45.4
18.4	-	-	16.5	-
20	6.84	-	-	-
21.7	-	25.7	-	-
21.9	-	-	11.5	19.3
22.7	-	-	10.3	-
23.3	-	22.3	-	-
25	4.74	-	8.1	-
25.4	-	20.2	-	-
27.2	-	17.8	7.9	16.8
30.4	3.94	-	-	-
31.4	-	19	7.3	-
34	4.74	-	-	-

La validazione del modello è stata condotta dal 1994 al 1997 confrontando, in un primo tempo, i voli rilevati con le trappole a feromoni e i voli simulati dal modello. Questo metodo è piuttosto veloce ed economico, ma presenta nel contempo alcuni limiti. Nel caso di *C. funebrana* fin dal primo anno di prova è stata riscontrata la difficoltà, già evidenziata da altri Autori (Molinari, 1995), di distinguere le generazioni e i picchi di volo, soprattutto con un numero basso di maschi catturati. Ciò rende molto difficoltoso e poco significativo il lavoro di validazione basato sui voli. Per questo motivo già dal secondo anno, sono stati impostati monitoraggi delle ovodeposizioni in campo, da confrontare con le ovodeposizioni simulate dal modello. Per realizzare questo tipo di verifica, onerosa ma molto attendibile, sono stati utilizzati i dati rilevati in appezzamenti di susino esenti da trattamenti insetticidi delle province di Modena e di Forlì.

Per la prima generazione non è stato possibile eseguire la validazione in quanto, in tutte le prove effettuate, il numero di uova rilevato era talmente esiguo da rendere non significativo il confronto. Complessivamente, per la seconda e la terza generazione, sono stati analizzati 9 casi. I risultati dei confronti hanno evidenziato una buona corrispondenza dell'ovideposizione prevista dal modello con quella rilevata in campo, soprattutto per le percentuali centrali della curva dove l'errore medio non supera i 2,5 giorni (Fig. 6). Inoltre l'affidabilità del modello è rafforzata dalla costanza dei risultati ottenuti in anni caratterizzati da andamenti climatici piuttosto diversi tra loro (Butturini *et al.*, 2000).

Applicazioni in campo

- **Installazione delle trappole a feromoni**

A partire dalla fine di marzo vengono eseguite simulazioni con il modello previsionale allo scopo di verificare la percentuale di impupamento prevista. Quando il modello indica che la quasi totalità degli individui ha raggiunto lo stadio di pupa si è prossimi allo sfarfallamento e quindi viene consigliato al tecnico di installare le trappole a feromoni. In questo modo si riesce a "centrare" l'inizio del volo del fitofago evitando così inutili campionamenti o la perdita dei dati delle prime catture. Il vantaggio non è di poco conto se si considera che da un anno all'altro l'inizio del volo può differire anche di una o due settimane.

- **Tecniche di confusione e disorientamento**

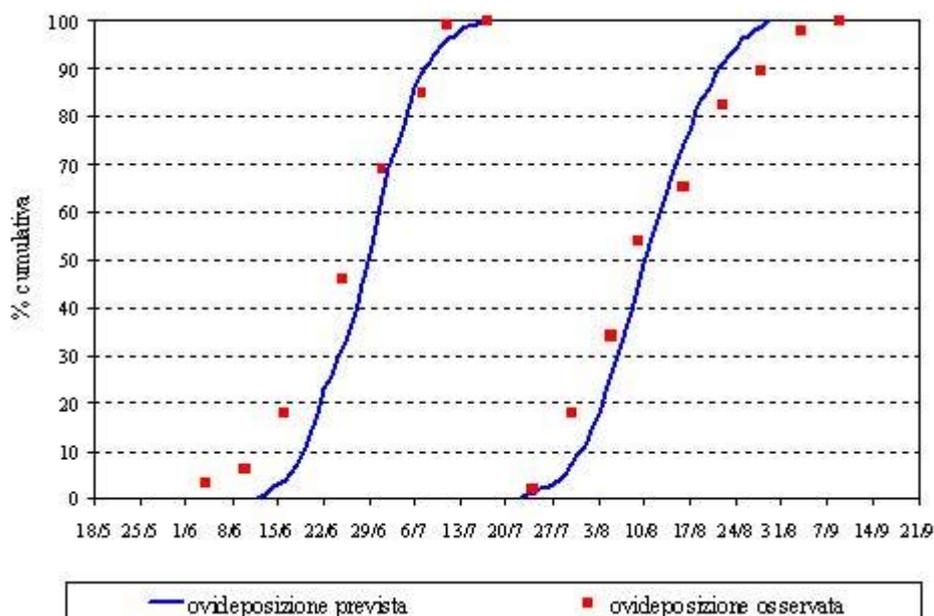
Nelle aziende in cui viene utilizzato il metodo della confusione o del disorientamento sessuale l'informazione sull'inizio del volo permette l'installazione tempestiva degli erogatori: una tempistica corretta dell'applicazione del metodo contribuisce notevolmente al successo della difesa.

- **Interventi ovidici e larvicidi**

La necessità di effettuare l'intervento di difesa viene indicata dal superamento della soglia di intervento unitamente, per la prima generazione, a situazioni in cui l'allegagione si presenta scarsa. Per realizzare una strategia di difesa realmente efficace il tecnico, oltre al suo bagaglio di conoscenze, deve disporre, in tempo reale, di una serie di informazioni legate all'evoluzione in campo dell'infestazione. A questo scopo viene fornita al tecnico l'informazione sull'andamento dello sviluppo del fitofago simulato dal modello sulla base dei dati meteorologici della zona interessata. In particolare viene indicato l'inizio dell'ovideposizione e della nascita larvale e la loro evoluzione nel tempo in termini percentuali.

*L'integrazione delle informazioni relative ai rilievi di campo, alle caratteristiche dei prodotti che si intendono applicare, alla pressione del fitofago e alle indicazioni fornite dal modello previsionale permette al tecnico di attuare una gestione ottimale dei mezzi disponibili per la difesa del susino da *Cydia funebrana*.*

Fig. 6. Confronto tra l'ovideposizione di *Cydia funebrana* prevista dal modello e quella osservata in campo a Sorrivoli (FC) nel 1996 (II e III generazione)



IL MODELLO MRV - *CYDIA MOLESTA*

Modello valido su pesco e utilizzabile per le prime due generazioni del fitofago.

DATI METEO UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sgusciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Messa a punto e validazione del modello

Il modello previsionale è stato messo a punto e validato esclusivamente per *Cydia molesta* che si sviluppa su pesco.

La definizione dei parametri biologici necessari è iniziata nel 1992 sulla base dei dati rinvenuti in bibliografia e si è conclusa nel 1995. Lo studio approfondito dei numerosi lavori pubblicati (Roehrich, 1992) ha portato alla selezione di una serie di valori relativi alla durata di sviluppo in giorni di uova, larve, pupe, adulti a diverse temperature e in funzione della variabilità all'interno della specie nonché alla fecondità delle femmine adulte (Tab. 7). I dati sono stati quindi elaborati per definire le relazioni matematiche tra tassi di sviluppo e temperatura nei diversi stadi (Logan *et al.*, 1976) e la fecondità delle femmine in rapporto all'età delle stesse (Bieri *et al.*, 1983).

Tab. 7. Durata media di sviluppo di *Cydia molesta* (gg.)

Temperatura °C	Stadio			
	Uova	Larve	Pupe	Femmine adulte
12	-	50	-	-
15	-	-	-	27,49
15,5	7,5	-	-	-
17	-	-	23	-
17,5	-	-	-	18
18,3	5,75	-	-	-
19	-	25,97	-	-
20	-	-	12,5	-
21	-	17,98	-	-
23	-	-	-	7
23,8	3,9	-	-	-
24	-	16	8,2	4,8
26	-	14,51	6,69	-
28	-	-	5,19	-
29	-	13	-	-
29,4	3,27	-	-	-
31	-	11	-	-
34,4	2,75	-	-	-
35	3,3	-	-	-

La verifica dell'attendibilità del modello è stata eseguita confrontando le curve del primo e del secondo volo simulato con i rispettivi voli rilevati in campo. I dati di cattura sono stati in parte ricavati dalle schede di rilevamento delle aziende pilota di produzione integrata ed in parte da verifiche appositamente approntate. Una parte consistente del lavoro di validazione è stato condotto principalmente nel periodo 1992-1995, per un totale di 45 casi, distribuiti nelle provincie di Modena, Bologna, Ferrara, Ravenna e Forlì.

I risultati indicavano complessivamente un ritardo della previsione di circa una settimana sia per il primo che per il secondo volo. Trattandosi di un errore sistematico, è stato eseguito un lavoro di calibrazione del modello

(previa analisi dei punti critici), modificando alcuni parametri relativi alle curve di sviluppo dell'insetto. Alla fase di modifica del modello è seguita quella di validazione della nuova versione: allo scopo sono stati riesaminati e valutati i rilievi aziendali precedentemente analizzati. I risultati ottenuti sono stati la diminuzione della percentuale dei casi di ritardo e nell'ambito di questi ultimi, la riduzione dell'errore medio della previsione espresso in giorni.

Ulteriori controlli effettuati nella fase di prima applicazione in stretta collaborazione con i tecnici che svolgono attività di assistenza nell'ambito delle produzioni integrate, hanno confermato la buona attendibilità della simulazione e quindi la validità del modello a supporto della difesa del pesco da *Cydia molesta*.

Applicazioni in campo

- **Installazione delle trappole a feromoni**

Qualora nell'azienda si siano verificati elevati danni nell'annata precedente e si presupponga quindi un'elevata presenza del fitofago, l'installazione delle trappole va effettuata fin dal primo volo. Il modello MRV-Cydia molesta fornisce informazioni circa l'evoluzione dell'impupamento degli individui che hanno svernato ed il successivo sfarfallamento degli adulti, permettendo quindi di programmare il corretto posizionamento delle trappole a feromoni.

- **Tecniche di confusione e disorientamento**

Per la buona riuscita delle tecniche di confusione e disorientamento, il posizionamento dei diffusori deve avvenire prima dell'inizio del volo della generazione svernante. La data corretta di applicazione può variare da un anno all'altro a causa delle condizioni climatiche estremamente variabili del periodo.

*Per l'installazione del disorientamento combinato per *Anarsia lineatella* e *Cydia molesta*, i diffusori devono essere posizionati prima dell'inizio del secondo volo di *C. molesta*. E' chiara anche in questo caso l'utilità del modello previsionale per la programmazione aziendale e territoriale degli interventi.*

- **Interventi ovicidi e larvicidi di prima e seconda generazione**

Gli interventi si rendono necessari quando il monitoraggio con le trappole a feromoni rileva il superamento delle soglie di intervento oppure nelle situazioni particolarmente a rischio dove si applica la confusione o il disorientamento. L'integrazione delle informazioni fornite dal modello (evoluzione degli stadi dannosi) con quelle delle trappole a feromoni (abbondanza delle popolazioni di campo) indirizzano l'operatore agricolo circa la scelta del prodotto fitosanitario più idoneo in termini di grado d'efficacia, tempo di carenza, ecc., oltre che sul momento ottimale di applicazione.

IL MODELLO MRV – ANARSIA LINEATELLA

Modello valido su pesco e utilizzabile per le prime due generazioni del fitofago.

DATI METEO UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di uova, larve, crisalidi e adulti sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di uova deposte, larve sguosciate, pupe formate e adulti sfarfallati sul totale della generazione.

Il modello di sviluppo a ritardo variabile per *Anarsia lineatella* su pesco è stato messo a punto nell'ambito dei progetti di ricerca e sperimentazione affidati dalla Regione Emilia-Romagna al C.R.P.V con il coordinamento scientifico dell'Istituto di Entomologia e Patologia vegetale dell'Università di Piacenza.

Messa a punto e validazione del modello

Il modello previsionale è stato messo a punto e validato esclusivamente per *Anarsia lineatella* che si sviluppa su pesco.

I parametri biologici necessari per la costruzione del modello sono stati determinati tramite l'allevamento in condizioni controllate dei diversi stadi del fitofago. L'allevamento è stato condotto a partire dal 2000 presso l'Istituto di Entomologia e Patologia vegetale dell'Università di Piacenza utilizzando come materiale di partenza

larve prelevate in campo. Gli stadi preimmaginali (uova, larve e pupe) e gli adulti sono stati allevati rispettivamente a 5 e 3 temperature costanti, umidità relativa 70% e fotoperiodo 17:7 L/B. Le larve sono state alimentate con frutti di pesco esenti da trattamenti insetticidi; inoltre, ad alcune temperature, sono stati testati anche altri substrati alimentari (Molinari *et al.*, 2005). Gli adulti di entrambi i sessi, alimentati con una soluzione di acqua e miele, sono stati posti in bottiglie di plastica per rilevare la durata della vita e l'andamento dell'ovideposizione. In tabella 8 sono riportate, per ciascuno stadio, le durate di sviluppo rilevate in laboratorio. I tassi di sviluppo (reciproco della durata) degli stadi preimmaginali sono stati interpolati in modo soddisfacente con una funzione non lineare (Logan *et al.*, 1976); il tasso di invecchiamento delle femmine è stato rappresentato con una retta; la fecondità in funzione dell'età con la curva di Bieri (Bieri *et al.*, 1983).

Tab. 8. Durata media di sviluppo di *Anarsia lineatella* (gg.)

Stadio	Temperatura °C					
	18	20	23	26	29	32
uova	11.38	-	7	5.28	3.94	3.87
larve	36	25.45	19	16	-	14
pupe	20	13.82	10	8	-	5
femmine adulte	25.9	18.7	-	13	-	-

Per valutare la capacità previsionale del modello sono stati eseguiti i confronti tra i voli simulati e le catture con le trappole a feromoni. A tale scopo sono stati utilizzati i dati rilevati dal 1999 al 2007 relativi soprattutto alle province maggiormente interessate dalla peschicoltura. In totale sono stati esaminati 42 casi provenienti da fonti diverse (schede aziendali, prove sperimentali, dati del progetto monitoraggio CRPV). Sono state valutate le differenze in giorni tra il dato simulato ed il dato osservato per l'inizio, il picco e la fine del primo volo e per l'inizio ed il picco del secondo volo.

I risultati hanno evidenziato un buon accordo del modello con i dati di campo soprattutto per quanto riguarda l'inizio del primo e l'inizio del secondo volo: la differenza media riscontrata è compresa tra 0 e ± 6 giorni nell'83% dei casi (74% per il secondo volo). Un errore di poco maggiore si riscontra per quanto riguarda il picco del primo volo, mentre superano mediamente otto giorni le differenze relative al picco del secondo volo e alla fine del primo volo. Considerando che il periodo di volo di *Anarsia lineatella* è piuttosto prolungato (almeno 30-40 giorni per il primo volo e poco meno per il secondo) si ritiene che le differenze complessivamente riscontrate tra i dati previsti e quelli osservati in campo siano senz'altro accettabili e non in grado di compromettere una corretta impostazione della difesa. Inoltre si sottolinea che il modello è stato validato utilizzando i dati di otto anni, alcuni dei quali (2003, 2007) caratterizzati da andamenti climatici che si discostano molto dalla media. Il modello ha rappresentato adeguatamente i dati di campo anche nelle annate "anomale" e ciò costituisce un'ulteriore riprova della buona capacità previsionale.

Applicazioni in campo

- **Installazione delle trappole a feromoni**

Generalmente le trappole vengono installate entro l'ultima decade di aprile, così come indicato dalle ditte produttrici. In realtà l'inizio del volo può variare, a seconda delle annate, di diversi giorni. Il modello, tenendo conto dell'andamento climatico delle zone considerate, permette ai tecnici di programmare in modo ottimale la data d'installazione delle trappole. Si evitano così installazioni troppo precoci, che porterebbero a campionamenti a vuoto o troppo ritardate con conseguente perdita dei dati dell'inizio del volo.

- **Tecniche di confusione e disorientamento**

Nelle aziende in cui viene utilizzato il metodo della confusione o del disorientamento l'informazione dell'approssimarsi dell'inizio del volo, fornita sulla base dell'output del modello, permette l'installazione tempestiva degli erogatori e quindi una maggiore garanzia di successo della difesa.

- **Interventi ovicidi e larvicidi di prima e seconda generazione**

L'intervento di difesa è giustificato dal superamento della soglia di intervento tranne nei casi in cui si applica la confusione/disorientamento o si utilizza il *Bacillus thuringiensis*. In questi ultimi casi la valutazione della necessità del trattamento viene effettuata sulla base dell'esperienza del tecnico che segue la coltura. In ogni caso l'informazione sull'andamento della fenologia dell'insetto, fornita dal modello, costituisce un supporto prezioso per individuare il momento più opportuno per intervenire. A questo scopo le indicazioni più importanti riguardano l'inizio dell'ovideposizione e della nascita larvale e la loro evoluzione nel tempo in termini percentuali. L'integrazione delle informazioni relative ai rilievi di campo, alle caratteristiche dei prodotti che si intendono applicare, alla pressione del fitofago, agli altri eventuali trattamenti effettuati contro *Cydia molesta* e alle

indicazioni fornite dal modello previsionale permette al tecnico di attuare una gestione ottimale dei mezzi disponibili per la difesa del pesco da *Anarsia lineatella*.

IL MODELLO MRV – TRIPIDI DEL PESCO (THRI-DS)

Modello valido su pesco per la prima generazione.

DATI METEO UTILIZZATI:

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie o biorarie.

Data del primo adulto catturato con trappole cromotropiche.

OUTPUT

Percentuale di individui presenti allo stadio di neanidi sul totale della generazione.

Percentuale cumulativa di neanidi sgusciate sul totale della generazione.

Il modello THRI-DS per i tripidi primaverili del pesco è stato messo a punto nell'ambito di un progetto di ricerca triennale affidato dalla Regione Emilia-Romagna al C.R.P.V con la responsabilità scientifica del Prof. Maurizio Severini del Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile dell'Università degli Studi della Tuscia. Attualmente il modello è utilizzato nei programmi regionali di produzione integrata e in agricoltura biologica.

Messa a punto e validazione del modello

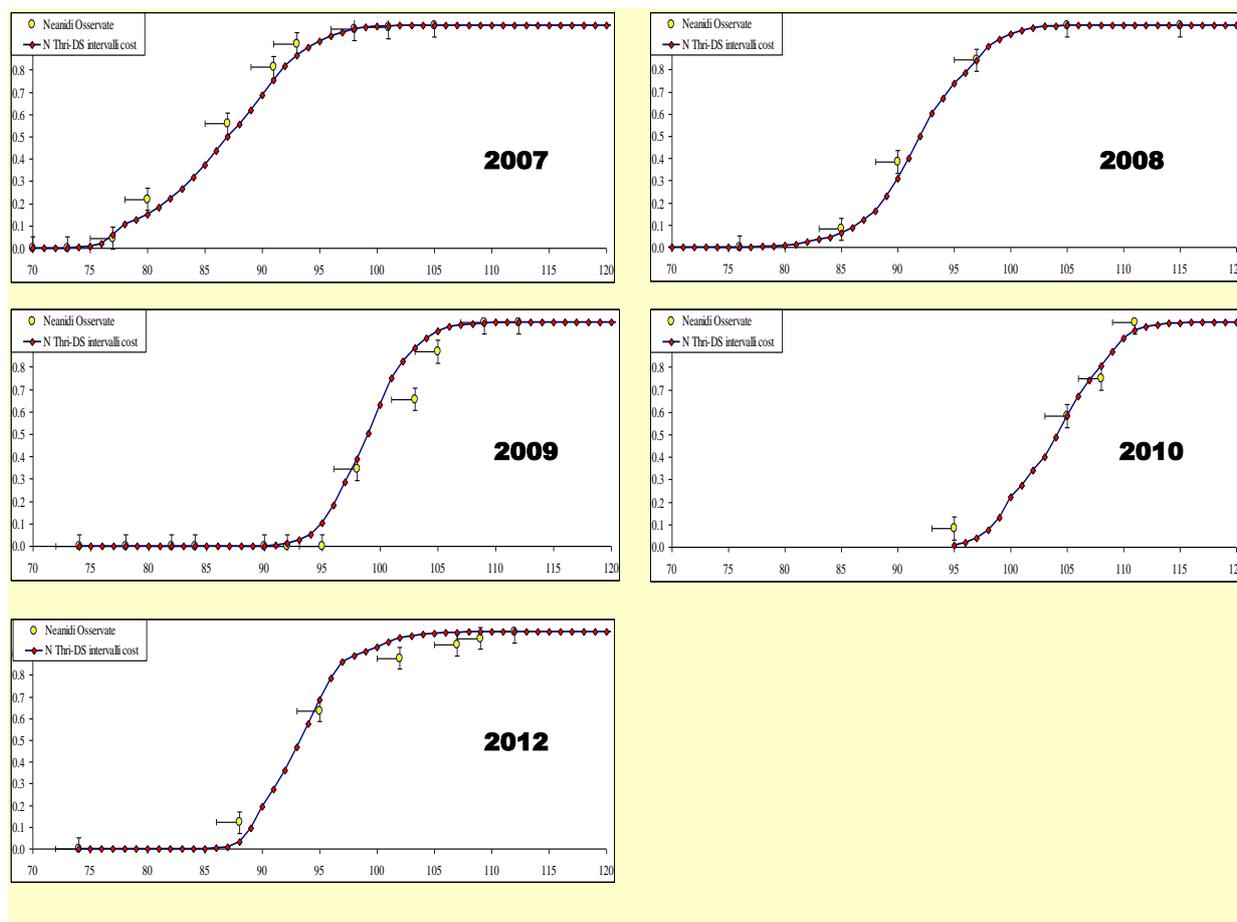
Il modello previsionale è stato messo a punto e validato per i tripidi del pesco nella fase primaverile.

I parametri biologici necessari per la costruzione del modello sono stati desunti dalla letteratura relativa alla specie di tripidi prevalente nella fase fiorale (*Taeniothrips meridionalis*) e da prove sperimentali di campo allestite *ad hoc*. Il lavoro di costruzione del modello è stato condotto dal 2007 al 2010 attraverso la definizione e la calibrazione dei parametri necessari per la simulazione dell'attività degli adulti (tassi di invecchiamento, di sopravvivenza e di riproduzione) e dei parametri necessari per la simulazione della nascita delle neanidi (modello MRV).

Per valutare la capacità previsionale del modello sono stati eseguiti i confronti tra la presenza delle neanidi sui fiori e la nascita delle neanidi simulata dal modello. A tale scopo sono stati utilizzati i dati rilevati dal 2007 al 2010 e nel 2012 in frutteti di nettarine della provincia di Forlì-Cesena.

I risultati hanno evidenziato, in tutti i casi considerati, un buon accordo del modello con i dati di campo (Fig. 7)

Fig. 7. Validazione del modello THRI-DS – confronto tra le neanidi rilevate in campo e le neanidi simulate dal modello



In particolare si evidenzia che gli anni in cui sono state effettuate le prove sono stati caratterizzati da andamenti climatici anche molto diversi: nel 2007, ad esempio le elevate temperature primaverili hanno portato ad un notevole anticipo dello sviluppo del fitofago, infatti le prime neanidi sono state rilevate il 19 marzo. Al contrario nel 2009 e nel 2010, a causa del ritardo stagionale, lo sviluppo delle neanidi è stato notevolmente posticipato (le prime neanidi sono comparse rispettivamente il 9 e il 6 aprile). A riprova della buona capacità previsionale del modello, la simulazione dei dati di campo è risultata corretta anche nelle annate “anomale”.

Applicazioni in campo

Trattamenti in post-fioritura

Il modello può essere utilizzato per posizionare al meglio il trattamento contro le neanidi nella fase di post-fioritura e per valutare l'opportunità di fare un secondo intervento, qualora la nascita delle neanidi dovesse prolungarsi oltre il periodo di efficacia degli insetticidi utilizzati.

Normalmente il trattamento in post-fioritura viene effettuato immediatamente dopo la caduta dei petali. Non sempre però, in questa fase, è già iniziata la schiusura delle uova. Nel 2007, ad esempio, le prime neanidi sono state rilevate solo una settimana dopo la sfioritura. In questo caso l'efficacia del trattamento effettuato a caduta petali sarebbe stata quasi nulla, considerando che per circa una settimana il bersaglio non era ancora presente e che la durata di attività degli agrofarmaci disponibili non supera gli 8-10 giorni. Con l'informazione fornita dal modello circa l'inizio della schiusura si può programmare un intervento più mirato. Inoltre, tramite il modello, si può seguire l'evoluzione della nascita delle neanidi e sapere se questa si esaurisce in pochi giorni o si prolunga, tanto da richiedere un secondo trattamento. Negli anni 2007 e 2012, ad esempio, la fase di nascita delle neanidi è durata rispettivamente 28 e 24 giorni, ben oltre cioè il periodo di efficacia dei prodotti.

IL MODELLO PSILLA DEL PERO

Modello valido su pero per la seconda generazione.

DATI METEO UTILIZZATI

Temperatura.

INPUT

Temperature medie orarie dal 1° gennaio; soglia inferiore di sviluppo di 3.5 °C.

OUTPUT

Sommatoria gradi giorno.

Il modello per la Psilla del pero (*Cacopsylla pyri*), utilizzato nell'ambito del Servizio di previsione e avvertimento della Regione Emilia-Romagna, calcola i gradi-giorno necessari per il verificarsi dei diversi eventi fenologici relativi alla seconda generazione del fitofago (Tab. 9).

Tab. 9. Psilla del pero – Sommatoria gradi giorni

Sommatoria gradi giorno per la II generazione (dal 1° gennaio con soglia 3,5 °C) (Schaub L., Graf B, 2005)			
Stadio	Percentuale di presenza		
	10%	50%	90%
uova	637	799	1030
neanidi	737	903	1134

Messa a punto e validazione del modello

Il modello è stato sviluppato dai ricercatori della Stazione Federale di Ricerca Agronomica di Changin, CH (Schaub *et al.*, 2005) e validato in Svizzera e in Emilia Romagna. La durata e la variabilità di sviluppo delle uova e degli stadi giovanili sono stati stimati in laboratorio allevando l'insetto a diverse temperature costanti, mentre i dati relativi agli adulti sono stati desunti dalla letteratura (Bonnemaison e Missonnier, 1956) e da osservazioni di campo.

In Emilia-Romagna il modello è stato validato negli anni 2002, 2003 e 2007 in pereti del ferrarese caratterizzati da elevate infestazioni di psilla. Le osservazioni sono state condotte sulle uova e sugli stadi giovanili della seconda generazione essendo questa la fase più adeguata per gli eventuali interventi di difesa. I risultati hanno indicato un buon accordo tra i rilievi di campo e quanto indicato dal modello.

Applicazioni in campo

Trattamenti in seconda generazione

Per valutare la necessità di effettuare il trattamento contro la psilla occorre basarsi sui campionamenti ai getti, l'osservazione della presenza o meno degli antocoridi, la storia aziendale ecc. Nel caso in cui si debba intervenire, l'informazione del modello sarà utile per decidere il momento più opportuno a seconda dell'insetticida che si intende utilizzare. Infatti tra i prodotti al momento disponibili, alcuni sono maggiormente efficaci sulle uova, per altri invece è più opportuno attendere le prime schiusure. Il modello fornendo, per la zona considerata, l'indicazione della comparsa degli stadi target contribuisce alla buona riuscita dell'intervento.

BIBLIOGRAFIA MODELLI INSETTI

- J. Baumgärtner, M. Severini** – Microclimate and arthropod phenologies: the leaf miner *Phyllonorycter blancardella* F. (Lep.) as an example. Inter. Conf. on Agrometeorology, Cesena 1987 (F. Prodi, F. Rossi, G. Cristofori eds), Fondazione Cesena Agricoltura Publ.:225-243 (1987).
- J. Baumgärtner, P. Baronio** – Modello fenologico di volo di *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lep. Tortricidae) relativo alla situazione ambientale dell'Emilia Romagna. Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna, 43: 157-170 (1988).
- M. Bieri, J. Baumgärtner, G. Bianchi, V. Delucchi V, R. Von Arx** – Development and fecundity of pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris) as affected by constant temperatures and pea varieties. Mitt Schweiz. Ges., 56: 163-171 (1983).
- L. Bonnemaison, J. Missonnier** – Le psylle du poirier (*Psylla pyri* L.): morphologie et biologie. Méthode de lutte. Annales Epiphyties 7 (2), 263-231 (1956).
- A. Butturini, R. Tiso, E. De Berardinis** – Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 47: 123-134 (1992).
- A. Butturini, R. Tiso, F. Molinari** – Phenological forecasting model for *Cydia funebrana*. Bulletin OEPP/EPPO 30: 131-136 (2000).
- E. De Berardinis, A. Butturini, R. Tiso** - Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Pandemis cerasana* (Hb.) (Lepidoptera:Tortricidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 46:211-222 (1991-92).
- E. De Berardinis, R. Tiso, A. Butturini, G. Briolini, 1992** – A phenological forecasting model for the apple and pear leaf-roller *Argyrotaenia pulchellana* (Hw.) (Lepidoptera:Tortricidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 47: 111-122 (1992).
- A. P. Gutierrez, J. Baumgärtner, G. Summers** – Multitrophic models of predator-prey energetics. Can. Ent., 116: 923-963 (1984).
- J. A. Logan, D. J. Wollkind, S. C. Hoyt, L. K. Tanigoshi** – An analytic model for description off temperatur dependent rate phenomena in arthropods. Environ. Entomol. 5:1133-1140 (1976).
- T. J. Manetsch** – Time-varying distributed delays and their use in aggregative models of large systems. IEEE Trans. Sys. Man. Cybern., 6: 547-553(1976).
- F. Molinari** – Notes on biology and monitoring of *Cydia funebrana*. Bulletin OILB/SROP. 18 (2): 39-42 (1995).
- F. Molinari, R. Tiso, A. Butturini, G. Ceredi, P. Sambado, E. Rossi** – A forecasting model for peach twig borer, *Anarsia lineatella* Zeller – IOBC wprs Bulletin Vol. 28(7), 115-118 (2005).
- H. Riedl H., W. Loher** - Circadian control of oviposition in the codling moth, *Laspeyresia pomonella*, Lepidoptera: Olethreutidae. Ent. Exp. & appl. 27: 38-49. Ned. Entomol. Ver. Amsterdam (1980).
- R. Roehrich** – Contribution a l'étude écologique des populations de la Tordeuse du Pecher (*Grapholita molesta* Busck dans la région Aquitaine. Annales des Epiphyties Serie C (1992).
- L. Schaub, B. Graf, A. Butturini** – Phenological model of pear psylla *Cacopsilla pyri*. Entomologia experimentalis et applicata 117: 105-111 (2005).
- L. Schaub, B.Graf** - Modèle de la phénologie du psylle du poirier. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 37 (2): 119-121, 2005
- R. Tiso, A. Butturini, E. De Berardinis, G. Briolini** - Influenza della temperatura sullo sviluppo di *Argyrotaenia pulchellana* (Hw) (Lepidoptera:Tortricidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 46:161-172 (1991-1992).
- R. Tiso, A. Butturini, E. De Berardinis, G. Briolini** – A phenological model for the apple and pear leaf-roller *Pandemis cerasana* (Hb.) (Lepidoptera: Tortricidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 47: 101-110 (1992).

R. Tiso, A. Butturini – Possibilità di impiego di un modello fenologico per *Lobesia botrana* Schiff. nella difesa della vite. Atti dei Convegni XXII MOMEVI, 53: 43-49 (1997).

R. Tiso, A. Butturini – Un modello fenologico per *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) nella difesa delle pomacee in Emilia – Romagna. Frustula Entomologica, XXII, 113-120 (1999).

R. Tiso, M. Boselli, A. Butturini, L. Bellettini – Andamento dell’ovideposizione in campo di *Cydia pomonella* L. Informatore Fitopatologico 6: 33-39 (2001).

S. M. Welch, B. A. Croft, M. F. Michels – PETE: an extension phenology modelling system for management of multi-species pest complex. Environ. Entomol., 7: 482-494 (1978).