

JOHANN BAUMGÄRTNER* PIERO BARONIO**

* Divisione di Fitoiatria dell'Istituto di Scienze delle Piante del Politecnico di Zurigo.

** Istituto di Entomologia «G. Grandi» dell'Università degli Studi di Bologna.

Modello fenologico di volo di *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lep. Tortricidae) relativo alla situazione ambientale della Emilia-Romagna.

INTRODUZIONE

La tignoletta dell'uva è un tortricide che si sviluppa su diverse specie e varietà di Vite ed anche su piante di tutt'altro genere. L'insetto dimostra una distribuzione paleartica e uno sviluppo omodinamo. Compie ogni anno da due a tre ed anche quattro generazioni (di quest'ultima si può avere solo l'inizio) in rapporto alla latitudine e all'andamento della temperatura (Grandi, 1951; Bovey, 1966; Deseö *et Al.*, 1981).

Sulla Vite in Emilia-Romagna la *L. botrana* sviluppa tre generazioni l'anno, interessando con la prima: bottoni fiorali, peduncoli e racimoli; con la seconda: acini verdi; con la terza quelli maturi. In tutti i casi le larve, per completare lo sviluppo necessitano di più organi interessati, che conglobano con fili sericei, prima di nutrirsene.

La dannosità del lepidottero in questione è dovuta non solo alla sottrazione diretta di prodotto, ma anche alla diffusione di Botrite e di Marciume acido.

L'entità delle perdite dovute a questo entomo è tale da richiedere l'intervento con prodotti fitoiatrici, che, nell'ambito di un programma di lotta integrata, vanno applicati nel momento opportuno, in rapporto alla reale fenologia dell'insetto legata principalmente, come per tutti gli animali pecilotermi, alla temperatura.

Di qui la necessità di istituire per questo insetto un procedimento esecutivo di lotta, già sperimentato per altri, attraverso un sistema computerizzato, che preveda in tempo reale lo stato ontogenetico del tortricide in relazione alle condizioni ambientali (temperatura). Per raggiungere ciò, in primo luogo, è necessario sviluppare un modello fenologico analitico (Baumgärtner e Gutierrez, in corso di stampa).

Questo è ciò che si è cercato di fare a proposito di *L. botrana* introducendo elementi demografici, tra cui il più importante è l'andamento della ontogenesi, nel metodo previsionale. Così è stato realizzato un modello che si sviluppa attraverso quattro stadi: uovo, larva, crisalide e adulto.

In Italia, a quanto ci risulta, sono disponibili modelli fenologici descrittivi, basati unicamente sulle somme termiche, come ad esempio quello elaborato da Caffarelli *et Al.*, (1985).

MATERIALE E METODO

1 Costruzione di un grafico di flusso e stima dei parametri

Per la definizione e rappresentazione dell'andamento della ontogenesi di *L. botrana* è stato utilizzato un modello di sviluppo a ritardo (Manetsch, 1976), già adattato per ricerche fenologiche su popolazioni di insetti. Ciò è la base per la previsione nella applicazione della lotta integrata (Welch *et Al.*, 1978; Croft e Knight, 1983).

In questo modello fenologico, poi, è stato introdotto un **modello di sviluppo a ritardo variabile**, per i quattro stati: uova, larva, crisalide e adulto.

La teoria matematica è stata ripresa da Manetsch (1976) e introdotta nel modello elaborato secondo il metodo seguito da Baumgärtner e Severini (1987) per il simulatore fenologico BLANCA (fig. I).

In tale modello il primo elemento è l'indicazione sull'andamento dell'ontogenesi dell'insetto all'inizio dell'anno solare. Questo è rappresentato dall'entrata nello stato di crisalide, in cui l'insetto passa, in diapausa, l'inverno (Deseö *et Al.*, 1981). Tale scelta è stata necessaria perché non si conosce esattamente il periodo di stasi nella vita della crisalide. (fig. I,1). Il secondo elemento è rappresentato dal **calcolo della temperatura media del passo di tempo**. Valore che si ottiene per interpolazione da una cosinusoide costruita con le minime e le massime giornaliere (fig. I,2). Il terzo elemento è il **calcolo dello sviluppo istantaneo di ciascuno stato** (D_j) espresso in giorni e non in gradi giorno, fatto utilizzando i tassi di sviluppo [$z_j(\text{TEMP})$] (fig. I,3). Questo spiega perché la durata di tale periodo di sviluppo varia con la temperatura (TEMP). Tale intervallo, per le uova ($j=1$), per le larve ($j=2$) e per le crisalidi ($j=3$), è stato ottenuto con la funzione di Logan *et Al.* (1976) modificata.

$$(a) \quad z_j(\text{TEMP}) = c_{j,1} \cdot \left[\frac{\text{EXP}[c_{j,2} \cdot (\text{TEMP} - T_0)] - \text{EXP}[c_{j,2} \cdot (T_m - T_0)] - c_{j,3}}{[(T_m - T_0) - (\text{TEMP} - T_0)]} \right]$$

Per le tre generazioni annuali, la stima dei parametri ($c_{j,1}$; $c_{j,2}$; $c_{j,3}$; T_0 ; T_m) è stata compiuta con i tassi di sviluppo, rilevati sperimentalmente da Gabel (1981) in ambiente condizionato. In particolare dei dati riportati per le uova sono stati scelti a caso solo il 20%; mentre quelli indicati per gli altri stati (larve e crisalidi) furono presi in blocco. Questi ultimi dati, poi, sono stati integrati con altri, calcolati partendo da quanto è stato rilevato da Rapagnani *et Al.* (1988) in cella climatizzata, a diverse temperature, a proposito della velocità di sviluppo dei due stati ontogenetici anzidetti. In particolare la serie di valori utilizzata è stata ottenuta moltiplicando il tasso di sviluppo ad ogni temperatura sperimentata per

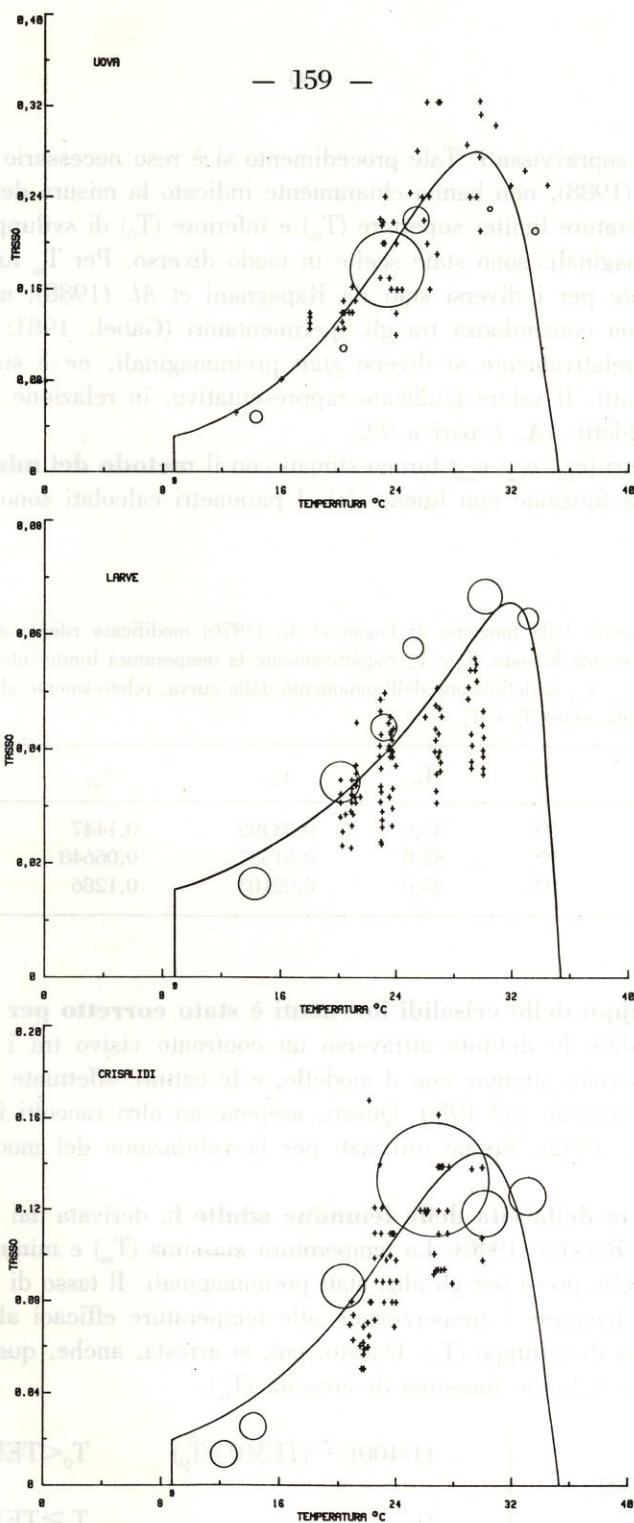


Fig. I - Diagramma di flusso semplificato BLANCA (Baumgärtner e Severini, 1987), adottato per simulare la fenologia di *L. botrana*. Sono indicati gli elementi fondamentali (1; 2; 3; 4) discussi nel testo.

ERRATA CORRIGE

Le immagini delle figg. I e II di pag. 159 e 163 sono state scambiate
 Quella in fig. I a pag. 159 va considerata al posto di quella a pag. 163 e viceversa.

gli individui sopravvissuti. Tale procedimento si è reso necessario perché Rapagnani *et Al.* (1988), non hanno chiaramente indicato la misura della variabilità.

Le temperature limite, superiore (T_m) e inferiore (T_0) di sviluppo per tutti gli stadi preimmaginali, sono state scelte in modo diverso. Per T_m furono accettate quelle rilevate per i diversi stati da Rapagnani *et Al.* (1988); mentre per T_0 , mancando una concordanza tra gli sperimentatori (Gabel, 1981; Rapagnani *et Al.*, 1988), relativamente ai diversi stadi preimmaginali, ne è stata scelta una uguale per tutti. Il valore giudicato rappresentativo, in relazione a quanto ottenuto dai suddetti AA, è pari a 9°C.

I parametri ($c_{j,1}$; $c_{j,2}$; $c_{j,3}$) furono stimati con il **metodo dei minimi quadrati** utilizzando la funzione non lineare (a). I parametri calcolati sono raccolti nella tabella 1.

Tab. 1 - Parametri della funzione di Logan *et Al.* (1976) modificata riferiti alla *L. botrana*: j rappresenta lo stato; T_0 e T_m rispettivamente la temperatura limite inferiore e superiore; $c_{j,1}$, $c_{j,2}$, $c_{j,3}$ la definizione dell'andamento della curva, relativamente alle tre generazioni annuali, entro T_0 e T_m .

j	T_0	T_m	$c_{j,1}$	$c_{j,2}$	$c_{j,3}$
Uova	9°C	35,0	0,03492	0,1447	0,2408
Larve	9°C	35,0	0,01537	0,06648	0,9445
Crisalidi	9°C	35,0	0,02103	0,1286	0,2532

Lo sviluppo delle crisalidi ibernanti è stato corretto per una costante b, il cui valore fu definito attraverso un confronto visivo tra i risultati delle previsioni di volo, ottenute con il modello, e le catture effettuate in campo, con trappole a feromoni, nel 1980. Questi, assieme ad altri raccolti in anni diversi (1977, 1981, 1982), furono utilizzati per la validazione del modello di cui si tratta.

La durata della vita delle femmine adulte fu derivata dai valori riportati da Jancke e Roesler (1940). La temperatura massima (T_m) e minima (T_0) coincidono con quelle prese per gli altri stadi preimmaginali. Il tasso di invecchiamento (z_4) delle femmine è proporzionale alle temperature efficaci al disopra della soglia minima di sviluppo (T_0). Questo, poi, si arresta, anche, quando la temperatura supera il limite massimo di crescita (T_m).

$$(b) \quad z_4(\text{TEMP}) = \begin{cases} (1/400) \cdot (\text{TEMP} - T_0) & T_0 < \text{TEMP} < T_m \\ 0 & T_0 \geq \text{TEMP} \geq T_m \end{cases}$$

Un quarto elemento è rappresentato dal **modello di sviluppo a ritardo variabile** (fig. I,4). Questo è indicato da una successione di «scatole» (i), l'an-

damento della quale da 1 a k sta ad indicare l'ordine del processo stimato, in cui k è uguale a d^2/s^2 dove: d ne rappresenta la durata media dello stato a cui si riferisce e s^2 la sua varianza. Tutto ciò può essere determinato sperimentalmente (Welch *et Al.*, 1978). In questo caso, invece, è stato scelto un ordine k uguale a 44 per tutti gli stadi (j), metodo già utilizzato da Baumgärtner e Severini (1987). Il passo di tempo più confacente alla soluzione del problema è uguale a 0,0625, equivalente a 16 passi al giorno.

Il processo inizia con l'entrata dell'insetto nello stato di uovo, il cui numero coincide con la fecondità delle femmine. Il dato introdotto è, perciò, relativo alla quantità di uova prodotte giornalmente nell'esperimento condotto con *L. botrana* da Jancke e Roesler (1940) a 25°C. Il tasso di fecondità in rapporto all'età [u(a)] (fig. III) è stato definito con la funzione di Bieri *et Al.* (1983), dove c_4 e c_5 sono stati stimati con il metodo dei minimi quadrati. In questa funzione il periodo di preovideposizione è stimato a 16 gradi giorno.

$$(c) \quad u(a) = c_4 \cdot (a - 16,0) / c_5^{(a-16,0)}$$

La fecondità totale per individuo (F) è stata calcolata con l'integrazione numerica della equazione di Bieri *et Al.* (1983).

Nel **modello di sviluppo a ritardo variabile** u_i è la fecondità media realizzata in ogni scatola e $r_{4,j}(t)$ sono i tassi di trasferimento, che moltiplicati per $D_4(t)/k$ danno il numero di femmine per ogni scatola.

$$(d) \quad m(\text{TEMP}) = \begin{cases} 0 & T_0 \leq \text{TEMP} \leq T_m \\ [1/F \cdot \sum_{i=1}^k r_{4,i}(t) \cdot D_4(t)/k \cdot u_i] \cdot (\text{TEMP} - T_0) & T_0 > \text{TEMP} > T_m \end{cases}$$

L'entrata delle larve nella prima scatola ($r_{2,1}$) è in funzione del fotoperiodo.

$$(e) \quad g[f(L,t)] = -26,0 + 2 \cdot f(L,t) \quad (\in 0,1)$$

I parametri dell'equazione sono stati stimati partendo da un esperimento di Deseö *et Al.* (1981) fatto, tra l'altro, per definire l'induzione che il fotoperiodo ha, attraverso l'uovo, per l'entrata in diapausa della crisalide. La proporzione di individui che entrano in quello stato, come viene sottolineato dai suddetti AA, aumenta da 0 a 1 quando le ore di luce diminuiscono da 13,5 a 13,0. In particolare le uova da cui si svilupperanno crisalidi che entrano in diapausa, non vengono più considerate nello svolgimento del modello. Questo procedimento semplifica la costruzione dello stesso senza alterarne la capacità previsionale di volo.

Nella equazione il fotoperiodo in funzione della latitudine (L) e del tempo (t), è stato calcolato secondo il metodo di Penning de Vries e Van Laar (1982).

L'entrata, rispettivamente, delle crisalidi e degli adulti nella prima scatola corrisponde all'uscita dall'ultima di queste (fig. I,4) dello stato precedente. Le successive uscite (y_3) dallo stato di crisalide vengono sommate per passo e per giorno al fine di ottenere il volo cumulativo per ogni generazione.

2. Validazione del modello.

Questa è stata condotta utilizzando l'andamento dei voli dei maschi, rilevato con trappole a feromoni, al fine di applicare un programma di lotta integrata. I dati in proposito, provengono da un vigneto in località Ganaceto (Modena) e si riferiscono agli anni 1977; 1980; 1981; 1982. I valori relativi, poi, alla temperatura, per gli anni anzidetti, provengono da una stazione meteorologica posta nella immediata periferia di Modena.

In particolare per la validazione sono stati utilizzati i dati relativi al 1980, perché più completi, operando come segue.

In primo luogo è stata fatta la ripartizione dei voli, e cioè delle catture dei maschi, fra le tre generazioni annuali che il tortricide compie in Emilia-Romagna. Dopo di che è stato calcolato il totale dei maschi che hanno volato ad ogni generazione. Quantità posta uguale ad 1, per poi determinare la proporzione degli individui rilevati ad ogni campionamento. Successivamente si è proceduto alla strutturazione della proporzione cumulativa, sommando di seguito le proporzioni trovate ad ogni controllo. Tale operazione si è resa necessaria per facilitare il confronto tra la previsione del modello e le catture in campo.

RISULTATI E CONSIDERAZIONI

1. Valutazione degli elementi fondamentali del grafico di flusso

1.1. Tasso di sviluppo

Nella rappresentazione grafica dei dati, relativi all'andamento dello sviluppo degli stadi preimmaginali, si è proceduto in due modi diversi, a seconda dei valori rilevati da Gabel (1981) e da Rapagnani *et Al.* (1988), in ambiente controllato, a diverse temperature. Infatti nel primo caso i dati indicano, quasi sempre, la risposta di singoli individui a differenti temperature; mentre nell'altro, per ogni singola temperatura, si hanno indicazioni di più unità. Così per riportare questi ultimi dati, si è provveduto a tracciare, nei tre diversi diagrammi, dei cerchi la somma delle cui aree fosse indicativa del numero di valori riportati. Questi sono: 1137 per le uova; 184 per le larve e 302 per le crisalidi.

In fig. II sono riferite le osservazioni fatte per ogni stato preimmaginale.

Dal complesso dei dati risulta che, per le uova e per le crisalidi, la maggior parte dei rilievi è stata fatta tra i 20°C e i 28°C, mentre per le larve, i valori a disposizione sono stati ottenuti, in modo abbastanza uniforme, tra i 10°C e i 35°C.

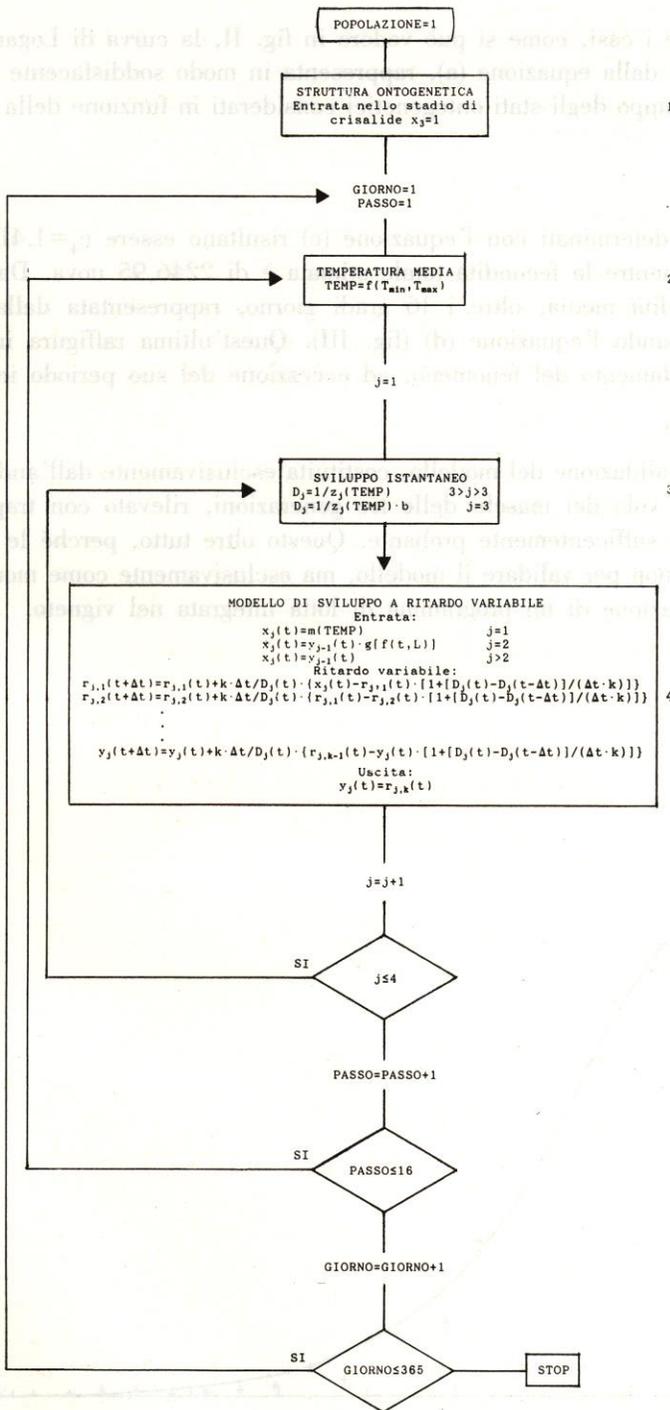


Fig. II - Tasso di sviluppo giornaliero degli stadi preimmaginali di *L. botrana* in funzione della temperatura. Con + sono riportati i valori di Gabel (1981) e con cerchi quelli di Rapagnani *et Al.* (1988). L'area dei cerchi è proporzionale al numero di osservazioni.

In tutti e tre i casi, come si può vedere in fig. II, la curva di Logan *et Al.* (1976), espressa dalla equazione (a), rappresenta in modo soddisfacente l'andamento dello sviluppo degli stati ontogenetici considerati in funzione della temperatura.

1,2. Fecondità

I parametri determinati con l'equazione (c) risultano essere $c_4=1,417578$ e $c_5=1,025446$, mentre la fecondità totale stimata è di 2246,95 uova. Da questi deriva la fecondità media, oltre i 16 gradi giorno, rappresentata dalla curva ottenuta sviluppando l'equazione (d) (fig. III). Quest'ultima raffigura in modo accettabile l'andamento del fenomeno, ad eccezione del suo periodo iniziale.

1,3) Validazione

La base di validazione del modello, costituita esclusivamente dall'andamento quantitativo del volo dei maschi delle tre generazioni, rilevato con trappole a feromoni, non è sufficientemente probante. Questo oltre tutto, perché le catture sono state fatte non per validare il modello, ma esclusivamente come monitoraggio per l'applicazione di un programma di lotta integrata nel vigneto.

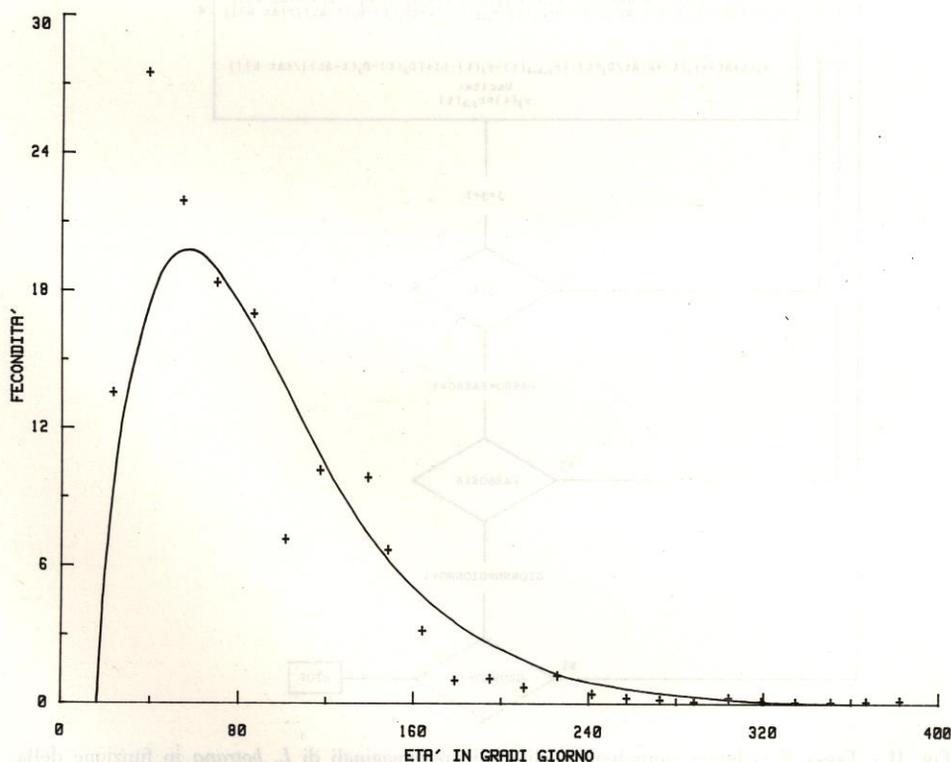


Fig. III - Fecondità media riferita all'età oltre 16 gradi giorno.

In seguito a ciò, si è stati costretti a supporre, nella strutturazione del modello, che l'uscita dal processo stesso corrispondesse alle catture sopra ricordate. Inoltre è pur vero che le catture sono rappresentate, ovviamente, solo da maschi, mentre nel modello, relativamente allo stato adulto, si tiene conto solo delle femmine.

Un altro elemento non completamente rispondente è rappresentato dal fatto che il coefficiente ($b=1,2$) di diapausa delle crisalidi è stato determinato utilizzando i dati di un solo anno.

Un limite del modello, poi, è costituito dal fatto che non tiene conto della mortalità e della immigrazione ed emigrazione degli adulti. Pur tuttavia esso rappresenta concretamente la dinamica della struttura d'età della popolazione nei diversi stadi delle tre generazioni di *L. botrana* (fig. IV).

Detto tutto ciò, si deve sottolineare chiaramente che la validazione è riferita agli adulti e non agli stadi preimmaginali, di cui non erano disponibili dati per farlo. Quando poi si volesse valutare lo sviluppo della intera popolazione larvale che nasce dalle uova, è necessario aggiustare il modello in modo che tenga conto anche di quelle che vanno in diapausa come crisalidi.

Nel processo di validazione un'altro fattore negativo è legato ai valori della temperatura presi in considerazione. Infatti per mancanza di dati rilevati sul

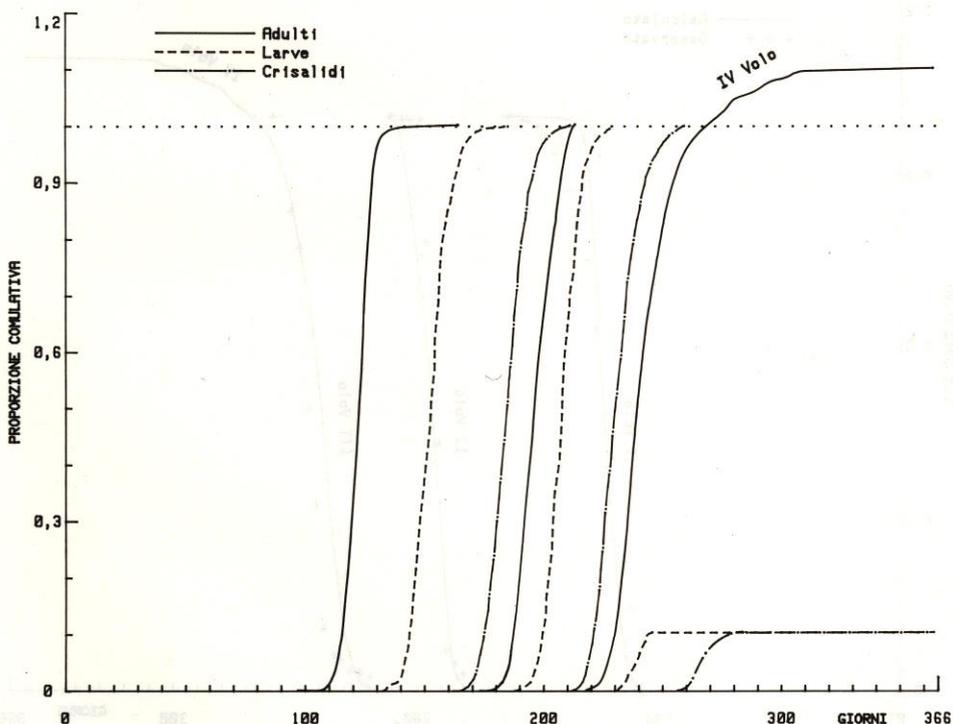


Fig. IV - Rappresentazione della sequenza cumulativa normalizzata di uscita dai successivi stadi ontogenetici a partire dalle uova per ciò che riguarda il 1980.

luogo delle catture dei maschi, si è dovuto ripiegare su valori rilevati da una stazione meteorologica posta nella immediata periferia di Modena (il vigneto considerato, comunque, dista pochi chilometri). Certamente questi non sono corrispondenti a quelli del luogo da cui derivano i dati delle catture.

Il modello così strutturato non è perciò uno strumento di previsione quantitativa, ma un ausilio per obiettivi strategici basati sulla fenologia, in un piano di lotta integrata contro il tortricide in questione. Tutto ciò è esemplificato in fig. IV dove viene indicata la sequenza degli stadi preimmaginali.

Analizzando in modo particolare la corrispondenza tra i valori calcolati e quelli osservati nei diversi anni considerati, si può dire subito, che questa è apprezzabile per il 1980, e che il modello indica un ridottissimo quarto volo, non rilevato in campo (fig. V). Tale disformità è, con ogni probabilità, legata al fatto che il rilievo dell'andamento del volo è stato condotto per uno scopo del tutto diverso da quello per la validazione di un modello, come già si è sottolineato.

Il confronto, poi, tra i valori osservati e quelli calcolati, relativamente al primo volo, negli anni 1977; 1981; 1982, rileva una sufficiente corrispondenza per gli ultimi due anni considerati, cosa che non risulta per il 1977 (fig. VI).

Per ciò che riguarda i voli che si susseguono al primo, il modello non indica alcuna corrispondenza con l'osservato per l'anno 1977; mentre questo lo prevede

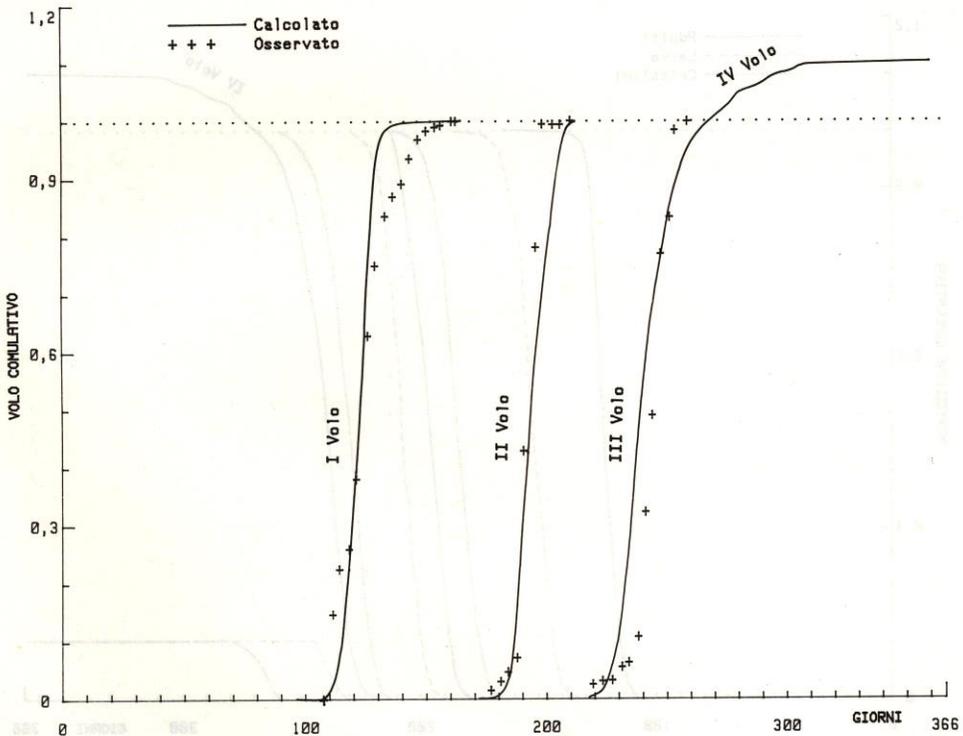


Fig. V - Rappresentazione della sequenza cumulativa normalizzata dei voli nel 1980.

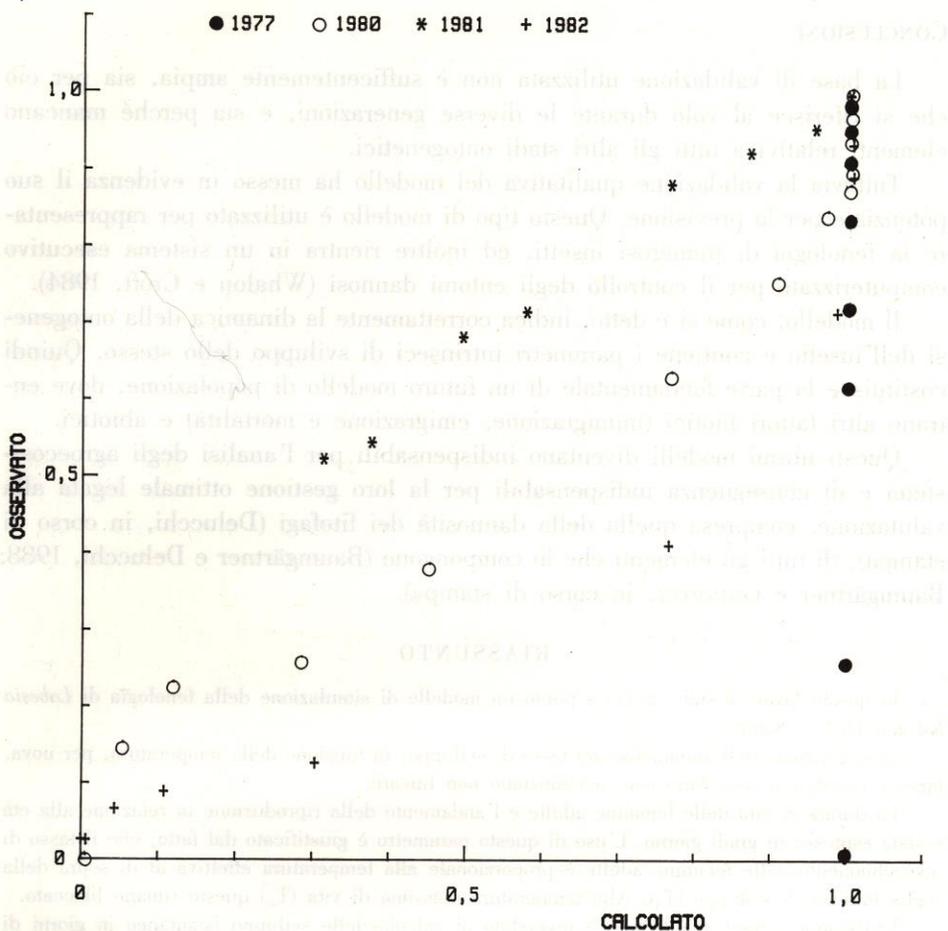


Fig. VI - Rappresentazione delle sequenze cumulative normalizzate del primo volo relativa agli anni 1977; 1980; 1981 e 1982.

per il 1981 e il 1982 in modo posticipato, rispetto a quanto è stato osservato in campo. Tale discrepanza non può essere valutata, perché i dati di cattura dei maschi non sono sufficientemente probanti per il motivo già ricordato.

In tutti i casi l'andamento delle catture, anche se operate in modo corretto per la validazione, può essere alterata dalle pratiche fitoiatriche. Infatti non è da escludere che queste abbiano modificato l'andamento temporale dell'ontogenesi di *L. botrana*.

Un fatto non nuovo per i tortricidi, come è stato sottolineato per quelli del Melo da Schönenberger (1988).

CONCLUSIONI

La base di validazione utilizzata non è sufficientemente ampia, sia per ciò che si riferisce al volo durante le diverse generazioni, e sia perché mancano elementi relativi a tutti gli altri stadi ontogenetici.

Tuttavia la validazione qualitativa del modello ha messo in evidenza il suo potenziale per la previsione. Questo tipo di modello è utilizzato per rappresentare la fenologia di numerosi insetti, ed inoltre rientra in un sistema esecutivo computerizzato per il controllo degli entomi dannosi (Whalon e Croft, 1984).

Il modello, come si è detto, indica correttamente la dinamica della ontogenesi dell'insetto e contiene i parametri intrinseci di sviluppo dello stesso. Quindi costituisce la parte fondamentale di un futuro modello di popolazione, dove entrano altri fattori biotici (immigrazione, emigrazione e mortalità) e abiotici.

Questi ultimi modelli diventano indispensabili per l'analisi degli agroecosistemi e di conseguenza indispensabili per la loro gestione ottimale legata alla valutazione, compresa quella della dannosità dei fitofagi (Delucchi, in corso di stampa), di tutti gli elementi che lo compongono (Baumgärtner e Delucchi, 1988; Baumgärtner e Gutierrez, in corso di stampa).

RIASSUNTO

In questo lavoro è stato messo a punto un modello di simulazione della fenologia di *Lobesia botrana* Den. e Schiff.

La definizione dell'andamento del tasso di sviluppo, in funzione della temperatura, per uova, larve e crisalidi è stato fatto con una funzione non lineare.

La durata di vita delle femmine adulte e l'andamento della riproduzione in relazione alla età è stata espressa in gradi giorno. L'uso di questo parametro è giustificato dal fatto, che il tasso di invecchiamento delle femmine adulte è proporzionale alla temperatura effettiva al di sopra della soglia minima di sviluppo (T_0). Alla temperatura massima di vita (T_m) questo rimane bloccato.

Utilizzando i tassi anzidetti si è proceduto al calcolo dello sviluppo istantaneo in giorni di ogni stato, utilizzato, poi, nel modello a ritardo variabile. Da sottolineare che questo processo tiene conto della diapausa.

Il modello è stato validato con l'andamento quantitativo delle catture di maschi, effettuate con trappole a feromoni in un vigneto in località Ganaceto (Modena). I dati utilizzati si riferiscono agli anni 1977; 1980; 1981; 1982.

L'andamento dei voli calcolato con il modello, ha dimostrato una buona corrispondenza con tutti i voli dell'anno 1980 e con il primo degli altri anni (ad eccezione del 1977). La discrepanza risultata tra il calcolato e l'osservato per gli altri voli non può essere valutata per i dati non sono sufficientemente probanti per la validazione.

Il modello di sviluppo elaborato ha una potenziale capacità previsionale, e in più costituisce la base per un modello di popolazione di *L. botrana* da utilizzarsi nell'analisi dell'agroecosistema vigneto.

The Phenological Model of *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lep. Tortricidae) as Related to the Environment of Italy's EmiliaRomagna Region.

Summary

A simulation model of the phenology of *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lep. Tortricidae), constructed with a non-linear function for determining the temperature dependent developmental

rates of eggs, larvae and pupae, is presented. Adult female lifespan and reproduction pattern in relation to age are expressed in degree-days. The use of this function is explained by the fact that the aging rate of adult females is proportional to the actual temperature above the minimum growth threshold (T_0), whereas at maximum growth temperature (T_m) it is halted.

The above rates were then employed to calculate the instantaneous values of the maturation period in days of each stage used in the time-varying distributed delay model. This later accounts for diapause.

The model was validated with the quantitative rates of *L. botrana* males captured using pheromone traps in vineyards near Modena (Italy). The data reported are for 1977, 1980, 1981 and 1982.

The emergence patterns calculated with the model showed good correspondence for all predicted flights in 1980 and for the first flights in the remaining years (except 1977). The disagreement between model predictions and field observations found for the remaining flights are not conclusive because the data are not sufficiently reliable for validation purposes.

This model has forecasting potential and, further, constitutes the basis of a model for the analysis of *L. botrana* populations in vineyard agro-ecosystems.

RINGRAZIAMENTI

Da parte del Prof. Piero Baronio si ringrazia il Prof. Vittorio Delucchi, Direttore della Divisione di Fitoiatria dell'Istituto di Scienze delle Piante del Politecnico di Zurigo, per averlo invitato a svolgere ricerche, con un soggiorno di studio retribuito, presso la Divisione che dirige.

Si ringrazia il Dott. Renato Barbieri, Direttore del Consorzio Provinciale Fitosanitario Obbligatorio di Modena, per aver concesso gentilmente i dati relativi alle catture dei maschi.

Si ringrazia il Servizio Meteorologico Regionale dell'Emilia-Romagna, per aver messo a disposizione i valori delle temperature.

BIBLIOGRAFIA

- BAUMGÄRTNER J., DELUCCHI V., 1988. - Vom integrierten Pflanzenschutz zur optimalen Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Kulturen. - *Schweiz. Landw. Fo.*, 27(1): 77-90.
- BAUMGÄRTNER J., GUTIERREZ A.P., 1988. - Simulation techniques applied to crops and pest models. - *Parasitis 88, Barcelona Spain* (in corso di stampa).
- BAUMGÄRTNER J., SEVERINI M., 1987. - 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.
- BIERI M., BAUMGÄRTNER J., BIANCHI G., DELUCCHI V., VON ARX R., 1983. - Development and fecundity of pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris) as affected by constant temperatures and by pea varieties. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.*, 56: 163-171.
- BOVEY P., 1966. - Super-famille des Tortricoides. - In: *Entomologie appliquée a l'agriculture* (publié sous la direction de A. S. Balachowsky), Masson et C^{ie} Paris, Tome II: 456-893.
- CAFFARELLI V., VITA G., BARLATTANI M., 1985. - Studio di un modello empirico basato sulla somma dei gradi-giorno per la previsione degli interventi di lotta contro *Lobesia botrana* Schiff. - *Atti XIV Congr. naz. ital. Ent., Palermo, Erice, Bagheria*: 577-584.
- CROFT B.A., KNIGHT A.L., 1983. - Evaluation of the PETE Phenology Modeling System for Integrated Pest Management of Deciduous Tree Fruit Species. - *Bull. Ent. Soc. Am.*, 29(3): 37-42.

- DELUCCHI V., 1988. - Il paradigma ecologico nella protezione integrata delle colture.- *Boll. Ist. Ent. Agr. e Osserv. Fitopat. Palermo* (in corso di stampa).
- DESEÒ K.V., MARANI F., BRUNELLI A., BERTACCINI A., 1981. - Observation on the Biology and Diseases of *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (*Lepidoptera, Tortricidae*) in Central-North Italy. - *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hungaricae*, 16(3-4): 405-431.
- GABEL B., 1981. - Über den Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung und Vermehrung des Bekreuzten Traubenwicklers, *Lobesia botrana* Den. et Schiff. (Lep., Tortricidae). - *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 54: 83-87.
- GRANDI G., 1951. - Introduzione allo studio dell'entomologia.- *Ed. Agricole, Bologna*, 2: XVI+1332 pp.
- JANCKE O., ROESLER R., 1940. - Beiträge zur Lebensweise der Traubenwickler (*Polychrosis botrana* Schiff. und *Clysia ambiguella* Hüb.).- *Wein und Rebe*, 22(7/8): 145-169.
- LOGAN J.A., WOLLKIND D.J., HOYT S.C.; TANIGOSHI L.K., 1976. - An Analytic Model for Description of Temperature Dependent Rate Phenomena in Arthropods.- *Environ. Entomol.*, 5: 1133-1140.
- MANETSCH T.J., 1976. - Time-Varying Distributed Delays and Their Use in Aggregative Models of Large Systems.- *IEEE Trans. Sys. Man. Cybern.*, 6: 547-553.
- PENNING DE VRIES F.W.T., VAN LAAR H.H. (eds.), 1982. - Simulation of plant growth and crop production.- *Pudoc, Wageningen*, 308 pp.
- RAPAGNANI M.R., CAFFARELLI V., BARLATTANI M., 1988. - *Lobesia botrana* Schiff.: studio in laboratorio del ciclo di sviluppo in funzione della temperatura.- *Atti XV Congr. naz. ital. Ent., L'Aquila*, 973-980.
- SCHÖNENBERGER N., 1988. - Mise en valeur d'enquêtes au champ pour le jugement des pratiques culturales et phytosanitaires dans les vergers de pommier de l'Emilie-Romagne.- *Travail de diplôme, EPF Zurich*, 54 pp.
- WELCH S.W., CROFT B.A., BRUNNER J.F., MICHELS M.F., 1978. - PETE: an Extension Phenology Modelling System for Management of MultiSpecies Pest Complex. - *Environ. Entomol.*, 7: 482-494.
- WHALON M.E., CROFT B.A., 1984. - Apple IPM Implementation in North America. - *Ann. Rev. Entomol.*, 29: 435-470.