

***Ricerca svolta nell'ambito del progetto finalizzato CLIMAGRI
finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
D.M. 639 e 640/7303/2003 - Pubblicazione n .26***

SIMULAZIONE TRAMITE IL MODELLO DS2.0 DELLA FENOLOGIA DELLA VITE, DEGLI ATTACCHI DI LOBESIA BOTRANA DEN & SCHIFF (LEP. TORTRICIDAE) E DEL TEMPO DI RACCOLTA DELL'UVA NELLA ZONA DEI CASTELLI ROMANI.

MAURIZIO SEVERINI¹, ROBERTA ALILLA¹, SIMONE PESOLILLO¹, FULVIO COMANDINI².

¹ISTITUTO DI SCIENZE DELL'ATMOSFERA E DEL CLIMA
ISAC-CNR (SEZIONE DI ROMA)

²AGROS REALIZZAZIONI

III Giornate di studio:metodi numerici, statistici e informatici nella difesa delle colture agrarie e delle foreste:ricerca e applicazioni

24 - 26 novembre 2004 Firenze

Riassunto

Il modello 'Simulatore di Ritardo' DS2.0 viene applicato per simulare la dinamica di due popolazioni che si sviluppano in parallelo nello stesso ambiente: la vite e la tignola, un suo fitofago parassita. Come caso studio ci si è riferiti all'ambiente dei Castelli Romani. I risultati mostrano la versatilità del modello e l'utilità che questo può avere sia nella gestione fitosanitaria della coltura sia nell'organizzazione delle operazioni di vinificazione.

INTRODUZIONE

Quando si mette mano ad un progetto di ricerca sulla fenologia delle colture agrarie e dei loro fitofagi, solitamente si comincia con l'organizzare le osservazioni e le misure in campo. *Prima* si prendono i dati e *poi* si elaborano. Se lo scopo della ricerca è la *descrizione* di quel che si osserva, la procedura è corretta. I dati si possono elaborare solo dopo averli presi. Se, invece, lo scopo della ricerca è la *simulazione* (e quindi la *previsione*) di quel che accade in natura, la procedura deve essere articolata in maniera differente: si deve *inventare un modello matematico* di simulazione. Il modello di simulazione di un *sistema* (Thom, 1985) è costituito da un sistema di equazioni che esprimono relazioni tra *variabili di stato*, *variabili forzanti* e *parametri* (France and Thornley, 1984). Le variabili di stato sono quelle da simulare (o prevedere), le variabili forzanti ed i parametri debbono essere determinati sulla base di misure e di osservazioni. Per *descrivere* quello che accade sono sufficienti i dati relativi alle variabili di stato ed alle variabili forzanti (Lieth, 1974), per *prevedere* quello che accadrà bisogna anche stimare i parametri. Ad esempio, per una descrizione accurata del ciclo annuale di una coltura o di un fitofago in molti casi è sufficiente il monitoraggio delle fasi fenologiche (variabili di stato) e di temperatura e precipitazioni (variabili forzanti). Per prevedere la fenologia (ma anche la *demografia*) di una popolazione di piante o d'insetti occorre anche stimare dei parametri caratteristici della specie. La stima dei parametri di un modello richiede l'attivazione di procedure specifiche che non di rado si avvalgono di *esperimenti di laboratorio* affiancati da osservazioni in natura (Maynard Smith, 1975). Essa richiede soprattutto che il modello da applicare sia noto *prima* dell'inizio della rilevazione dei dati sperimentali. In questo lavoro, si descrive brevemente come si è operato nel nostro gruppo di Bioclimatologia nel progettare una ricerca sulla previsione della fenologia della vite e di un suo fitofago parassita (*Lobesia botrana*) avendo *già* conoscenza del modello di simulazione da impiegare. Il modello di simulazione alla base della ricerca è il Simulatore di

Ritardo 'Delay Simulator' DS2.0 la cui struttura matematica ed implementazione su personal computer sono state illustrate nei precedenti interventi rispettivamente della dr.ssa Alilla: 'Introduzione della temperatura variabile e della mortalità intrinseca nei modelli di popolazione a ritardo distribuito' e del dr. Pesolillo: 'Il modello Simulatore di Ritardo 'Delay Simulator' versione 2.0: un modello di simulazione su foglio di calcolo elettronico della demografia e della fenologia delle popolazioni naturali'. Questo modello è stato sviluppato nell'ambito del P.F. CLIMAGRI per simulare la fenologia e la demografia delle popolazioni di Copepodi (*Acartia clausi* ed *Acartia margalefi*) del Lago di Fogliano in relazione alle condizioni climatiche (temperatura ed irradianza ultravioletta) ed alla fenologia della vegetazione lacustre (*Ruppia maritima*). Il fatto che sia stato possibile applicarlo con uguale successo alla fenologia della vite e della 'tignoletta' da un lato e dei Copepodi e della Ruppia dall'altro sta a dimostrare l'*isomorfismo* dei sistemi naturali (Von Bertalanffy, 1983) e la *versatilità* del modello DS2.0.

Il sistema simulato dal modello DS2.0 nel caso presente è quello delle viti e delle tignole della vite nella zona dei Castelli Romani negli anni 1987, 88, 89 e 90. Il modello simula il passaggio delle viti e degli artropodi attraverso gli stadi del ciclo vitale. Il modello del ciclo annuale delle viti è realizzato tramite 4 modelli a ritardo variabile (TVD), che d'ora in poi chiameremo *moduli*, collegati in serie per simulare il passaggio della coltura attraverso le quattro fenofasi: *germogliamento*, *fioritura*, *invaiatura*, *maturazione*, mentre occorre collegare in serie ben 13 moduli per simulare il ciclo annuale della popolazione di *L. botrana*. Infatti, dal risveglio dalla diapausa delle crisalidi fino alla diapausa successiva, l'insetto compie 3 generazioni, ciascuna delle quali viene modellata attraverso i quattro stadi fondamentali del ciclo vitale: *uovo*, *larva*, *crisalide*, *adulto*.

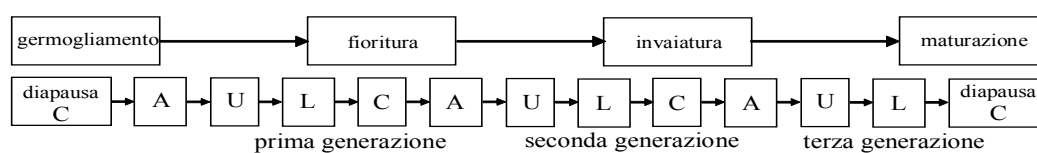


Fig. 1. Schema modulare del modello Vite-Lobesia

Come si vede in (Fig. 1), il modello del ciclo delle viti e quello del ciclo delle lobesie 'corrono' paralleli nel tempo e, dato che si riferiscono allo stesso intervallo spaziale, possono interagire tra loro. La *variabile forzante* e la *variabile di stato* sia del modello della vite sia di quello della tignola sono la *temperatura ambiente* e la *densità di popolazione* in ciascuna fenofase o stadio. Il 'transito' delle lobesie dallo stadio di adulti a quello di uova della generazione successiva è simulato mediante l'algoritmo di Bieri (Bieri et al., 1983)

$$u(E) = \frac{c_1 \cdot (E - 16)}{c_2^{(E-16)}} \quad (1)$$

dove $u(E)$ rappresenta la fertilità degli adulti, E l'invecchiamento degli adulti espresso in gradi giorno[DD], c_1 e c_2 sono i coefficienti specifici della *L. botrana*.

STIMA DEI PARAMETRI DEL MODELLO

La stima dei parametri è sempre una delle operazioni più impegnative nella costruzione di un modello di simulazione perché determina fortemente la rispondenza delle previsioni a ciò che accadrà nel mondo reale. Non di rado, la realizzazione di un modello previsionale richiede di effettuare numerose serie di osservazioni di campo e/o di esperimenti di laboratorio per stimarne i parametri. Nel nostro caso, dovendo mettere a punto il modello *prima* dell'inizio delle attività sperimentali ci siamo serviti di dati ricavati dalla letteratura scientifica. I parametri necessari per far 'girare' i quattro moduli del modello della vite sono quelli del modello TVD e precisamente (Alilla et al., presente pubblicazione): la temperatura di zero di sviluppo T_0 , il fabbisogno termico

F , il parametro di variabilità H , la mortalità intrinseca D , per ciascuna fenofase. Essi sono stati ricavati dal rapporto: 'Il determinismo climatico sulla fenologia della vite e la maturazione dell'uva in Italia', nel quale sono pubblicati dati fenologici e di produzione viticola della zona dei Castelli Romani negli anni 1987, 88, 89 e 90 (Egger et al., 1997). L'articolo di Baumgärtner e Baronio (1988) ci ha permesso di ricavare, attraverso opportune elaborazioni, i parametri per il modello della *Lobesia*. Si tratta dei valori di T_0 , F , H e D per ciascuno stadio e di altri tre parametri: due parametri c_1 e c_2 per il calcolo del tasso di riproduzione B , ed il tasso di sopravvivenza S , caratteristici del solo stadio adulto, necessari per simulare il passaggio degli individui da una generazione all'altra (Pesolillo et al., presente pubblicazione). I valori numerici dei parametri del modello impiegati nelle simulazioni sono riportati nella (Tab. 1):

Vite	T_0	F	H	D	B		
					c_1	c_2	S
germ.	9	112	10	0			
fioritura	9	217	5	0			
invaiaura	9	1009	10	0			
maturaz.	9	525	20	0			
Lobesia B.	T_0	F	H	D	c_1	c_2	S
uova	9	100	5	0			
larve	9	313	6	0			
crisalide	9	185	6	0			
adulti	9	400			1,418	1,025	1

Tab. 1. Valori dei parametri utilizzati nel DS2.0.

Gli andamenti delle temperature, misurate nella stazione di Ciampino, ed impiegate come variabili forzanti nelle stesse simulazioni, sono mostrati nella (Fig. 2).

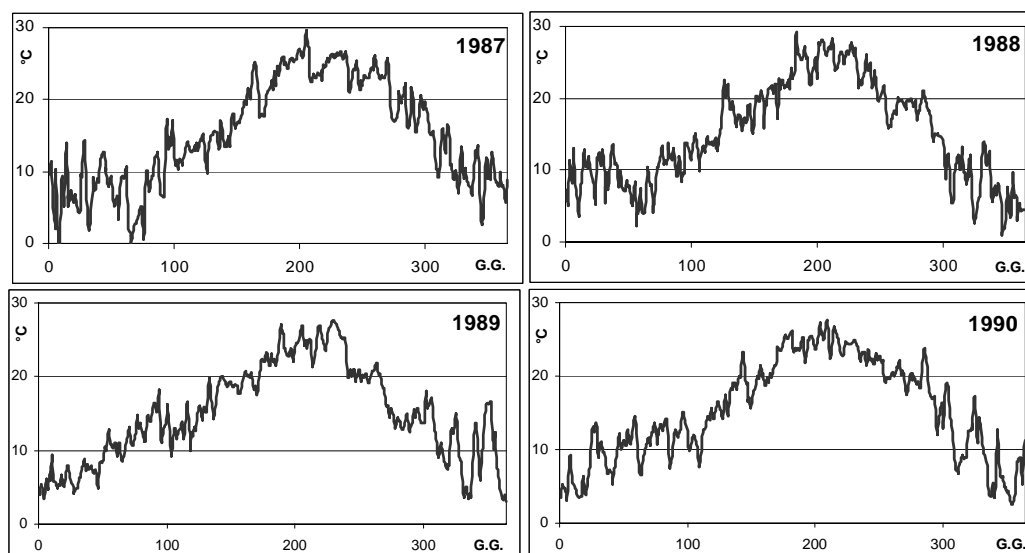
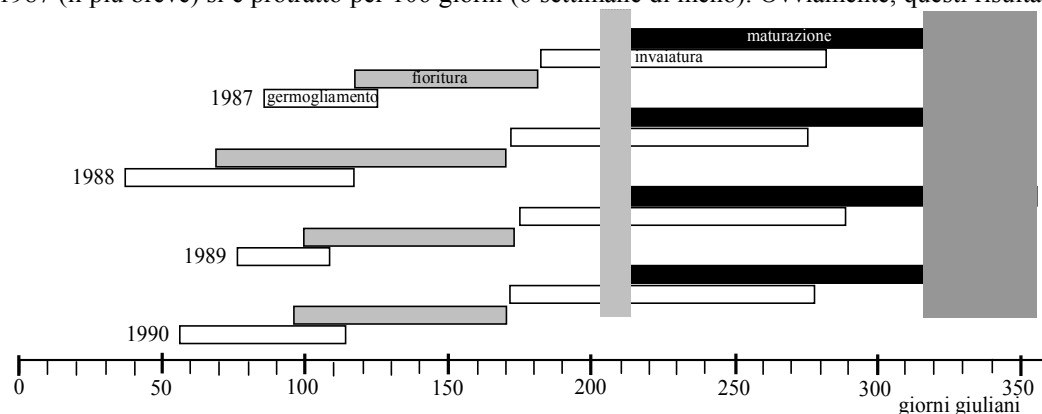


Fig. 2. Temperature medie giornaliere 1987-1990 (fornite dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, stazione di Ciampino).

RISULTATI

Nella (Fig. 3) sono riportati i risultati delle simulazioni del ciclo annuale della vite tramite il modello DS2.0, soltanto per quel che concerne l'inizio, la fine e la durata delle quattro fenofasi nella zona dei Castelli Romani negli anni presi in considerazione. Risulta, tra l'altro, che c'è una differenza di 15 giorni (2 settimane) tra l'inizio della maturazione più precoce (1988) e quella più tardiva (1987) – banda verticale grigio chiaro – e che c'è una differenza di 37 giorni (5 settimane) tra la fine più precoce della maturazione (1988) e quella più tardiva (1989) – banda verticale grigio scuro. Nel 1989 il periodo di maturazione (il più lungo) si è protratto per 146 giorni (5 mesi), nel 1987 (il più breve) si è protratto per 106 giorni (6 settimane di meno). Ovviamente, questi risultati



dovrebbero essere confrontati con ciò che è realmente avvenuto in quelle annate ed il modello della vite dovrebbe 'girare' con parametri e temperature misurati in loco ed essere sottoposto a prove di validazione. Tuttavia, la 'risposta' mostrata, seppur parziale e migliorabile, potrebbe costituire un valido aiuto per i viticoltori nello stabilire i calendari dei lavori nei vigneti e per i gestori delle cantine sociali nel decidere aperture e chiusure delle loro aziende.

Fig. 3. Risultati delle simulazioni del ciclo annuale della vite tramite il modello DS2.0

Nella (Fig. 4) è riportato come esempio il risultato della simulazione dell'inizio, della fine e della durata degli stadi di *L. botrana* nella zona dei Castelli Romani nell'anno 1988.

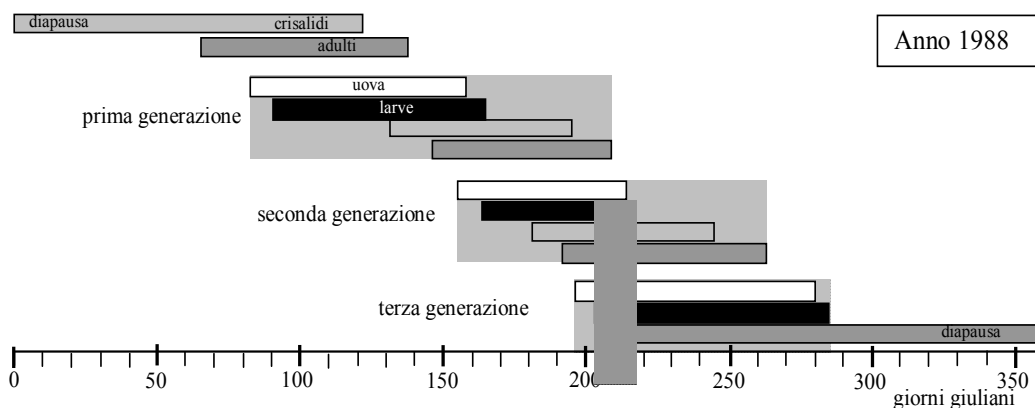


Fig. 4. Risultati delle simulazioni dell'anno 1988 della *L. botrana* tramite il modello DS2.0. E' interessante notare il susseguirsi di tre generazioni. Come nel caso della vite, anche per il fitofago sono qui riportati solo i risultati della simulazione della fenologia. Benché il modello DS2.0 sia in grado di simulare l'andamento della densità di popolazione in ciascuno stadio di ciascuna generazione dell'insetto, i dati a nostra disposizione (ricavati dalla letteratura) per la stima dei parametri sono risultati poco adatti per la simulazione demografica. Tuttavia, anche la sola simulazione della fenologia qui presentata può avere valore applicativo. Ad esempio, si potrebbe ipotizzare che la maggiore densità di popolazione delle larve si ha in corrispondenza dell'intervallo di tempo in cui le larve più tardive della seconda generazione convivono con quelle più precoci della terza. Inoltre, la lunghezza di questo intervallo potrebbe dare una misura indiretta del rischio 'da *Lobesia*' in quell'anno (banda verticale grigio scuro).

Per ragioni di spazio non possiamo riportare i risultati delle simulazioni dei quattro anni considerati e dei loro confronti con la fenologia della vite (ma che sono presentati durante il congresso). Riportiamo in sintesi alcune osservazioni preliminari fatte sulla loro base. Non c'è mai sovrapposizione significativa degli stadi larvali della 1^a e 2^a generazione nel periodo di fioritura. Quindi non ci aspettiamo seri danni ai fiori in nessuno dei 4 anni. Durante la presenza dei grappoli sulle viti, il grado di sovrapposizione delle larve di 2^a e 3^a generazione negli anni 1987, 1988, 1989, 1990 è rispettivamente di 12, 18, 13, 13 giorni. Ci aspetteremmo che l'anno 1988 sia stato quello più a rischio per i danni ai grappoli. Introducendo un indice assoluto di rischio, ad esempio, il rapporto tra le durate delle sovrapposizioni e quelle dei corrispondenti stadi larvali di 3^a generazione, si ottengono i seguenti numeri: $12/72 = 0.16$, $18/84 = 0.21$, $13/98 = 0.13$, $13/76 = 0.17$; e si può considerare, in prima approssimazione, che il rischio maggiore è stato del 21%, quindi piuttosto basso. L'insieme dei risultati ha confermato la scarsa pericolosità della *Lobesia* per le viti della zona dei Castelli Romani.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare per aver fornito i dati di temperatura della stazione di Ciampino degli anni 1987, 1988, 1989 e 1990.

BIBLIOGRAFIA

Alilla R., Severini M., Pesolillo S., 2004. Introduzione della temperatura variabile e della mortalità nei modelli di popolazione a ritardo distribuito. Presente pubblicazione.

Baumgärtner J., Baronio P., 1988. Modello fenologico di volo di *Lobesia botrana* Den & Schiff. (Lep. Tortricidae) relativo alla situazione ambientale della Emilia Romagna. Boll. Ist. Ent. "G. Grandi", Università Bologna, 43: 157-170.

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.

Egger E., Grasselli A., Greco G., Raspini L. Storchi P., 1997. Risposta fenologica e produttiva della vite nell'ambiente laziale. In: Calò A. (ed): Il determinismo climatico sulla fenologia della vite e la maturazione dell'uva in Italia. Arti grafiche. Conegliano (TV), 14-15 luglio 93, 197-211.

France J. and Thornley J.H.M., 1984. Mathematical Models in Agriculture. Butterwoths, London.

Lieth H., 1974. Phenology and Seasonality Modeling. Springer Verlag. Berlin.

Pesolillo S., Severini M., Alilla R., 2004. Il modello simulatore di ritardo 'Delay Simulator' versione 2.0: un modello di simulazione su foglio di calcolo elettronico della demografia e della fenologia delle popolazioni naturali. Presente pubblicazione.

Thom R., 1985. Modelli Matematici della Morfogenesi. pp. 354. Giulio Einaudi Editore, Torino (Italia).

von Bertalanffy L., 1983. Teoria Generale dei Sistemi. pp 406. Arnoldo Mondatori Editore. Milano (Italia).

Ricerca svolta nell'ambito del progetto finalizzato CLIMAGRI finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali D.M. 639 e 640/7303/2003 - Pubblicazione n. 26