

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/237822406>

# FENOLOGIA DELLA VITE, E DELLA LOBESIA BOTRANA (LEP. TORTRICIDAE) NELLA ZONA DEI CASTELLI ROMANI GRAPEVINE AND LOBESIA BOTRANA (LEP. TORTRICIDAE) PHENOLOGY IN THE CASTELLI ROMANI AR...

## Article

CITATIONS

19

READS

245

4 authors, including:



**Roberta Alilla**

Council for Agricultural Research and Agricultural Economy Analysis

25 PUBLICATIONS 116 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Simone Pesolillo**

10 PUBLICATIONS 61 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

# FENOLOGIA DELLA VITE, E DELLA *LOBESIA BOTRANA* (LEP. TORTRICIDAE) NELLA ZONA DEI CASTELLI ROMANI

## GRAPEVINE AND *LOBESIA BOTRANA* (LEP. TORTRICIDAE) PHENOLOGY IN THE CASTELLI ROMANI AREA

Maurizio Severini<sup>1\*</sup>, Roberta Alilla<sup>1</sup>, Simone Pesolillo<sup>1</sup>, Johan Baumgärtner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima ISAC-CNR (Se. di Roma) Via del Fosso del Cavaliere, 100- 00133 Roma

<sup>2</sup>: International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE), Nairobi, Kenya

\*Corresponding author: Tel. +39 0649934275/4280 Fax. +39 0620660291 e-mail: Maurizio.Severini@ifra.rm.cnr.it

Ricevuto 3 aprile 2005, accettato 22 novembre 2005

### Riassunto

Nemani e collaboratori (2001) hanno affermato che, negli ultimi 50 anni, il riscaldamento globale ha causato, in California, vendemmie più ingenti e vino di qualità migliore ed hanno ipotizzato che tale miglioramento potrebbe avvenire su scala globale. Un articolo successivo (Jones *et al.*, 2004) ha aggiunto nuovi elementi a favore dell'ipotesi di Nemani e collaboratori. Tuttavia non è chiaro il ruolo che l'aumento delle temperature gioca sulla diffusione delle malattie e dei parassiti della vite. In questo lavoro, si applica il modello Delay Simulator (DS) per simulare l'effetto delle temperature medie giornaliere sulla fenologia della vite (*Vitis vinifera* L.) e del suo insetto parassita la tignoletta della vite (*Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller).

Il modello DS si basa sulla versione a temperatura variabile (Time Varying Delay-TVD), del modello a ritardo distribuito (Distributed Delay Model- DDM), che ha la temperatura come variabile forzante. Inserendo l'algoritmo di Bieri (Bieri *et al.*, 1983) nel modello TVD, è stato possibile simulare il meccanismo riproduttivo degli adulti di tignoletta ed è stato calcolato il numero di generazioni che l'insetto effettua durante la stagione favorevole. Il caso studio a cui ci si riferisce tratta la fenologia della vite e della tignoletta negli anni dal 1987 al 1990 nell'area dei Castelli Romani, dove viene prodotto il vino Frascati D.O.C. La qualità del vino prodotto in questa area, nel periodo considerato, è migliorata (Severini, 2005), confermando quanto ipotizzato da Nemani e collaboratori.

I risultati della simulazione mostrano che, in quegli stessi anni, il pericolo degli attacchi della lobesia ai vigneti del Frascati non è stato rilevante. Come validazione indiretta del modello si ha che i risultati concordano con l'esperienza dei viticoltori, i quali non hanno adottato strategie di difesa durante quel periodo nell'area dei Castelli Romani.

**Parole chiave:** fenologia, modello Delay Simulator, dinamica di popolazione, gestione fitosanitaria.

### Abstract

Nemani *et al.* (2001) claimed that over the last 50 years the global warming caused higher yields and better quality of Californian wine and speculated that the amelioration could take place on a global scale. A subsequent paper (Jones *et al.*, 2004) confirmed the Nemani's claim. However, it is not clear the role that increasing temperatures play on the spread of vine pests and diseases. In this work, we apply the Delay Simulator (DS) model for describing the effect of mean daily temperatures on the phenology of both grapevine (*Vitis vinifera*) and its pest Grape Berry Moth (*Lobesia botrana*).

The DS is based on the Time Varying Delay (TVD) version of the Distributed Delay Model DDM, that has the temperature as driving variable. By nesting the Bieri's algorithm in the TVD model, the GBM adult reproductive mechanism is simulated and the number of insect generations within a growing season calculated. The case study which we are referring is the Castelli Romani area, where the Frascati D.O.C. wine is produced, from 1987 to 1990. In these years, the wine quality produced in the area increased (Severini, 2005), confirming Nemani's speculation.

The simulation outputs show that, in the same years, the impact of GBM in Frascati vineyards was low. As an indirect model validation, the results are in agreement with the vine growers experience that did not apply any control strategy during the same period in the Castelli Romani area.

**Keywords:** phenology, Delay Simulator model, population dynamics, phytosanitary management

### Introduzione

Negli ultimi venti anni sono apparsi nella letteratura scientifica diversi lavori riguardanti la previsione dell'impatto del riscaldamento globale sulle colture a

maggiore diffusione. Per le colture cerealicole, ad esempio, alcuni autori prevedono aumenti della produttività in relazione alle temperature più elevate ed all'estensione

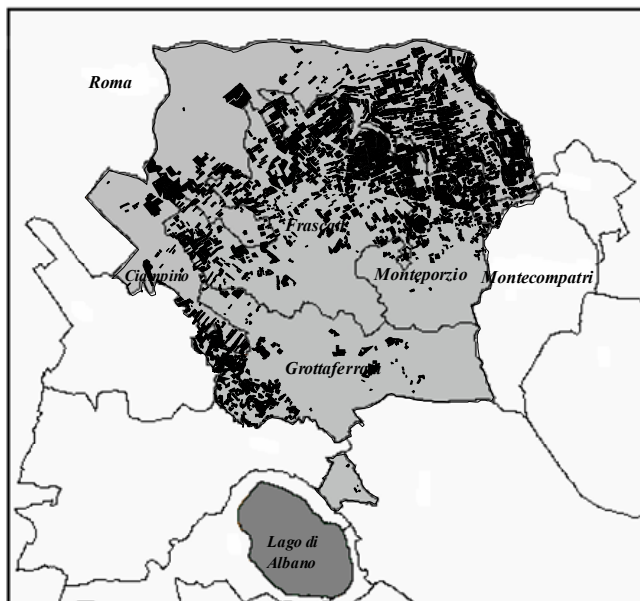
verso nord delle zone coltivabili (Zhang, 1989; Saarikko, 2000; Alexandrov *et al.*, 2002); altri prospettano per il futuro una riduzione dei raccolti dovuta all'aumento dell'evapotraspirazione e alla diminuzione della durata del periodo di accrescimento del prodotto (Rosenzweig and Tubiello, 1996; Lal *et al.*, 1998; Mall *et al.*, 2003). Per quanto riguarda la vite un articolo recente riporta che le maggiori temperature, negli ultimi 50 anni, hanno favorito l'industria vitivinicola californiana, consentendo raccolti maggiori e la produzione di vini di qualità superiore (Nemani *et al.*, 2001).

Il clima è responsabile, insieme alle tradizioni colturali del luogo, delle differenti varietà di vite coltivate, della qualità e della tipicità dei vini (Tonietto e Carbonneau, 2004) e la temperatura, in particolare, influenza direttamente l'entità e la qualità dei raccolti (Coombe, 1987). Nonostante lo sviluppo delle colture dipenda largamente dall'interazione con i parassiti e le malattie fungine, sono scarsi gli studi che si interessano dell'effetto del cambiamento climatico su queste interazioni (Coakley *et al.*, 1999). Il riscaldamento potrebbe favorire la proliferazione degli insetti aumentandone il numero di generazioni possibili durante la stagione favorevole (Cammel e Knight, 1992). Le temperature invernali più elevate potrebbero, inoltre, consentire la sopravvivenza di un maggior numero di individui svernanti e una diffusione verso nord di specie d'insetti attualmente limitate dal clima più rigido (Olesen e Bindi, 2002).

Sarebbe, quindi, interessante riuscire a prevedere l'impatto del riscaldamento globale sulla viticoltura e sulle possibili infestazioni degli insetti dannosi alla vite. A questo proposito si è costruito un modello basato sulla teoria dei Ritardi Distribuiti (Manetsch, 1976) per la simulazione della fenologia e della demografia delle popolazioni naturali: il Delay Simulator (DS) (Pesolillo *et al.*, 2004).

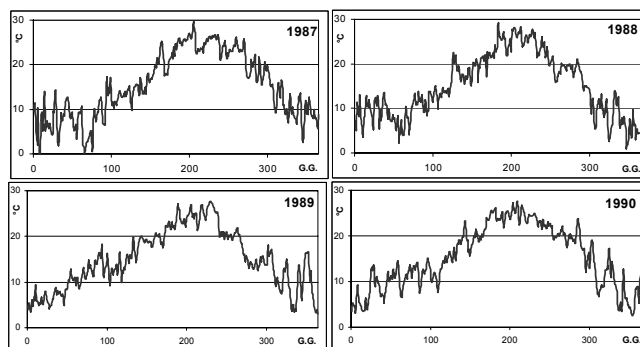
La simulazione fenologica ha lo scopo di prevedere i tempi di emergenza degli individui da uno stadio di sviluppo del loro ciclo vitale; quella demografica la numerosità degli individui in un determinato stadio (Severini e Gilioli, 2002; Alilla *et al.*, 2004). In Sardegna ed in Emilia Romagna, nell'ambito di sistemi di previsione e di avvertimento per la difesa della vite, sono da tempo in uso modelli, sviluppati anch'essi a partire dalla teoria dei ritardi distribuiti, che simulano la fenologia della *L. botrana*. In entrambe le regioni vengono emessi bollettini fitopatologici che si basano sulla previsione dei tempi di emergenza dei diversi stadi dell'insetto. Il modello Delay Simulator, a differenza dei precedenti, può essere applicato per simulare in parallelo popolazioni interagenti in uno stesso ambiente, ad esempio il sistema pianta-fitofago.

In questo lavoro il modello DS viene usato per simulare la fenologia della vite e della tignoletta, suo parassita, nella zona vitivinicola dei Castelli Romani nel quadriennio 1987-90.



**Fig. 1** - Area di produzione del Frascati D.O.C. (in grigio chiaro), vigneti (nero).

**Fig. 1** - Area (light grey) and vineyards (black) of Frascati D.O.C. wine.



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

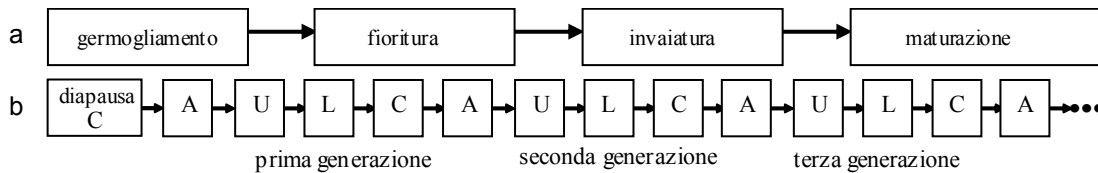
**Fig. 2** - Main daily temperatures 1987-1990 of the Ciampino meteorological station (Courtesy of Air Force Meteorological Service).

## Materiali e metodi

La zona di produzione del vino Frascati DOC è compresa in un'area, comunemente chiamata dei Castelli Romani, di circa 1800 ettari appartenenti a cinque comuni tra cui, in parte, Roma (Fig.1). Il clima del territorio è di tipo mediterraneo caratterizzato da piovosità concentrata nel periodo autunno-inverno e periodi siccitosi in primavera-estate.

In Fig. 2 sono mostrate le temperature giornaliere degli anni 1987, 1988, 1989 e 1990 misurate nella stazione di Ciampino (all'interno dell'area), ed impiegate come variabili forzanti nel modello.

Il modello a ritardo variabile (Time Varying Delay-TVD) (Manetsch, 1976; Vansickle, 1997), è in grado di simulare lo sviluppo di popolazioni negli stadi giovanili



**Fig. 3** - Schema dei cicli vitali della vite (a) e della tignoletta (b).  
**Fig. 3** - Stages of grapevine (a) and grape berry moth (b) life cycles.

(pre-immaginali) del ciclo vitale. In questo lavoro esso è utilizzato per simulare il ciclo annuale della vite e l'evoluzione degli stadi pre-immaginali della tignoletta. Il ciclo annuale della pianta è suddiviso in quattro fenofasi principali (germogliamento, fioritura, invaiatura e maturazione) che sono rappresentate mediante quattro modelli TVD in successione. L'insetto sverna sotto forma di crisalide ed è in grado di completare tre generazioni ed, in stagioni particolarmente calde, di iniziarne una quarta. Il modello TVD non tiene conto del fenomeno riproduttivo, per cui il suo utilizzo non è sufficiente a simulare la fenologia del fitofago. A tale proposito è stato realizzato il modello Delay Simulator (DS) che consente di simulare lo sviluppo delle popolazioni che si riproducono più volte durante la stagione favorevole (popolazioni multivoltine). I cicli annuali della vite e del fitofago sono rappresentati schematicamente in Fig. 3, dove è mostrato che i cicli procedono paralleli nel tempo. Entrambi i modelli, quello della vite e della tignoletta, hanno come variabile forzante la temperatura ambiente, e come variabile di stato la densità di popolazione. Tramite l'equazione (1), soluzione numerica del TVD, si calcola il flusso giornaliero di uscita  $r_k(j+1)$  da ciascuno stadio giovanile del ciclo vitale ( indicati con  $k = 1, 2, \dots, K$ ) a partire da tre parametri caratteristici della popolazione e dello stadio:  $H_k$  (variabilità),  $D_k$  (mortalità) e  $DEL_k(j)$  (ritardo medio di sviluppo) (Alilla et al., 2004).

$$r_k(j+1) = r_k(j) + \frac{H}{DEL_k(j)} \cdot \left\{ r_{k-1}(j) - \left( 1 + \frac{DEL_k(j) + [D_k - 1] \cdot DEL_k(j-1)}{H} \right) \cdot r_k(j) \right\} \quad (1)$$

$DEL_k(j)$  non è definibile propriamente come un parametro poiché varia nel tempo ed è una funzione della temperatura  $T(j)$ :

$$DEL_k(j) = \gamma [T(j) - T_0] \cdot \frac{F_k}{(T(j) - T_{0,k})} \quad (2)$$

Nella (2)  $DEL_k(j)$  viene calcolato mediante l'espressione dell'età fisiologica, dove  $\gamma [T(j) - T_0]$  è la funzione di Heaviside e dipende dai parametri: fabbisogno termico  $F_k$  espresso in gradi giorno[DD] e zero di sviluppo  $T_{0,k}$  [°C]. Pertanto, nel modello TVD, ciascuno stadio giovanile (per l'insetto: uovo, larva, crisalide) è definito attraverso quattro parametri ( $H_k, D_k, F_k, T_{0,k}$ ), stimabili in condizioni controllate. Il DS simula lo stadio di adulto

facendo riferimento all'algorithmo di Bieri (Bieri et al., 1983) che fornisce la fertilità delle femmine della popolazione  $u(E)$ :

$$u(E) = \frac{c_1 \cdot (E - 16)}{c_2^{(E-16)}} \quad (3)$$

dove i termini  $c_1$  e  $c_2$  sono parametri caratteristici della *L. botrana* determinabili sperimentalmente.  $E$  rappresenta l'età, espressa in gradi giorno [DD] e, come  $DEL_k(j)$ , esprimibile mediante l'età fisiologica e dipende quindi dai parametri  $T_0$  ed  $F$  relativi allo stadio di adulto.

I quattro parametri ( $H_k, D_k, T_{0,k}$  ed  $F_k$ ) caratteristici di ciascuna fenofase della vite sono stati calcolati a partire dai valori riportati nel lavoro di Egger et al., (1997). Per la tignoletta i medesimi parametri sono stati stimati dall'articolo di Baumgärtner e Baronio (1988), compresi  $c_1$  e  $c_2$  per la simulazione del meccanismo riproduttivo. La Tab. 1 riporta i valori numerici dei parametri impiegati per le simulazioni mediante il modello DS.

### Risultati

I risultati delle simulazioni che riguardano la fenologia della vite nella zona dei Castelli Romani durante il quadriennio 1987-90 sono riportati in Fig. 4. Le simulazioni mettono in evidenza 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 una differenza di 37 giorni (5 settimane) tra la fine più precoce della maturazione (1988) e quella più tardiva (1989). Nel 1989 il periodo di maturazione (il più lungo) è durato 146 giorni (5 mesi), mentre nel 1987 (il più breve) 106 giorni (6 settimane di meno).

In Fig. 5 sono riportati i risultati delle simulazioni della fenologia di *L. botrana* negli stessi anni. Le simulazioni hanno messo in evidenza che, in quegli anni, nella zona di produzione del Frascati, il fitofago ha effettuato tre generazioni. Poiché l'insetto è dannoso allo stadio larvale, nel grafico sono

evidenziati per ciascun anno i periodi di sovrapposizione tra la durata della seconda e della terza generazione: 3 settimane nel 1988 e 2 nei restanti anni.

Infine in Fig. 6 sono riportati i confronti, per ciascun anno, tra i periodi in cui sono presenti le larve e quelli in cui si hanno i fiori ed i grappoli organi attaccati dal fitofago. Le barre verticali grigie evidenziano i periodi di

**Tab. 1** - Valori dei parametri utilizzati nel DS.**Tab. 1** - Parameters of the DS model.

Vite	To	F	H	D
Germogliamento	9	112	10	0
Fioritura	9	217	5	0
Invaiatura	9	1009	10	0
Maturazione	9	525	30	0

<i>Lobesia b.</i>	To	F	H	D	C1	C2
Uova	9	100	5	0		
Larva	9	313	6	0		
Crisalide	9	185	6	0		
Adulto	9	400			1,418	1,025

**Tab. 2** - Valori del rischio associato agli attacchi di tignoletta ( $\alpha$ ). La durata delle sovrapposizioni ed il periodo di presenza delle larve di terza generazione sono espressi in giorni [d].**Tab. 2** - Values of grape berry moth risk ( $\alpha$ ). The overlapping periods and third generation larval stage duration are measured in days [d].

Anno	Durata sovrapposizione [d]	Durata Larve 3° [d]	$\alpha$
1987	12	72	0.16
1988	18	84	0.21
1989	13	98	0.13
1990	13	76	0.17

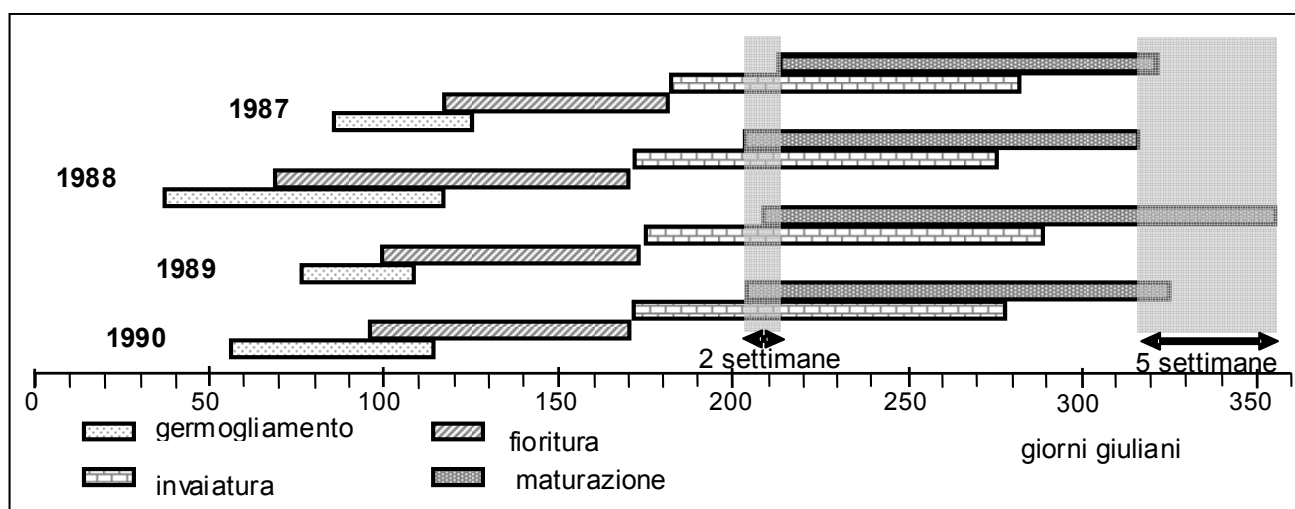
sovrapposizione tra lo stadio più pericoloso dell'insetto e le fenofase maggiormente recettive della vite. Si presuppone che, maggiore è la lunghezza di detto intervallo di tempo più è elevato il rischio associato al parassita. La sovrapposizione maggiore si osserva nel 1988, anno che è stato presumibilmente quello più a rischio per i danni da tignoletta. Non sembrano essere mai significativi gli attacchi da parte delle larve di 1° generazione durante la fioritura della vite.

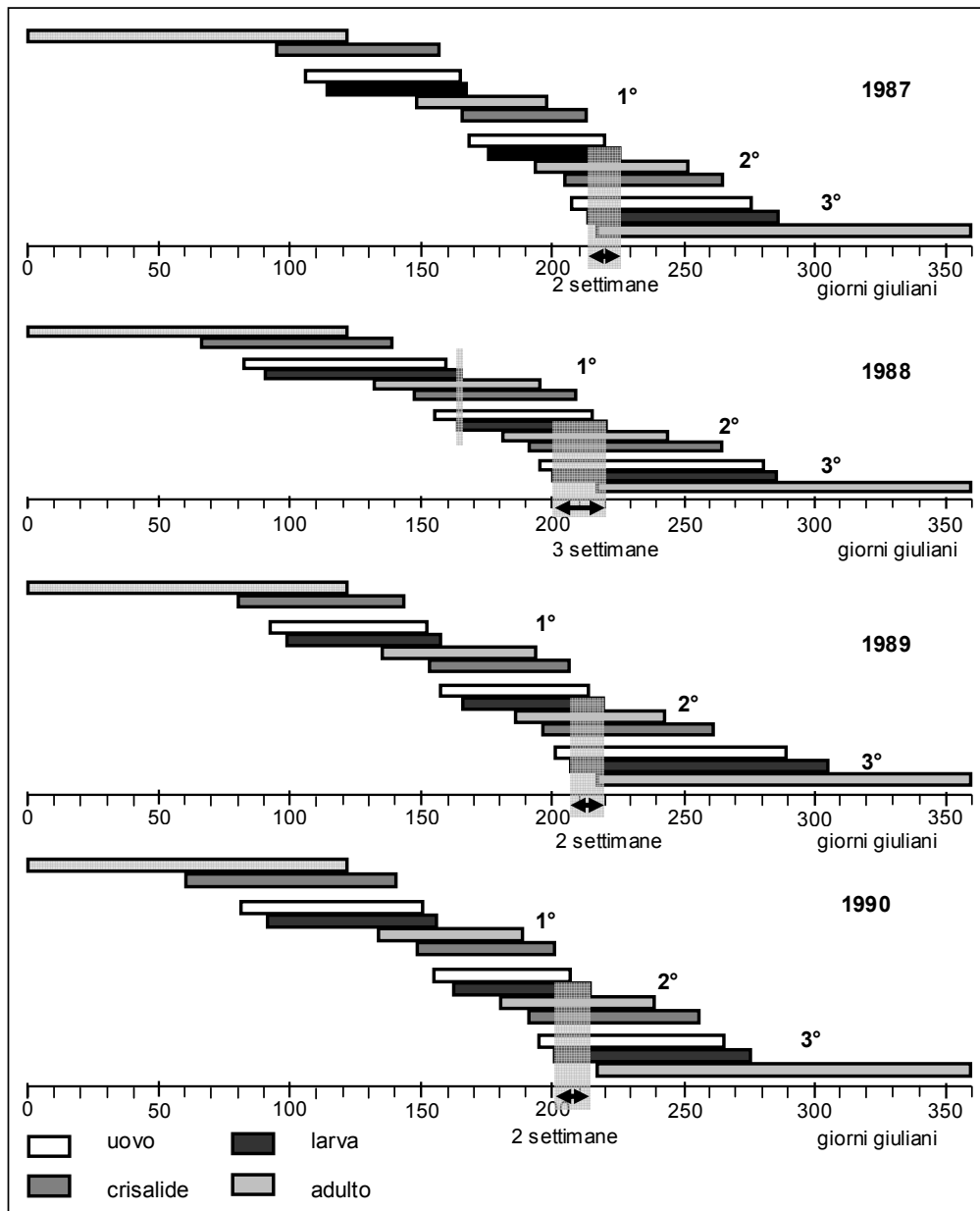
La Tabella 2 riporta le durate di sovrapposizione delle larve di 2° e 3 generazione, il periodo di presenza delle larve di 3° ed il loro rapporto ( $\alpha$ ) considerato come una stima approssimativa del rischio.

## Discussione e conclusioni

Di recente alcuni studi hanno sottolineato che l'aumento di temperatura, negli ultimi anni, ha favorito la produzione di vini di qualità in California (Nemani et al., 2001). Nell'intento di sviluppare un modello che preveda l'effetto del riscaldamento globale sulla produzione dei vini e sulle infestazioni che maggiormente colpiscono i vigneti italiani su base climatica, viene qui proposta una prima applicazione del modello Delay Simulator al caso del sistema vite- tignoletta nei Castelli Romani. Si è utilizzato, infatti, il modello DS per simulare la fenologia della pianta e del fitofago anni dal 1987 al 1990.

I dati a nostra disposizione (ricavati dalla letteratura) per la stima dei parametri erano poco adatti per la simulazione demografica benché il modello DS sia in grado di simulare anche l'andamento della densità delle popolazioni. Tuttavia, la simulazione è in grado di indicare il periodo in cui il rischio da tignoletta è stato più elevato e di

**Fig. 4** - Risultati delle simulazioni della fenologia della vite tramite il modello DS. Le colonne grigie evidenziano le differenze nei tempi di inizio e fine della maturazione.**Fig. 4** - Simulations of grapevine phenology by the DS model. The grey columns go from start to end of grapes maturation. Schema dei cicli vitali della vite (a) e della tignoletta (b)..



**Fig. 5** - Risultati delle simulazioni della fenologia della *L. botrana* tramite il modello DS. Le colonne grigie evidenziano i periodi di sovrapposizione tra la durata delle larve di seconda e terza generazione.

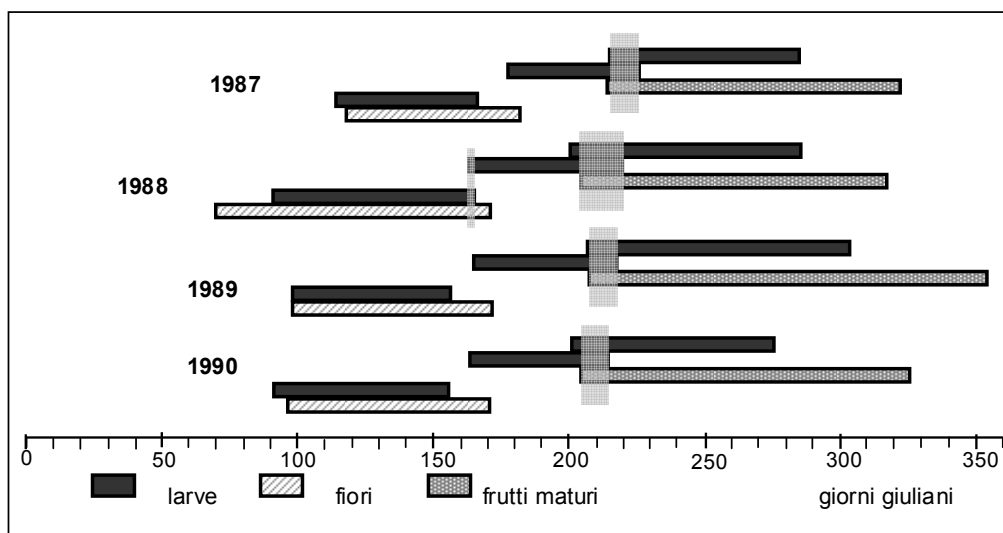
**Fig. 5** - Simulations of *L. botrana* phenology by the DS model. The grey columns indicate the overlapping periods between second and third generation larval stages

quantificarne l'entità. Dall'insieme dei risultati delle simulazioni si deduce una scarsa pericolosità della tignoletta per i vigneti della zona dei Castelli Romani, nel quadriennio 1987-90. La mancanza di dati sperimentali sulla dinamica del sistema vite-tignoletta nella zona di studio ha escluso, per il momento, la possibilità di una validazione diretta del modello. Una conferma indiretta della validità delle simulazioni ci viene data dai viticoltori dei Castelli che assicurano di non essere intervenuti con insetticidi, in quegli anni, per proteggere le viti dagli attacchi del fitofago. Sembra lecito, a questo punto, suggerire l'impiego del modello Delay Simulator per la simulazione della fenologia e demografia del sistema pianta-insetto, unito ad un monitoraggio intensivo dell'area

in esame per condurre interventi fitosanitari 'mirati'. Stimare in anticipo l'efficacia di un intervento, infatti, consentirebbe un minor dispendio economico per i coltivatori e la riduzione dell'impatto ambientale per la società.

### 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. La presente ricerca si riferisce alla pubblicazione n. 26 del progetto finalizzato CLIMAGRI finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali D.M. 639 e 640/7303/2003



**Fig. 6** - Simulazioni del sistema vite-tignoletta. Le barre grigie indicano i periodi di sovrapposizione tra le larve e le fenofasi della vite più danneggiate dall'insetto (fiori e frutti maturi).

**Fig. 6** - Grapevine-grape berry moth coupled simulations. The grey bars show the overlapping periods between larval stages and grapevine most danger-prone phenophases (flowers and ripe fruits).

## Bibliografia

- Alexandrov, V., Eitzinger, J., Cajic, V., Oberforster, M., 2002. Potential impact of climate change on selected agricultural crops in north-eastern Austria. *Global Change Biology*, 8, 372-389.
- Alilla, R., Severini, M., Pesolillo, S., 2004. Introduzione della temperatura variabile e della mortalità nei modelli di popolazione a ritardo distribuito. In: Dalla Marta A., Orlandini S. (Eds.). *Atti del Convegno 'III Giornate di studio: Metodi Numerici, Statistici e Informatici nella Difesa delle Colture Agrarie e delle Foreste: Ricerca e Applicazioni*, Firenze, 114-118.
- Arca B., Cossu A., Delrio G., Locci L., 1993. Individuazione dei gradi giorno relativi allo sviluppo della *Lobesia botrana* (Den. et Schiff.) in Sardegna. *Atti Convegno Nazionale 'Protezione delle colture: osservazioni, previsioni, decisioni'*, Pescara, 325-334.
- 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.
- Cammel, M.E., Knight, J.D., 1992. Effect of climate change on population dynamics of crop pest. *Adv. Eco. Res.* 22, 117-162.
- Coakley, S.M., Scherm, H., Chakraborty, S., 1999. Climate change and plant disease management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37, 399-426.
- Coombe, B.G., 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. In: *Proceedings of the Symposium on Grapevine Canopy and Vigor Management*. *Acta Hortic.*, 206, 23-35.
- 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.
- Jones, G. V., White, M. A., and Cooper, O. R., 2004. Climate change and global wine quality. *Climatic Change*. (in review).
- Lal, M., Singh, K.K., Rathore, L.S., Srinivasan, G., Saseendran, S.A., 1998. Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future change in climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 89, 101-114.
- Mall, R.K., Lal, M., Bhatia, V.S., Rathore, L.S., Singh, R. 2003. Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121, 113-125.
- Manetsch, T. J., 1976. Time-varying distributed delay models and their use in aggregative models of large systems. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 6, 547-553.
- Nemani, R.R., White, M.A., Cayan, D.R., Jones, G.V., Running, S.W., Coughlan, J.C., Peterson, D.L., 2001. Asymmetric climatic warming improves California vintages. *Clim. Res.*, 19, 25-34.
- Olesen, J. E., Bindi, M., 2002. Review Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16, 239-262.
- 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. In: Dalla Marta A., Orlandini S. (Eds.). *Atti III Giornate Studio Metodi Numerici Statistici ed Informatici nella Difesa delle Colture Agrarie e Forestali*, Firenze, 119-123.
- Rosenzweig, C., Tubiello, F.N., 1996. Effect of changes in minimum and maximum temperature on wheat yields in the central USA simulation study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80, 215-230.
- Saarikko, R. A., 2000. Applying a site based crop model to estimate regional yields under current and changed climates. *Ecological Modelling*, 131, 191-206.
- Severini, M. 2005. Past, present, and future of *Lobesia botrana* (Lep. Tortricidae) attacks to the Frascati vineyards as simulated by the Delay Simulator (DS) model. In: Cossu A. (Ed.). *Abstracts of the International Workshop: Ecosystem Management and Agriculture*, 30.
- Severini M., Gilioli G., 2002. Storia e filosofia dei modelli di simulazione nella difesa delle colture agrarie. *Notiz. Protez. Piante*, 15, 9-29.
- Severini, M., Carlini, L., Alilla, R., Dattilo, A.M., Sciarretta, A., Trematerra, P. 2002. Simulazione delle catture di *Cydia funebrana* (Treitschke) mediante il modello per computer 'Delay Simulator'. *Notiz. Protez. Piante*: 15, 285-292.
- Severini, M., Alilla, R., Pesolillo, S., Comandini, F. 2004. 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. In: Dalla Marta A., Orlandini S. (Eds.). *Atti III giornate Studio Metodi Numerici Statistici ed Informatici nella Difesa delle Colture Agrarie e Forestali*, Firenze, 124-129.
- Tiso R., Butturini A. 1997. Possibilità di impiego di un modello fenologico per *Lobesia botrana* Schiff. nella difesa della vite. *Atti dei Convegni XXII MOMEVI*, 53, 43-49.
- Vansickle, J., 1977. Attrition in distributed delay models. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, 7, 635-638.
- Zhang, J. C., 1989. The CO2 problem in climate and dryness in north China. *Meteor. Mag.*, 15, 3-8.