

STRATEGIE PER LA RAZIONALIZZAZIONE DEL MONITORAGGIO E LA PREVISIONE DELLE INFESTAZIONI DI *BACTROCERA OLEAE* (GMELIN) IN ABRUZZO: IL CONTRIBUTO DELLA MODELLISTICA APPLICATA¹

G. GILIOLI⁽¹⁾, A. ZINNI⁽²⁾

⁽¹⁾DAA, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria
P.zza S. Francesco di Sales, 4 - 89061 Gallina di Reggio Calabria (RC) - gigliol@tin.it

⁽²⁾ARSSA Regione Abruzzo - Centro Agrometeorologico Regionale
C.da Colle Comune, 11 66020 Scerni (CH)

RIASSUNTO

L'olivicoltura rappresenta in Abruzzo un'importante voce dell'economia agricola regionale. Il monitoraggio del fitofago chiave della coltura, la mosca delle olive, comporta notevoli costi e problematiche di ottimizzazione del lavoro dei tecnici al fine di estendere la superficie olivetata assistita. Per far fronte a queste problematiche l'ARSSA ha dato corso ad un progetto triennale finalizzato alla realizzazione di un modello di simulazione della dinamica di popolazione della mosca delle olive con l'obiettivo di: 1) ridefinire e ottimizzare le strategie di monitoraggio del fitofago; 2) supportare la presa delle decisioni in ambito fitosanitario tramite l'utilizzo di simulazioni che possano prevedere l'andamento della fenologia e dell'abbondanza delle popolazioni. Si presentano in questo lavoro i risultati preliminari ottenuti e si fornisce un primo bilancio dell'esperienza svolta.

Parole chiave: Monitoraggio, *Bactrocera oleae*, modelli, sistemi a supporto delle decisioni

SUMMARY

IMPROVEMENT OF MONITORING AND FORECAST OF *BACTROCERA OLEAE* (GMELIN) INFESTATIONS IN ABRUZZO (ITALY): THE CONTRIBUTION OF MODELLING APPROACH

Olive crops in Abruzzo represent an important section of regional agricultural economy. The monitoring of the key pest, the olive fruit fly, involves remarkable costs and problems in the optimization of the work of the technicians in order to extend the assistance to a wider cultivated surface. To face such problems ARSSA has planned a three-year project for the realization of a simulation model of the *B. oleae* population dynamics finalized: 1) to redefine and to optimize the strategies of pest monitoring; 2) to support decision making in pest control based on information on phenology and population abundance. In this work the first results of the project are presented and a provisional budget of the experience is attempted.

Key words: Monitoring, *Bactrocera oleae*, models, decision support systems

INTRODUZIONE

La coltura dell'olivo in Abruzzo interessa circa 45.000 ha e rappresenta il 7% della PLV agricola regionale (Dati ISTAT, Cens. Agr. 2000). Nella difesa fitosanitaria molte risorse vengono impiegate per il monitoraggio del fitofago chiave della coltura, il dittero tefritide *Bactrocera oleae* (Gmelin), parassita il cui attacco condiziona la qualità degli oli prodotti (De Laurentiis *et al.*, 1999). Attraverso il progetto Nazionale per il Miglioramento della Qualità degli Oli (Reg. CE 528/99 e succ.), che contempla la Misura denominata "Lotta contro la

¹ Il lavoro presentato in questo contributo è stato finanziato dal Programma Nazionale "Miglioramento Qualità Olio d'Oliva" Anno 2002-2003 (Regg. CE 528/99 e succ.).

mosca ed altri organismi nocivi, compresi dispositivi di controllo, allarme e valutazione" è attiva in Abruzzo una rete di monitoraggio che, nel 2002, era composta da circa 20 rilevatori (delle Associazioni olivicole) che hanno monitorato oltre 300 aziende. I rilievi settimanali, eseguiti da luglio a novembre, prevedevano il campionamento di adulti attraverso trappole sessuali e di olive per la determinazione della percentuale di infestazione.

La gestione di siffatta rete comporta notevoli costi e diverse problematiche di controllo e valutazione dei risultati. Allo scopo di razionalizzare le procedure di raccolta e interpretazione dei dati e al fine di creare un supporto ai tecnici impegnati nella difesa, l'ARSSA ha dato corso a un progetto finalizzato alla realizzazione di un modello di simulazione della dinamica di popolazioni della mosca delle olive. Il progetto vuole rispondere a due obiettivi fondamentali:

- 1) Minimizzare i costi di campionamento: l'utilizzo del modello deve supportare la definizione dell'informazione minima necessaria alla previsione delle infestazioni, sia in termini del numero di campi da monitorare, sia in termini del numero di campionamenti da effettuare per stabilire le condizioni iniziali da cui far partire la simulazione;
- 2) Supportare la presa delle decisioni: lo strumento elaborato deve essere in grado di realizzare simulazioni che consentano di prevedere, in modo probabilistico, la fenologia e l'abbondanza delle popolazioni al fine di supportare la presa delle decisioni a riguardo degli interventi di gestione fitosanitaria dei problemi derivanti dalla mosca delle olive.

Nel presente lavoro sono illustrate le linee generali delle metodologie impiegate e i risultati preliminari raggiunti.

MATERIALI E METODI

Il lavoro qui presentato ha riguardato tre campagne di rilievo dati svoltesi negli anni 2001-2003. Sono state scelte le tre principali cultivar della regione (Leccino, Gentile di Chieti e Dritta) in considerazione anche della loro suscettibilità all'attacco della mosca delle olive. I siti di indagine sono stati collocati nelle province di Pescara e di Chieti. Per la realizzazione degli obiettivi definiti nella introduzione si è intervenuti in diversi ambiti:

A) Ridefinizione e ottimizzazione delle strategie di monitoraggio. Si è provveduto innanzitutto alla riprogettazione della rete di monitoraggio. Si è definito un disegno di campionamento fattoriale che incrocia la variabile cultivar (definita, come visto, su tre livelli) con la variabile fascia altimetrica (definita su due livelli da 0-150 e da 150-350 m s.l.m.). Per ciascun incrocio tra i livelli delle due variabili (es. "Leccino" in fascia 0-150 m s.l.m.), sono state individuate, in oliveti biologici, una serie di parcelle di 1 ha non trattate (nodi della rete). Il numero di parcelle, il numero di rilevatori e le modalità di organizzazione del gruppo di lavoro sono state considerate le variabili su cui intervenire per l'ottimizzazione del protocollo. Rimanevano invece fisse le modalità di campionamento e le misurazioni effettuate entro parcella che hanno riguardato: *a*) la dinamica temporale degli stadi preimmaginali della mosca (tramite prelievo e analisi allo stereomicroscopio delle drupe); *b*) la dinamica temporale dei voli degli adulti; *c*) la fenologia della coltura; *d*) i parametri e le pratiche agronomiche messe in atto; *e*) le variabili meteorologiche. I dati di popolazione e agrometeorologici raccolti sono gestiti in un opportuno database e sottoposti a controllo della qualità.

B) Sviluppo di un modello matematico della dinamica di popolazioni di *B. oleae*. Il modello sviluppato è un modello demografico stocastico in cui la variabile forzante fondamentale è la temperatura. Sono presenti inoltre controlli dipendenti da altre variabili biotiche (es. carica produttiva) e abiotiche (es. umidità). Si tratta quindi di un prodotto innovativo in grado coniugare un solido fondamento biologico nelle ipotesi e nei dati su cui

esso si fonda con una estrema flessibilità e facilità di utilizzo. Il percorso di sviluppo del modello si è articolato nei seguenti passaggi:

1) Schematizzazione del sistema: si sono individuate le componenti (sottosistemi) rilevanti del sistema (fitofago, ambiente abiotico e risorsa del fitofago) e si sono inoltre definite le proprietà e i processi che caratterizzano il comportamento dei singoli sottosistemi;

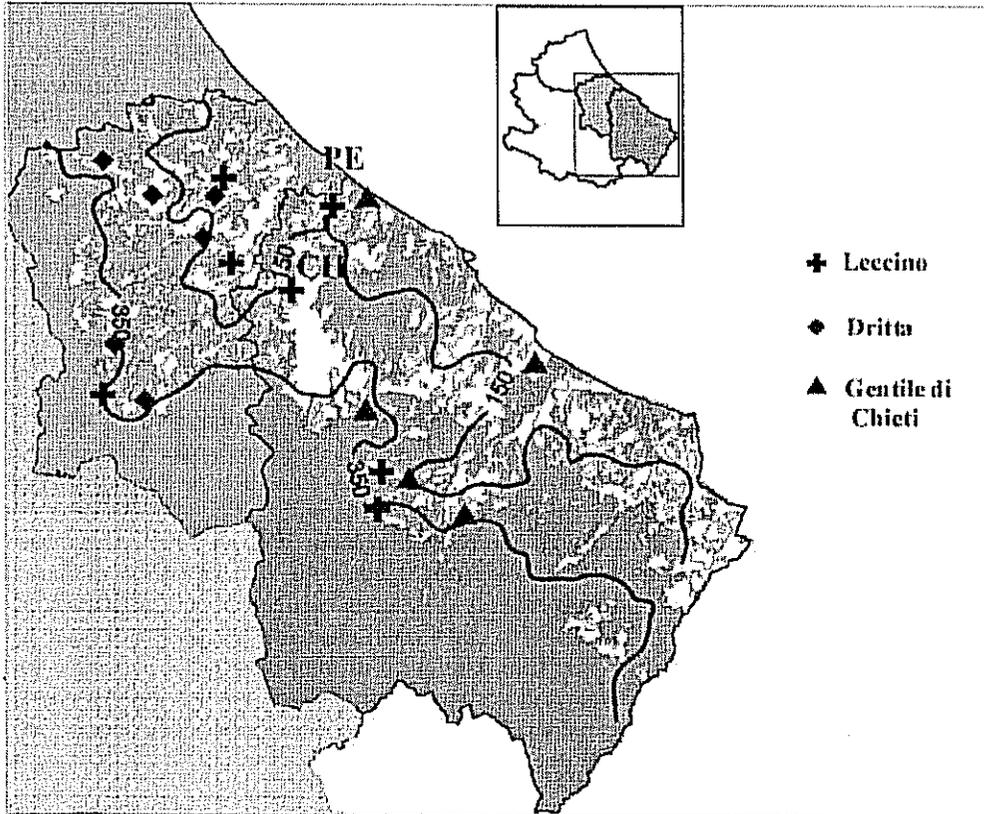


Figura 1 – Mappa delle province di Pescara e di Chieti (in chiaro le aree olivetate) e la localizzazione dei nodi di campionamento utilizzati nei rilievi dell’anno 2003 della dinamica di popolazione di *B. oleae* (in legenda sono riportati i simboli relativi alle 3 cultivar)

2) Definizione del modello matematico: il modello sviluppato nel presente progetto, che dal punto di vista matematico rappresenta un analogo discreto del modello di Kolmogorov (Buffoni *et al.*, 2004), è in grado di considerare in dettaglio i diversi aspetti della biologia della mosca e di ricostruire la dinamica di popolazione a partire dalla storia di vita dei singoli individui;

3) Stima dei parametri: si è basata sull’analisi approfondita e completa della letteratura relativa alla bio-ecologia della mosca delle olive, in particolare per quel che riguarda la dinamica di sviluppo, e si sono implementati metodi innovativi per la stima in particolare dei tassi di mortalità e fecondità a partire da dati di dinamica di popolazione (Gilioli e Pasquali, 2003);

4) **Calibrazione:** per adattare il modello alle specifiche condizioni ambientali di applicazione e alle diverse cultivar si è fatto ricorso a metodi di stima di parametri di controllo opportunamente inseriti nel modello per ottenere migliori performance nel confronto tra osservazioni e simulazioni.

C) Messa a punto di un sistema a supporto della presa delle decisioni. Il modello, che è ancora in fase di elaborazione e si presenta ora come prototipo, è stato avviato ad una fase sperimentale di implementazione presso il Centro Agrometeorologico dell'ARSSA della Regione Abruzzo come strumento a supporto dell'assistenza tecnica in olivicoltura. L'idea guida è quella di istituire una rete di campi-spia, oggetto di campionamento nel corso della stagione produttiva, utilizzati per inizializzare il modello e controllarne l'output. A partire dai dati ottenuti nei nodi campionati è possibile produrre insiemi di simulazioni a scala locale, legate cioè alla posizione dei siti di rilevamento dei dati meteorologici e di controllo dell'infestazione, che possono poi essere interpolate nello spazio per la restituzione di mappe dinamiche di rischio in funzione della dinamica spazio-temporale delle variabili indipendenti del modello. Il numero e la densità di output a scala locale possono essere aumentati purché si disponga o si possano fare ipotesi ragionevoli sui dati iniziali e sulle variabili indipendenti da fornire al modello.

RISULTATI

Monitoraggio. L'utilizzo efficiente del modello deve produrre previsioni a lungo termine a partire da dati sulle condizioni iniziali (inizializzazione del modello) provenienti da pochi campionamenti fatti all'inizio della stagione produttiva. In tali condizioni si hanno, in genere, basse infestazioni e ridotti costi di monitoraggio, tuttavia le stime delle abbondanze che si ottengono sono tendenzialmente affette da una bassa precisione. Per gli obiettivi applicativi per cui è stato concepito e sulla base dell'esperienza condotta, il quantitativo minimo di informazioni necessarie al modello per produrre simulazioni realisticamente soddisfacenti è stato valutato in 3 campionamenti successivi in cui si rilevi infestazione e posti a distanza di 1 settimana l'uno dall'altro a partire dalla fase fenologica di indurimento del nocciolo. Sono inoltre in corso di studio sistemi adattativi di gestione del periodo di monitoraggio basati sulla definizione di "regole di stop" del campionamento sulla base dei risultati delle simulazioni e sulla rilevazione di situazioni anomale che indicano la necessità di tornare a campionare nel corso della stagione produttiva.

Per quanto riguarda il dimensionamento della rete di monitoraggio l'esperienza condotta ha portato, per il momento, alla definizione di una rete di 18 campi, 6 per ciascuna cultivar, 9 nella fascia 0-150 m s.l.m. e 9 nella fascia 150-350. Tale rete, riportata in figura 1, si è stabilito possa essere gestita in modo efficiente da una squadra di 5 operatori, 4 rilevatori di campo e un operatore addetto all'analisi in laboratorio delle drupe. Il costo minimo stimato per la gestione della rete è risultato mediamente inferiore alle 40 ore-uomo a settimana. Prima di giungere però alla fase di implementazione definitiva dello strumento elaborato sono necessarie ulteriori indagini: a) sulla relazione tra intensità dello sforzo di campionamento e precisione delle stime; b) sul grado di rappresentatività dei nodi di monitoraggio rispetto al territorio circostante e quindi sul grado di risoluzione spaziale dell'output del modello. Entrambi gli aspetti sono piuttosto complessi e devono essere affrontati con la sperimentazione del modello su un arco temporale di alcuni anni.

Calibrazione del modello di simulazione. La filosofia guida della calibrazione del modello è che gli scarti tra osservazioni e simulazioni sono una fonte di informazioni fondamentale e particolarmente preziosa per comprendere quali tra i meccanismi ipotizzati dal modello ha

funzionato in modo differente dalle attese o se sono intervenuti meccanismi diversi non presi in considerazione. I primi risultati ottenuti sono stati incoraggianti. Le simulazioni effettuate relative alla media generale dei dati (figura 2A) mostrano che lo scostamento osservato-simulato aumenta ovviamente nel corso del tempo, ma il fatto che a fine stagione per le larve si abbia uno scarto nella fenologia di circa 10 giorni e nell'abbondanza di pochi punti percentuali testimonia della bontà delle assunzioni biologiche contenute nel modello. Risultati analoghi in termini del rapporto tra simulato e osservato sono stati ottenuti disaggregando i dati relativi alle due fasce altimetriche. Per quanto riguarda le cultivar, ottimi risultati si hanno per il "Leccino" sia per la fenologia che per l'abbondanza delle larve (figura 2B), mentre per le altre due cultivar i risultati sono stati meno soddisfacenti.

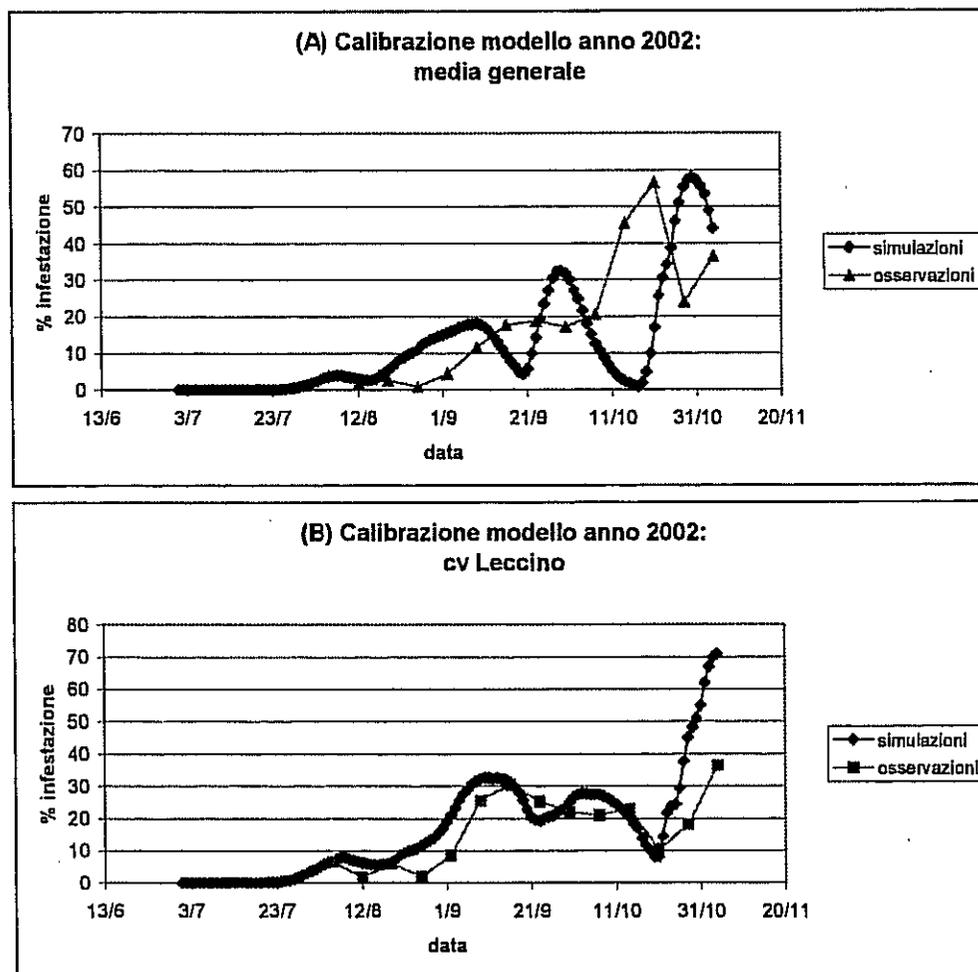


Figura 2 – Confronto tra percentuale di infestazione osservata e simulata relativamente allo stadio larvale di *B. oleae*. In (A) è riportato l'andamento medio di tutti i siti campionati, in (B) l'andamento medio di tutti i siti della cultivar Leccino

L'analisi dei dati ottenuti raggruppando le categorie di siti e quelli ottenuti simulando la dinamica locale associata a ciascun nodo ha inoltre posto in evidenza l'importanza: *a)* della precisione del dato di input del modello; *b)* della suscettibilità delle cultivar, della loro fenologia e dell'intensità della cascola; *c)* della distribuzione spaziale delle diverse cultivar in rapporto alle possibilità di movimento a medio-largo raggio della mosca. Di questi aspetti sarà necessario tener conto per poter apportare contributi migliorativi al sistema di raccolta dei dati e di simulazione della dinamica.

CONCLUSIONI

L'esperienza sviluppata nel progetto cui si riferisce il presente lavoro permette di trarre alcune conclusioni. La fase di sviluppo e calibrazione del modello ha scontato alcuni vincoli, del resto previsti, della strategia di modellizzazione adottata. Questi riguardano la consistente mole di lavoro necessaria per la definizione della struttura del modello e per la stima dei parametri. Anche la fase di implementazione del modello si è dimostrata particolarmente onerosa e delicata. È infatti necessario un progressivo adattamento del sistema al contesto ambientale e varietale per ottenere risposte efficaci dal modello. È inoltre molto importante sottolineare che la fase di adattamento deve essere seguita in stretta collaborazione sia dal modellista sia dai tecnici responsabili della gestione fitosanitaria. A fronte di questi vincoli si possono però evidenziare una serie di vantaggi che l'approccio di modellistica applicata può offrire nell'ambito del monitoraggio e delle previsioni delle infestazioni della mosca delle olive. Questi possono essere riassunti nei seguenti punti:

- 1) Razionalizzazione del sistema di raccolta e analisi dei dati: il modello consente di guidare il dimensionamento della rete di monitoraggio dell'infestazione da *B. oleae* e di valutare la rappresentatività dei campi monitorati al fine soprattutto di minimizzare lo sforzo di campionamento con conseguenti vantaggi in termini economici;
- 2) Gestione flessibile della presa di decisioni: il modello è stato dotato di un'interfaccia di utilizzo che prevede anche procedure di dialogo tra utente e strumento di simulazione e restituzioni grafiche della dinamica di popolazione simulata di facile lettura. La disponibilità in tempo reale di previsioni della dinamica demografica della mosca e dell'infestazione rende il modello un valido supporto alla presa di decisioni sulla base di conoscenze e ipotesi relative allo stato del sistema (con vantaggi sia per quanto concerne la programmazione delle attività di monitoraggio sia per quel che riguarda la valutazione delle strategie di intervento fitosanitario);
- 3) Possibilità di estensione del modello: il modello sviluppato è un sistema aperto il quale può essere esteso al fine di considerare nuovi aspetti del sistema reale che si sono dimostrati importanti nel condizionare la dinamica dell'infestazione.

A partire dalla campagna di difesa 2004 gli output del modello saranno utilizzati, in via sperimentale, nel sistema di previsione e avvertimento operativo in Abruzzo al fine di dare avvio alla fase di valutazione e miglioramento del modello come sistema a supporto delle decisioni.

LAVORI CITATI

- BUFFONI G., PASQUALI S., GILIOLI G., 2004. A stochastic model for the dynamics of a structured population. *Discrete and Continuous Dynamical System Series B* (in press).
- DE LAURENTIIS G., DI MINCO G., MAZZOCCHETTI A., POLLASTRI, L. 1999. Le principali avversità parassitarie dell'olivo in Abruzzo. ARSSA, Abruzzo.
- GILIOLI G., PASQUALI S., 2003. A parameter estimation method for arthropod populations, IMATI Technical Report, 6-MI (in press).