NUOVA METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DELLA MOSCA DELLE OLIVE IN LIGURIA

R. PETACCHI[1], G. RAGAGLINI[1], S. MARCHI[1], S. FEDERICI[2], B. PESENTI BARILI[2]
[1] Scuola Superiore Sant'Anna - Istituto Scienze della Vita, Pisa
[2] Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale (CAAR), loc. Pallodola
Mercato Ortofrutticolo di Sarzana (Spezia)
r.petacchi@sssup.it

RIASSUNTO

Viene descritta una nuova metodologia di lavoro applicata, a scala regionale, in Liguria, nella progettazione della rete di monitoraggio delle infestazioni di *Bactrocera oleae* o mosca delle olive. Il metodo prevede, a partire dal dato delle ovideposizioni autunnali, la simulazione del ciclo sviluppo, utilizzando il modello gradi-giorno tenendo conto dell'accumulo termico necessario per lo sviluppo completo del fitofago, pari a 379,015 ± 41,264°C gradi giorno (soglia termica inferiore pari a 9,0°C). Lo studio ha avuto un biennio di sperimentazione in campo finalizzata alla validazione del modello gradi-giorno nella simulazione della fenologia di *B. oleae* durante il periodo autunnale-primaverile. Successivamente l'*output* di questo modello fenologico, sotto forma di giorno-giuliano in cui viene previsto il completamento del ciclo uovo-adulto, è stato elaborato, a grande scala territoriale, utilizzando il Software GIS e la rete agrometeorologica della regione Liguria. Questa operazione si è basata su uno studio sui principali parametri geografi e la scelta dei due ritenuti più importanti: quota e distanza dal mare. Gli elaborati ottenuti, definiti "Aree omogenee", relativamente al rapporto fitofago-ambiente di coltivazione, hanno rappresentato, a partire dal 2011, la base per la zonazione del territorio olivato e la progettazione della rete di monitoraggio.
Parole chiave: *Bactrocera oleae*, fenologia, modello gradi-giorno

SUMMARY

NEW METHODOLOGY FOR THE PLANNING OF *BACTROCERA OLEAE* MONITORING NETWORK IN LIGURIA REGION

The olive fruit fly (OFF), *Bactrocera oleae*, egg deposition and adult flight have been monitored during 2010 and 2011, in two representative areas of Liguria (northern Italy), as well as the consequence of complete generation in late winter - early spring. The reliability of an empirical degree-day model was tested to simulate insect cycle, starting from autumnal oviposition and considering 379.01 °C cumulative degree-day (CDD) needed to complete adult development. After its validation, the model was used to simulate olive fruit fly phenology at large scale (Liguria Region), by using GIS approach and the agrometeorological network of Liguria Region. The output of CDD model was, therefore, mapped, assessing altitude and distance from the sea, as elements of variability. Finally we described the possible applications of this methodology in area-wide Integrated Pest Management projects, for planning *B. oleae* monitoring network at regional level.
Keywords: *Bactrocera olea*e, biology and phenology, Degree-Day model, large scale, monitoring network.

INTRODUZIONE

La progettazione di una rete di monitoraggio finalizzata a seguire l'andamento della fenologia e del danno provocato da insetti fitofagi deve necessariamente tener conto di alcuni vincoli di tipo economico e operativo che si riflettono sulla numerosità dei punti che è

possibile monitorare. Di conseguenza qualsiasi metodologia affidabile e soprattutto trasferibile alla realtà del mondo dei servizi, che consenta di ottimizzare l'entità dei punti di monitoraggio, rappresenta un prodotto importante nell'ambito della difesa dai fitofagi.

La progettazione di una rete di monitoraggio, in generale, passa attraverso diverse fasi e comunque è impossibile prescindere dall'estrazione di conoscenza dai territori interessati dal lavoro, a partire dalla base di dati a disposizione relativamente alla biologia del fitofago e ai parametri climatici che ne regolano il ciclo. L'approccio solitamente utilizzato, nell'ambito della difesa da insetti dannosi, è quello di rappresentare il territorio, qualunque sia la scala prescelta, in zone o aree geografiche all'interno delle quali il rischio di una coltura di essere infestata e danneggiata da un fitofago è simile. Per fare questo la strada solitamente percorsa dai ricercatori è quella di mettere in relazione alcuni elementi del territorio (ad es. altitudine, vicinanza al mare, esposizione) con i parametri climatici, che, nel caso di insetti fitofagi è soprattutto la temperatura. Per quanto riguarda *Bactrocera oleae* (Rossi) ricerche in linea con quanto descritto si sono eseguite ad esempio in Toscana dove sono state individuate (Belcari *et al.*, 1989) zone olivicole a differente rischio dacico o, seguendo altre metodologie di lavoro, è stata eseguita una caratterizzazione del rischio stesso, sempre a scala regionale (Sacchetti *et al*., 2002; Guidotti *et al*., 2003).

In Liguria la rete di monitoraggio per *B. oleae* è stata progettata a partire dal 1999 e la base di dati originata, a scala territoriale regionale, è già stata utilizzata per ricerche finalizzate alla progettazione di un Decision Support System (Guidotti *et al*., 2002) o per la valutazione dell'affidabilità dei dati stessi e per la loro caratterizzazione e classificazione (Reyneri *et al*., 2002).

Recentemente, in Toscana, con l'obiettivo sia di individuare nuove strategie di controllo della mosca delle olive come pure di cercare di introdurre tecniche innovative nell'ambito del monitoraggio sono state condotte ricerche sul ciclo biologico del fitofago durante il periodo invernale - primaverile (Ragaglini *et al*., 2005). I risultati ottenuti da queste ricerche hanno permesso di trasferire le conoscenze acquisite alla realtà operativa dei servizi della Regione Liguria, ed hanno portato all'individuazione di una nuova operatività per la progettazione della rete di monitoraggio della mosca delle olive. Nel presente lavoro viene descritta la metodologia adottata e vengono illustrati i risultati applicativi ottenuti.

MATERIALI E METODI

Ciclo biologico di *B. oleae* nel periodo invernale - primaverile

Il lavoro eseguito è stato finalizzato a monitorare gli stadi di sviluppo del fitofago in autunno (ottobre) che rappresenta l'ultima epoca utile, prima della raccolta, per avere un dato attendibile sulla presenza degli stadi preimaginali dell'insetto. La generazione di *B. oleae* che infesta le olive in ottobre rappresenta l'ultima completa annuale, prima dello svernamento della specie. Questo consente di utilizzare il dato delle ovideposizioni per elaborazioni di modelli di simulazione dello sviluppo completo del dittero. Il lavoro è stato condotto in 2 anni sperimentali (2009-2010 e 2010-2011) e in alcune aree studio rappresentative (n. 2 e n. 5 rispettivamente nei due anni). In queste aree è stata eseguita la qualifica dell'infestazione utilizzando la metodologia del campione settimanale "ridotto" di una drupa/pianta (Quaglia *et al.*, 1981; Chesi e Quaglia, 1982) e fino a 100 drupe/oliveto. La qualifica dell'infestazione nel mese di ottobre è stata eseguita soprattutto con l'obiettivo di individuare la percentuale delle uova. Nei soliti oliveti, a partire da fine inverno, è stato eseguito il monitoraggio dei voli degli adulti della mosca delle olive utilizzando trappole a feromone tipo DacoTrap® Isagro.

Utilizzo del modello fenologico gradi-giorno a scala territoriale *farm*

Essendo noto il valore di accumulo termico necessario per lo sviluppo completo del fitofago, pari a 379,015 ± 41,264 °C gradi-giorno e la soglia termica inferiore, pari a 9,0°C (Crovetti *et al.,*1982), è stata eseguita la simulazione dello sviluppo uovo-adulto utilizzando la formula della somma termica a partire dalle ovideposizioni di ottobre. Per la simulazione è stato utilizzato il dato della temperatura media dell'aria della stazione agrometeorologica situata negli oliveti sperimentali e le ovideposizioni rilevate nelle quarta settimana di ottobre. L'andamento del ciclo di sviluppo e, in particolare, della comparsa degli adulti, predetto dal modello gradi-giorno è stato confrontato con il dato osservato in campo.

I dati meteo-climatici sono stati forniti dal Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale (CAAR).

Spazializzazione del dato di *output* del modello gradi-giorno a scala regionale

Al riguardo è stata effettuata un'analisi delle correlazioni tra il risultato (*output*) del modello gradi giorno, espresso come giorno giuliano previsto di emergenza (jul) degli adulti a partire dalle uova del 15 ottobre e i principali parametri geografici:

- quota (h) in metri sul livello del mare;
- distanza lineare dalla costa (dist_m);
- esposizione nord in gradi (esp).

Per poter trasferire il risultato (*output*) del modello a scala regionale, sono state create delle classi di quota e di distanza dal mare in grado di individuare sul territorio delle zone con caratteristiche omogenee (Tabella 1).

Tabella 1. Classi utilizzate per rappresentare a scala regionale il dato di fenologia della mosca delle olive durante il periodo autunnale - primaverile

Classi	Distanza lineare dalla costa	Fasce di quota
1	<1 km	<100 m s.l.m.
2	da 1 a 7 km	da 100 a 200 m s.l.m.
3	da 7 a 11 km	da 200 a 350 m s.l.m.
4	> 11 km	>350 s.l.m.

La spazializzazione del dato climatico (*output* del modello) a scala regionale è stata eseguita tenendo conto delle superfici olivate così come compaiono dichiarate nell'apposito catasto.

Individuazione delle aree omogenee per lo sviluppo della generazione autunnale-primaverile di *B. oleae*

A seguito delle elaborazioni di spazializzazione eseguite si è poi provveduto ad un'operazione di ritaglio delle aree omogenee definite poi Fasce. Questa operazione è stata condotta in accordo con il CAAR-Regione Liguria che ha provveduto, utilizzando il software GIS, a eseguire un ritaglio, a scala provinciale e regionale che tenesse conto anche dei confini amministrativi.

RISULTATI

Ciclo biologico di *B. oleae* nel periodo autunnale – primaverile

Il lavoro eseguito negli oliveti sperimentali ha evidenziato che durante tutto il mese di ottobre *B. oleae* è in attività riproduttiva e le femmine sono fertili e ovideponenti. Le settimane in cui si ha la percentuale più alta di uova sono la seconda e la terza (Figura 1). Dato confermato anche dall'analisi effettuata sul database CAAR, per il periodo 2000-2012 (Tabella 2). Gli adulti del dittero iniziano a volare verso la terza decade di febbraio e le popolazioni raggiungono il massimo nella prima decade di aprile (Figura 3).

Figura 1. Grafico con il dato della percentuale/media di ovideposizione negli oliveti sperimentali durante i 2 anni di lavoro (2009 e 2010)

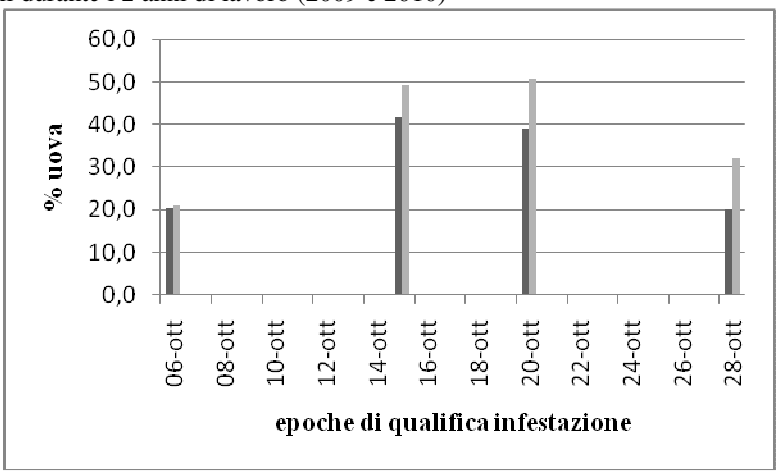
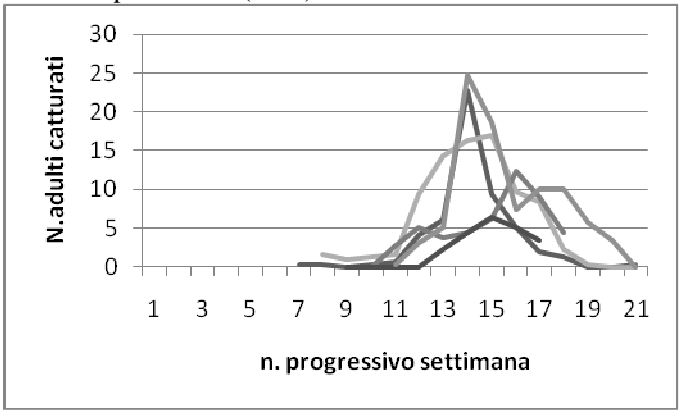


Tabella 2. Indicazioni relative al dato medio della percentuale di ovideposizione rilevato sui punti della rete di monitoraggio Regione Liguria nel periodo 2000-2012 (Fonte: CAAR; dati rielaborati)

Prov.	N° medio punti	% di uova nelle settimane di ottobre			
		I	II	III	IV
SP	9	7,25	8,02	9,04	7,10
GE	9	3,34	3,12	3,19	2,72
SV	13	4,79	6,69	3,01	3,91
IM	16	3,79	4,51	3,62	2,00
media		4,79	5,58	4,71	3,93

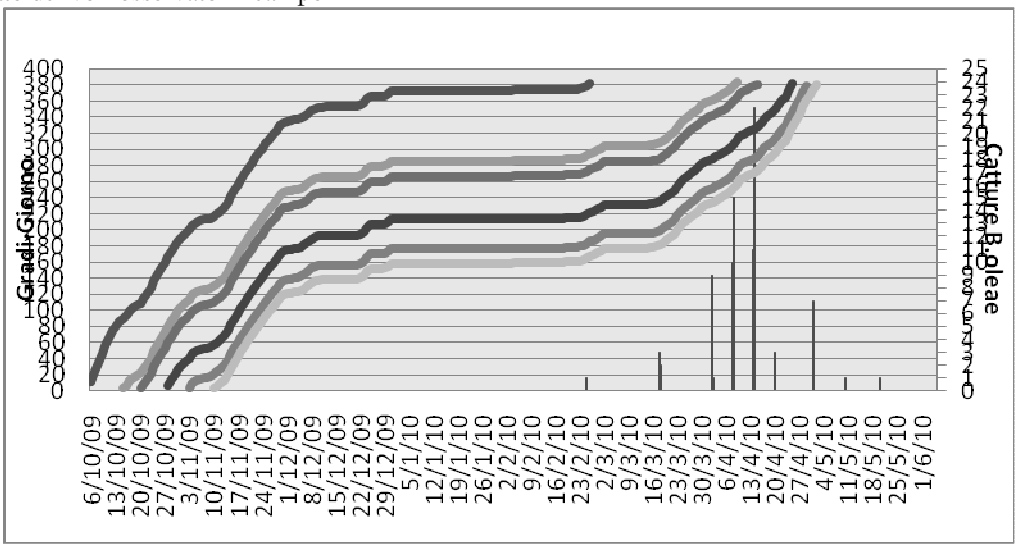
Figura 3. Grafico con l'andamento delle catture primaverili nei diversi oliveti sperimentali durante uno dei due anni sperimentali (2011)



Utilizzo somma termica a scala territoriale *farm*

A partire dalle date di ovideposizione rilevate negli oliveti sperimentali ad ottobre, è stata eseguita l'elaborazione della somma termica fino al raggiungimento delle condizioni di sviluppo di una generazione completa (380°C gradi-giorno). Il risultato ottenuto è una buona simulazione del ciclo di sviluppo completo della generazione autunnale - primaverile del dittero (Figura 2).

Figura 2. Grafico con rappresentazione delle curve di accumulo termico, ottenute con il modello gradi-giorno, a partire dalle diverse date di ovideposizione rilevate in campo (le date sono indicate a sinistra, nell'asse delle ascisse). Viene inoltre indicato, con le barre impilate, l'epoca e l'entità dei voli primaverili di *B. oleae*. Il grafico mostra che l'output del modello (epoca predetta del completamento del ciclo uovo-adulto) simula in modo soddisfacente il dato dei voli osservato in campo



Quanto sopra ha consentito di passare alla fase successiva del lavoro che ha previsto l'utilizzo della somma termica anche a scala territoriale regionale. In questo caso, preso atto del dato di ovideposizione a ottobre, rilevato sulla rete regionale (Tabella 2), è stata considerata per l'inizio del calcolo della somma termica, la data del 15 ottobre.

Analisi qualità della spazializzazione del dato di *output* del modello gradi-giorno a scala regionale

Sono state eseguite le analisi dell'affidabilità del modello di spazializzazione considerando il valore di R^2 nei diversi casi (Tabella 3).

Il modello migliore in assoluto (n. 5 con $R^2 = 0,75$) prende in considerazione la distanza dal mare, la quota e l'esposizione, anche se mostra una affidabilità simile a quella del modello che utilizza quota e distanza dal mare (n. 3 con $R^2 = 0,72$). Considerato che l'esposizione ha una influenza a scala territoriale olivata di dettaglio e che l'obbiettivo del lavoro era di creare delle fasce a vasta scala territoriale si è scelto di procedere utilizzando il modello 3.

Tabella 3. Dati relativi al test eseguito sui diversi modelli di spazializzazione utilizzati e risultato ottenuto, espresso in R^2, utilizzato per la scelta del modello da impiegare a scala regionale

Modello di spazializzazione		R^2 corretto
n.	descrizione	
1	Giorno giuliano ~ log(altitudine)	0,58
2	Giorno giuliano ~ log(distanza dal mare)	0,65
3	Giorno giuliano ~ log(distanza dal mare* altitudine)	0,72
4	Giorno giuliano ~ cos(esposizione)	0,06
5	Giorno giuliano ~ log(distanza dal mare* altitudine) + cos(esposizione)	0,75

Individuazione aree omogenee per lo sviluppo della generazione autunnale-primaverile di *B. oleae* a scala regionale

Il lavoro condotto ha permesso di individuare delle aree definite omogenee per quanto riguarda il rapporto insetto-ambiente, così come spiegato dal ciclo di sviluppo di *B. oleae* durante il periodo autunnale-primaverile. Questo ha portato a ipotizzare, alla fine della fase sperimentale, nel 2011, la modifica della delimitazione delle aree in cui individuare i punti di monitoraggio, che tenevano conto soprattutto di confini amministrativi (Figura 4). Pertanto è stato progettato dalla Scuola S. Anna di Pisa, assieme al CAAR, un'ipotesi di lavoro che vedeva il passaggio da "Areali" a "Fasce" (Figura 4). Questa ipotesi di lavoro è stata illustrata ai tecnici che lavorano da anni al monitoraggio in Liguria i quali hanno presentato le loro osservazioni, recepite le quali si è passati alla costruzione della "Zonizzazione in Fasce" del territorio olivato da monitorare. Tale zonizzazione è stata poi divulgata presso gli olivicoltori in modo che non trovassero difficoltà ad identificare la collocazione della propria azienda e ottenere le informazioni settimanali dal servizio "Bollettino Olivo", eseguito su base geografica.

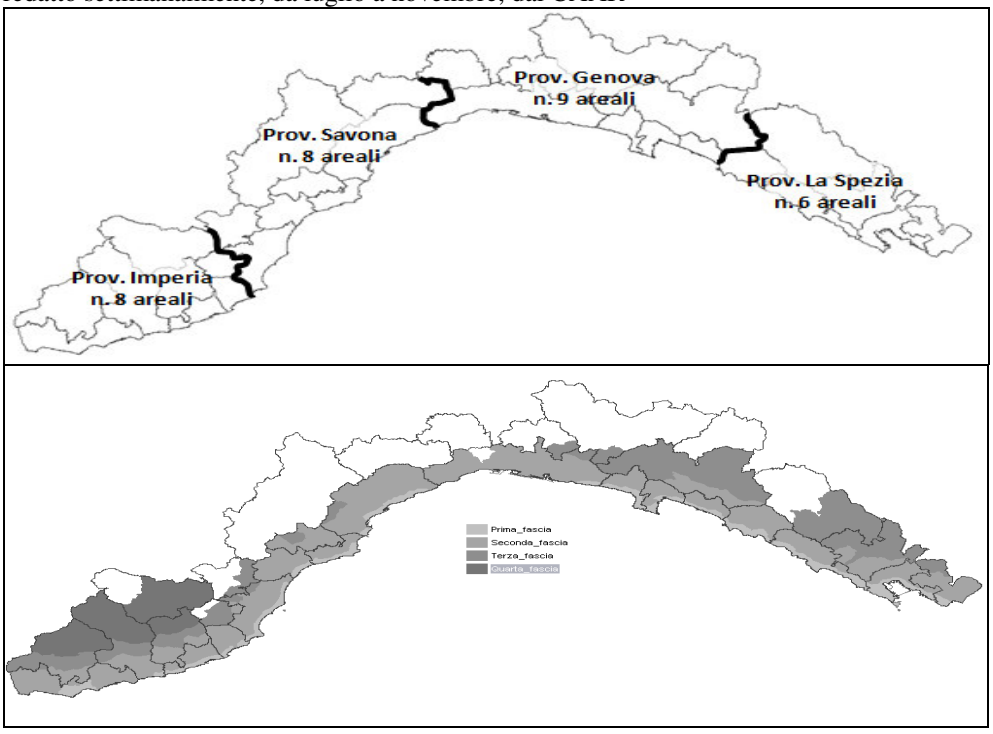
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La zonizzazione, a diversa scala territoriale del rischio di presenza, di infestazione e danno provocato dagli insetti fitofagi è sicuramente un obiettivo fondamentale sia nella progettazione e gestione delle reti di monitoraggio fitosanitario che per fornire un servizio utile agli agricoltori. Al riguardo è molto importante essere in possesso di tecniche e strumenti di analisi dei dati che consentano di lavorare a questo obiettivo. Infine, spesso, in tale ambito è importante migliorare le conoscenze sulla biologia del fitofago grazie alle quali è possibile provare a creare innovazione sia nell'ambito dell'utilizzo dei modelli di simulazione come pure in quello della difesa. Per quanto riguarda la mosca delle olive, le maggiori conoscenze sul ciclo biologico del fitofago durante il periodo autunnale - primaverile, in cui solitamente è poco studiato, ha consentito di ipotizzare e poi applicare, in Liguria, una nuova metodologia di zonizzazione del territorio olivato, in funzione del rischio di attacco dacico. L'ipotesi che fino ad oggi è stata utilizzata nella zonizzazione è che il rapporto tra la mosca delle olive e l'ambiente di coltivazione sia in funzione sia dell'ospite (oliva) come pure dei parametri climatici (temperatura). E questo avviene, solitamente da luglio a ottobre.

Nel presente lavoro viene formulata una nuova ipotesi basata sulla considerazione che in assenza delle olive, dopo la loro raccolta, l'insetto è ancora più condizionato dalla temperatura. Infatti nel periodo autunnale – primaverile *B. oleae* riesce a compiere solo una generazione, in gran parte sotto forma di pupa nel suolo e che è molto condizionata dalle temperature. Quindi nel periodo autunnale - primaverile il rapporto insetto-ambiente di coltivazione, mediato dalla temperatura, è molto stretto. Questa ipotesi, dimostratasi valida in

Liguria, consente di utilizzare il modello fenologico gradi-giorno, per simulare una fase molto importante del ciclo stesso e cioè la presenza degli adulti a partire dai primi voli. Il risultato consente poi di utilizzare basi di dati e strumenti software idonei per trasferire le conoscenze a realtà territoriali più o meno grandi (provincie o regioni).

Figura 4. Mappa con la rappresentazione della zonizzazione olivicola della regione Liguria in Areali (sopra) e Fasce (sotto), queste ultime sono utilizzate nell'ambito del "Bollettino olivo" redatto settimanalmente, da luglio a novembre, dal CAAR



La fase di lavoro prospettata deve sempre tener conto delle caratteristiche pedo-climatiche del territorio in studio. Si ritiene comunque che elementi quali quota altimetrica e distanza dal mare, così come in Liguria, possano essere validi anche in altre Regioni per descrivere il rapporto insetto-ambiente di coltivazione dell'olivo. Invece le classi per descrivere altimetria e distanza dal mare e la relativa numerosità delle fasce climatiche devono essere scelte caso per caso. Le 4 classi individuate e utilizzate per la Liguria, sono quindi una caratteristica del territorio regionale. È importante evidenziare come la metodologia descritta nel lavoro ha finito per fornire strumenti operativi al CAAR-Regione Liguria, che, a partire dal 2011, utilizza il risultato di queste ricerche per il servizio "Bollettino Olivo".

La metodologia descritta può essere trasferita facilmente ad altre realtà, purché i vari attori (ricercatori, mondo dei servizi e tecnici esperti che lavorano sul territorio) collaborino nelle varie fasi di lavoro.

Infine si ritiene importante evidenziare che il modello gradi-giorno, a partire dalle ovideposizioni autunnali, può essere uno strumento molto utile nella previsione dei voli primaverili di *B. oleae* e quindi essere di supporto nell'ambito di eventuali progetti di difesa adulticida contro la prima generazione annuale del dittero.

Ringraziamenti
Si ringraziano i tecnici che lavorano con la Regione Liguria, Diego Passaniti, Claudio Merlini, Giuseppe Errera, Enrico Cafici e Adriano Monticelli che, negli anni, hanno eseguito il monitoraggio sulle infestazioni della mosca delle olive nelle quattro provincie. Grazie al loro lavoro è stata creata la base di dati su cui è possibile eseguire analisi di scenario a scala regionale. Si ringrazia inoltre Massimiliano Ghironi del CAAR-Regione Liguria per il contributo nell'organizzazione dei dati, necessaria per le successive elaborazioni.

LAVORI CITATI

Belcari A., Raspi A., Crovetti A., 1989. Studies for the realisation of a regional chart of dacic risk, based on climatic, phenological and biological parameters. *In*: R. Cavalloro (ed.): Fruit Flies of ecomic importance, *Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium/Rome, Italy, 7-10 April 1987*, Rotterdam A.A. Balkema, 49-60

Chesi F., Quaglia F., 1982. Ricerche sulle metodologie di campionamento per la valutazione dell'infestazione dacica. Confronto delle varianze in un campione ampio e in uno ridotto. Studi preliminari in due anni di sperimentazione condotti ad Asciano Pisa (1980-1981). *Frustula Entomologica*, n.s.V(XVIII), 243-254

Crovetti A., Quaglia F., Loi G., Rossi E., Malfatti P., Chesi F., Conti B., Belcari A., Raspi A., Paparatti B., 1982. Influenza di temperatura e umidità sullo sviluppo degli stadi preimaginali di *Dacus oleae* (Gmelin). *Frustula Entomologica*, n.s. V(XVIII), 133-166

Guidotti D., Barichello R., Rizzi I., Petacchi R., 2002. Progettazione, sviluppo e applicazione di un Sistema di Supporto alle Decisioni (DacoLig) per la gestione del monitoraggio della mosca delle olive. *Notiziario sulla Protezione delle Piante* N.15 (N.S.), 97-104

Guidotti D., Ragaglini G., Petacchi R., 2003. Analysis of spatio-temporal *Bactrocera oleae (Diptera, Tephritidae)* infestation distributions obtained from a large-scale monitoring network and its importance to IPM. *IOBC Bulletin*, *IOBC/wprs Study Group "Integrated Control in Olives*", Vol.28(9), 2005, 13-18

Quaglia F., Malfatti P., Conti B., 1981. Modalità diverse per la valutazione dell'infestazione dacica. Esame preliminare dei risultati ottenuti nella sperimentazione condotta nel 1980 in Toscana. *Frustula Entomologica*, n.s. IV(XVII), 267-276

Ragaglini G., Tomassone D., Petacchi R., 2005. Can spring-preventive adulticide tratements be assumed to improbe *Bactrocera oleae* (Rossi) management? *2nd European Meeting of the IOBC/WPRS Study Group "Integrated Protection of Olive Crops"*. Florence, Italy, October 26-28, 87-92

Reyneri L.M., Bellei E., Rizzi I., Guidotti D., Petacchi R., 2002. Applicazione di tecniche neuro-fuzzy di classificazione, valutazione e previsione in agricoltura. *Notiziario sulla protezione delle piante,* 15, 371-377

Sacchetti P., Belcari A., Orlandini S., Dalla Marta A., 2002. La mosca delle olive, *Bactrocera oleae* (Gmelin): simulazione di sviluppo per la caratterizzazione del rischio nelle aree olivicole toscane. *Notiziario sulla protezione delle Piante*, 15, 361-370