

ORGANIZZAZIONE E ANALISI DELLA BANCA DATI DECENNALE SU *BACTROCERA OLEAE* IN TOSCANA

R. PETACCHI¹, D. GUIDOTTI², S. MARCHI¹, M. RICCIOLINI³

¹Scuola Superiore Sant'Anna, Istituto Scienze della Vita, Pisa

²Aedit srl, Pontedera

³Servizio Fitosanitario Regionale, Regione Toscana, Firenze

r.petacchi@sssup.it

RIASSUNTO

La stretta relazione e l'interdipendenza fra livelli d'infestazione della mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae*) e condizioni ambientali spingono allo sviluppo di sistemi di monitoraggio che prevedano l'uso di tecnologie informatiche. Nell'ultimo decennio, la Regione Toscana, la Scuola Superiore Sant'Anna e Aedit s.r.l. hanno implementato una rete di monitoraggio della fenologia e delle condizioni fitosanitarie dell'olivo in Toscana, costituita da oltre 200 punti. L'organizzazione di uno specifico portale informatico ha facilitato la pronta consultazione dei dati d'infestazione territoriale da parte degli agricoltori, dei professionisti e dei tecnici e la pubblicazione on-line dei bollettini a cadenza settimanale. Le serie storiche di dati della rete agrometeorologica regionale consentono, infine, lo studio delle interazioni fra biologia e variazioni spazio-temporali della popolazione dell'insetto, in funzione dell'andamento climatico. Lo sviluppo di indici agrometeorologici per predire l'infestazione integra e amplia la gamma di informazioni, dati, servizi, e previsioni che la Regione Toscana mette a disposizione degli imprenditori agricoli per promuovere un'agricoltura sostenibile.

Parole chiave: mosca dell'olivo, rete di monitoraggio, indici agrometeorologici

SUMMARY

ORGANIZATION AND ANALYSIS OF THE TEN-YEAR DATABASE OF *BACTROCERA OLEAE* IN TUSCANY

The close relationship and interdependence between levels of olive fly (*Bactrocera oleae*) infestation and environmental factors lead to the development of monitoring systems involving the use of computer technology. In the last decade, the Regione Toscana, the Scuola Superiore Sant'Anna and Aedit s.r.l. have implemented a monitoring network of phenology and phytosanitary conditions of olive trees in Tuscany, made of over 200 points. The development of a specific web portal has facilitated the prompt consultation of the infestation data on a territorial basis by farmers, consultants and technicians, and online publication of bulletins on a weekly basis. The historical data of the regional agro-meteorological network eventually allowed the study of the interactions between biology and spatial and temporal variations of the insect population, depending on weather conditions. The development of agro-meteorological indices to predict the infestation integrates and expands the range of information, data, services, and forecasts that the Regione Toscana makes available to farmers to promote sustainable agriculture.

Keywords: olive fruit fly, monitoring network, agrometeorological indices

INTRODUZIONE

Bactrocera oleae (Rossi) è l'insetto chiave nella difesa fitosanitaria dell'olivo in Toscana. Questo dittero può determinare perdite di raccolto rilevanti per la cascola prematura delle drupe infestate e per l'abbassamento della qualità delle olive e dell'olio. In corrispondenza di andamenti climatici favorevoli allo sviluppo della mosca che si verificano in alcune annate, e

con tecniche agronomiche non idonee applicate negli oliveti, l'infestazione può raggiungere livelli particolarmente alti.

Lo stretto legame fisiologico fra l'olivo e la mosca rende l'evoluzione dell'infestazione un possibile indicatore del cambiamento climatico, insieme con l'andamento della fenologia dell'olivo (Osborne *et al.*, 2000) per l'area Mediterranea (Ponti *et al.*, 2009), particolarmente sensibile al riscaldamento globale (Giorgi e Lionello, 2008).

Nonostante ricerche pluriennali sulla biologia della mosca siano state condotte in Toscana a grande scala territoriale (e.g., Orlandini, 2002; Ragaglini e Petacchi, 2004; Ragaglini *et al.*, 2005, Sacchetti *et al.*, 2002), l'influenza dei fattori climatici sullo sviluppo e la distribuzione dell'insetto, anche in relazione al suo ospite, rimane incerta (Gutierrez *et al.*, 2009, Ponti *et al.*, 2009). In particolare, la proiezione temporale del rischio d'infestazione risente ancora dei limiti dovuti ad approcci previsionali il più delle volte puramente climatici. La fluttuazione interannuale della mosca di solito è correlata con la fenologia dell'olivo e con la carica dei frutti dell'anno, e forse anche dell'anno precedente, e quindi ha forti ripercussioni socio-economiche oltre che agro-ecologiche.

La mosca dell'olivo è anche influenzata da fattori legati alle pratiche agronomiche e alle condizioni pedoclimatiche a piccola scala territoriale, che possono almeno in parte giustificare gli attacchi del fitofago nelle diverse aree olivicole. Mentre le variabili fisiche, come la temperatura, l'umidità, e le precipitazioni, sono facilmente misurabili, l'impatto di queste sulla popolazione degli insetti è di più difficile determinazione. Sarà possibile predire più precisamente l'andamento dell'infestazione della mosca a scala regionale solo attraverso maggiori conoscenze sui meccanismi biometeorologici alla base della dinamica della popolazione.

Un valido aiuto al superamento di queste limitazioni può derivare dall'uso di modelli predittivi che includano requisiti fisiologici, parametri climatici e le interazioni fra specie (Ponti *et al.*, 2009). Lunghe serie di dati sono fondamentali per portare la luce su questi meccanismi. In tal senso, un'effettiva applicazione dei modelli previsionali potrebbe beneficiare delle informazioni pluriennali desunte dai programmi di assistenza tecnica operativi nelle diverse realtà olivicole. In particolare, l'interrogazione di queste banche dati potrebbe arricchire la ricerca degli indici agrometeorologici per predire l'intensità dell'attacco, e quindi agevolare la programmazione della difesa già nelle prime fasi di sviluppo dell'insetto. Una maggiore conoscenza delle relazioni fra condizioni microclimatiche e andamento spaziale e temporale dell'infestazione aiuterebbe ad attrezzare in anticipo le aree dove solitamente non vengono fatti trattamenti per la scarsa pressione delle popolazioni.

In questo lavoro viene presentata un'analisi preliminare del database che riguarda di 13 anni di infestazione della mosca dell'olivo in Toscana, utilizzando dati provenienti dal monitoraggio in campo.

MATERIALI E METODI

Rete di monitoraggio mosca dell'olivo

In Toscana, dal 2001, è attiva una rete di monitoraggio per l'infestazione di *B. oleae*. Il protocollo di campionamento, è stato adattato dalla Scuola Superiore Sant'Anna alla realtà operativa Toscana utilizzando la metodologia del campione settimanale "ridotto" di una drupa per pianta (Quaglia *et al.*, 1981; Chesi e Quaglia, 1982) con il prelevamento di 100 drupe per ciascun oliveto. La scelta degli oliveti è stata fatta dai tecnici delle associazioni olivicole operanti nell'area in base alla rappresentatività, alla disponibilità dell'azienda a essere sede di campionamento e a seguire il disciplinare di agricoltura integrata della Regione Toscana (L.R. 25/99 e successivi aggiornamenti) che prevede l'intervento larvicida solo al superamento della

soglia del 10% di infestazione attiva (uova, larve di prima e di seconda età vive) sul campione totale.

La campagna di monitoraggio dell'infestazione parte solitamente nella terza settimana di luglio e prosegue fino alla terza settimana di ottobre, con un anticipo di una o due settimane nelle province della costa rispetto a quelle interne. Dopo che l'azienda ha effettuato un trattamento insetticida il rilievo viene interrotto per due settimane.

Le associazioni olivicole (OTA, APOT, ASSOPROL Firenze) hanno effettuato il monitoraggio in campo con i fondi comunitari per il Miglioramento della Qualità dell'Olio (dal 2001 al 2011), e poi nel 2012 e 2013 con i fondi regionali del Servizio Fitosanitario Regionale della Toscana.

Il Sistema di Supporto alle Decisioni on-line

Il sistema, realizzato dalla Regione Toscana con il supporto scientifico della Scuola Superiore Sant'Anna e di Aedit srl (Spin-off della Scuola Sant'Anna) è consultabile *on-line* sulle pagine di Agroambiente.info, il portale della Regione Toscana per il monitoraggio agro ambientale (Ricciolini e Guidotti, 2004). Il sistema di supporto alle decisioni (DSS) è uno strumento per facilitare agricoltori, consulenti e tecnici nella gestione sostenibile delle aziende agrarie, attraverso la visualizzazione dell'andamento dell'infestazione e la diffusione di bollettini provinciali a cadenza settimanale.

Studio di Indici

Per testare indici agrometeorologici utili a stabilire l'influenza dell'andamento climatico sul livello di rischio di infestazione da mosca, per la ricerca di predittori dell'infestazione futura, è stato considerato il ciclo annuale della mosca dell'olivo. *B. oleae* è una specie polivoltina che sverna allo stato di pupa nel suolo. Il completamento della generazione svernante avviene in primavera quando si verifica il volo degli adulti, documentato in alcune località della Toscana nei mesi di marzo e aprile (e.g., Ragolini *et al.*, 2005). Da luglio (quando la drupa diventa recettiva, a partire dalla fase d'indurimento del nocciolo) a fine ottobre avviene il periodo d'interazione drupa – insetto, in cui possiamo avere contemporaneamente tutti gli stadi di sviluppo della mosca (da uovo ad adulto). Le uova ovideposte in ottobre sono quelle che sviluppano in forme svernanti. Il ciclo annuale della mosca è stato pertanto diviso in tre fasi: 1. Dal 1 luglio al 31 ottobre - interazione insetto-oliva; 2. Dal 1 novembre al 28 febbraio – svernamento; 3. Dal 1 marzo al 31 maggio - volo adulti.

Partendo dalla biologia dell'insetto sono stati predisposti indici agrometeorologici per prevedere l'andamento e l'intensità dell'attacco sull'olivo in Toscana, considerando le esigenze ambientali della mosca durante il suo ciclo annuale. La temperatura è il fattore ambientale che più condiziona il ciclo di questo dittero, sia le massime estive come pure le minime invernali. Oltre alla temperatura, anche le precipitazioni hanno effetto sul ciclo, infatti in caso di sofferenza idrica dell'olivo, la scarsa turgidità rende la drupa meno recettiva all'ovideposizione dell'insetto. Nel periodo invernale, l'andamento delle precipitazioni potrebbe influenzare la sopravvivenza della pupa svernante nel terreno.

Indici agrometeorologici

Gli indici agrometeorologici sono stati calcolati per gli anni 2001-2013 con i dati rilevati dalle stazioni della rete agrometeorologica della Regione Toscana. Dalle oltre 130 stazioni che costituiscono la rete regionale sono state tolte quelle posizionate nei centri abitati, quelle poste a quota superiore a 600 metri s.l.m. (limite di coltivazione dell'olivo in Toscana) e, nel calcolo

quelle che in un determinato anno avevano dati incompleti (meno di 350 giorni di registrazione). Le stazioni con più di tre anni mancanti sono state escluse dalla serie.

Per i 3 periodi in cui è stato diviso il ciclo annuale della mosca sono stati calcolati temperatura media, temperatura massima media, temperatura minima media e precipitazioni totali. Nella Tabella 1 sono sintetizzati gli indici utilizzati. Nel primo periodo (inizio infestazione – da luglio a ottobre) possono essere distinti parametri (indici) intesi come limitanti l'infestazione e parametri favorevoli allo sviluppo dell'insetto.

Tabella 1. Indici meteorologici, agrometeorologici e di infestazione

Indici meteo e agrometeo	Periodo	Parametro utilizzato
Ptot Gen - Mar	gennaio marzo	Pioggia (mm)
Ptot Lug - Set	luglio settembre	Pioggia (mm)
Ptot Mar - Set	marzo settembre	Pioggia(mm)
Ptot Nov - Feb	novembre febbraio	Pioggia (mm)
Tmedia annuale	gennaio dicembre	Temperatura media (°C)
Tmedia Lug - Ott	luglio ottobre	Temperatura media (°C)
Tmed Mar - Mag	marzo maggio	Temperatura media (°C)
Tmed Nov - Feb	marzo maggio	Temperatura media (°C)
Tmin Mar - Mag	marzo maggio	Temperatura minima (°C)
N° giorni con temperatura massima superiore a 30°	luglio ottobre	Temperatura massima (°C)
Sommatoria termica con soglia inferiore 30 °C	luglio ottobre	Temperatura massima (°C)
N° giorni di gelo Mar - Mag	marzo maggio	Temperatura minima (°C)
N° giorni di gelo Nov - Feb	marzo maggio	Temperatura minima (°C)
Sommatoria termica inversa 9 °C	novembre febbraio	Temperatura media (°C)
Generazioni teoriche annuali	gennaio novembre	Temperatura media (°C)
Generazioni teoriche Lug - Ott	luglio ottobre	Temperatura media (°C)
Generazioni teoriche Apr - Giu	aprile giugno	Temperatura media (°C)
ET0	marzo settembre	Temperatura mas e min (°C)
BIC	marzo settembre	Piogge – ET0 (mm)
Indici infestazione mosca	Periodo	Parametro utilizzato
Infestazione attiva annuale	luglio ottobre	uova + larve di I età vive + larve di II età vive
Infestaz attiva Lug - Ago	luglio agosto	uova + larve di I età vive + larve di II età vive
Infestaz forme giovanili Lug - Ago	luglio agosto	uova + larve di I età vive e morte + larve di II età vive e morte
Infestaz dannosa Set - Ott	settembre ottobre	larve di III età vive e morte + pupae vive e pupae morte + fori di uscita

Come indici limitanti sono stati scelti: numero di giorni con temperatura massima giornaliera superiore a 30 °C, sommatoria termica con soglia inferiore pari a 30 °C che meglio specifica l'intensità del periodo caldo. Come indice favorevole è stato scelto il numero delle generazioni teoriche, ovvero la sommatoria termica, con soglia inferiore di sviluppo pari a 9 °C (zero di sviluppo), diviso 380 che è il fabbisogno termico per il completo sviluppo della mosca (Crovetti *et al.*, 1982)). Nel periodo successivo, di svernamento, sono stati considerati il numero di giorni di gelo (temperatura minima inferiore a 0 °C) e la sommatoria termica inversa con soglia 9 °C, ovvero una valutazione dell'intensità del freddo. Nel terzo periodo, quello primaverile (marzo - maggio), è stato scelto il numero di giorni gelo (Tmin < 0 °C) per

valutare eventuali ritorni di freddo primaverili, che possono aver influito sul volo primaverile, e il numero di generazioni teoriche.

Come indice della disponibilità idrica dei suoli sono state calcolate le piogge totali e il bilancio idroclimatico (BIC) ovvero la differenza tra le precipitazioni cumulate e l'evapotraspirazione di riferimento (ET₀) calcolata con il metodo di Hargreaves e Samani per il periodo estivo e primaverile.

Indici intensità attacco mosca

Come indici d'infestazione mosca sono stati calcolati dal database pluriennale della regione Toscana: media della percentuale di infestazione attiva settimanale su tutta la campagna di monitoraggio; media della percentuale di infestazione attiva settimanale di luglio e agosto; media della percentuale settimanale di forme giovanili vive e morte in luglio e agosto; media della percentuale di infestazione dannosa settimanale in settembre e ottobre (Tabella 1).

Sono state escluse dal database le aziende che avevano un numero di rilievi inferiore a 6 e che avevano un periodo di monitoraggio che non comprendeva il periodo metà agosto - fine settembre.

Correlazioni

Il livello di aggregazione per gli indici meteo, agrometeo e di infestazione è stato a scala provinciale. I dati sono visualizzabili sul DSS, e la redazione dei bollettini settimanali sull'andamento dell'infestazione avviene a livello provinciale. Pur non mantenendosi le stesse aziende per i 13 anni di osservazione, si è mantenuto il protocollo di monitoraggio e la distribuzione territoriale delle aziende monitorate.

In questo lavoro viene riportato un esempio dell'approccio usato per le correlazioni fra i vari indici testati ovvero la regressione tra la sommatoria termica inversa sotto 9 °C e l'infestazione delle forme giovanili in luglio ed agosto (i valori della percentuale di infestazione sono stati trasformati in arcoseno affinché fosse rispettata l'assunzione di distribuzione normale).

RISULTATI

Consistenza della rete agrometeorologica

I dati disponibili della rete agrometeorologica utilizzata per questo studio sono stati estratti da 82 stazioni distribuite nelle province toscane (Tabella 2). Di queste, poco meno della metà (39 stazioni) presentano dati completi di pioggia e temperatura dal 2001 al 2013; 24 stazioni hanno un anno mancante, 10 stazioni hanno 2 anni mancanti e 9 stazioni mancano di 3 anni di dati.

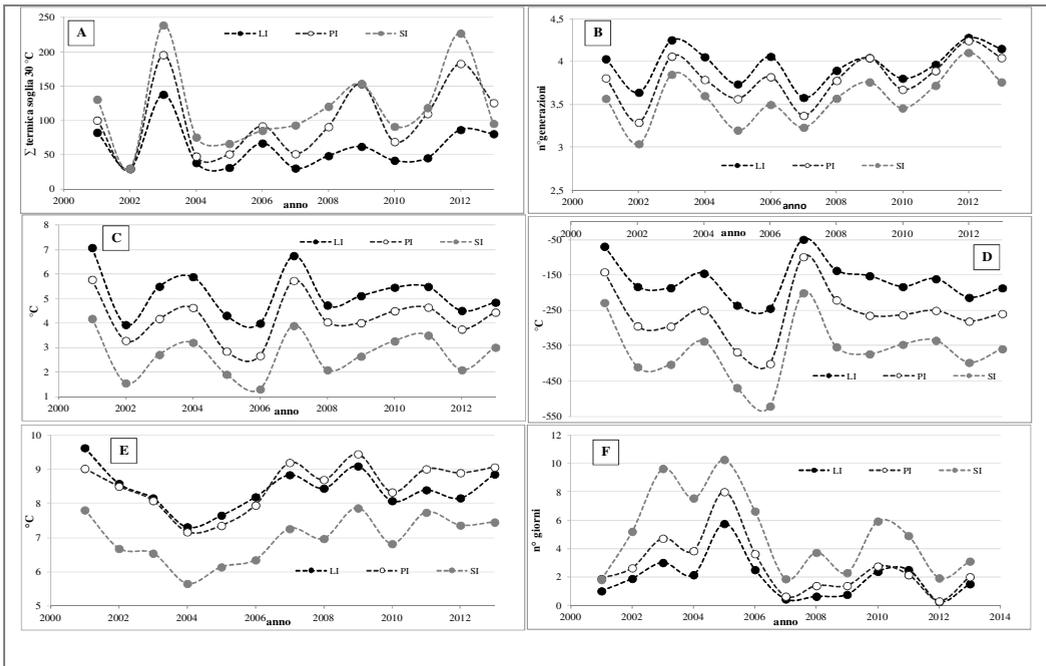
Tabella 2. Consistenza della rete agrometeorologica

Provincia	N° stazioni totali analizzate	Stazioni complete 13 anni	Stazioni con un anno mancante	Stazioni con 2 anni mancanti	Stazioni con 3 anni mancanti
Arezzo	6	2	3		1
Firenze	14	7	4	3	
Grosseto	17	8	6	3	
Livorno	8	4	4		
Lucca	9	5		2	2
Pisa	8	4	3		1
Pistoia	3	2			1
Prato	4	2	1		1
Siena	13	5	3	2	3
TOT	82	39	24	10	9

Andamento indici meteo e agrometeorologici

Degli indici calcolati a scala regionale, sono riportati solo una selezione rappresentativa degli andamenti nei tre periodi di riferimento del ciclo annuale della mosca per le province di Livorno, Pisa e Siena, seguendo un gradiente da territori prevalentemente costieri ed elevata intensità di infestazione e con un livello di attacco da mosca generalmente alto, a territori completamente interni e con livello di infestazione di solito basso. L'indice sommatoria termica con soglia inferiore di 30 °C calcolato da luglio ad ottobre conferma che nel 2003 e nel 2012 abbiamo avuto le estati più calde nelle province di Pisa, Livorno e Siena (Figura 1 A), visibile anche nel numero di generazioni teoriche (Figura 1 B) in quanto è stata raggiunta la quarta generazione. Per il periodo di svernamento, l'andamento della temperatura minima (Figura 1 C) e la sommatoria termica della temperatura media sotto 9 °C (Figura 1 D) mostrano che tra gli inverni più miti si distinguono il 2007 ed il 2001. Nel periodo primaverile, l'andamento della temperatura minima conferma la mitezza del 2007 e 2001, ed evidenzia il 2009 come annata dalla primavera piuttosto calda (Figura 1 E); il numero di giorni di gelo rileva come ci sono stati ritorni di freddo primaverili negli anni 2003 e 2005 (Figura 1 F).

Figura 1. Andamento di alcuni indici meteo – agrometeorologici nelle province di Livorno, Pisa e Siena negli anni 2001 – 2013. A, sommatoria termica con soglia inferiore pari a 30 °C nel periodo luglio - ottobre; B, numero delle generazioni teoriche nel periodo luglio – ottobre; C, andamento della temperatura minima nel periodo novembre (anno precedente) – febbraio; D, sommatoria termica delle temperature sotto i 9 °C nel periodo novembre (anno precedente) – febbraio; E, andamento della temperatura minima nel periodo marzo – maggio; F, numero di giorni di gelo nel periodo marzo – maggio



Andamento dell'infestazione

Sono stati calcolati tutti gli indici dell'infestazione della Tabella 1 per gli anni dal 2001 al 2013 dal database del Servizio Fitosanitario Regionale. L'infestazione di luglio e agosto (Figura 2) mediata a livello regionale mostra come il 2007 e il 2001 siano stati gli anni in cui si è avuto il maggiore attacco dell'insetto alla produzione olivicola della toscana. Le province in cui è stato più elevato sono Lucca, Livorno, Grosseto e Pisa (Figura 3).

Figura 2. Andamento dell'indice di infestazione da forme giovanili in luglio e agosto negli anni 2001 – 2013, rappresentato secondo una distribuzione box-plot

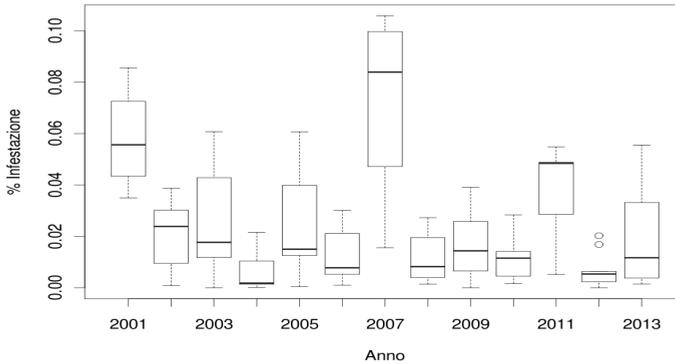
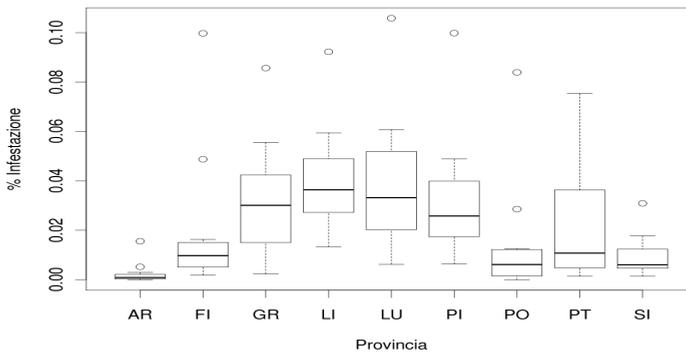


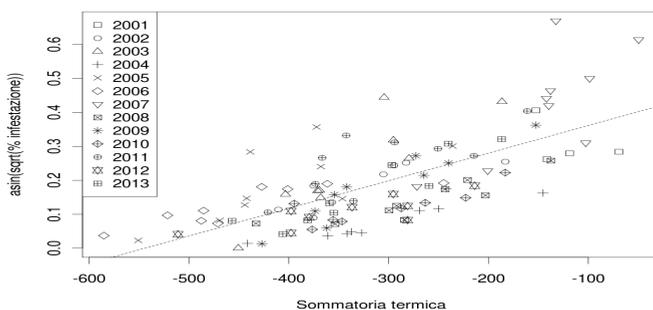
Figura 3. Andamento dell'indice di infestazione da forme giovanili in luglio e agosto nelle province Toscane negli anni 2001 – 2013, rappresentato secondo una distribuzione box-plot



Prime correlazioni

La correlazione ottenuta tra la sommatoria termica sotto 9 °C del periodo svernamento e l'arcoseno della radice della percentuale d'infestazione (forme giovanili vive e morte) di luglio e agosto è positiva (Figura 4). Questa relazione è rappresentativa di un'analisi complessiva di tutti gli indici utilizzati.

Figura 4. Correlazione tra sommatoria termica sotto 9 °C nel periodo novembre (anno precedente) – febbraio e l’arcoseno della radice quadrata dell’infestazione da forme giovanili in luglio e agosto, $y = 0,0008x + 0,4413$, $R^2 = 0,49$



DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti suggeriscono una correlazione fra gli andamenti temporali dell’infestazione di *B. oleae* e i principali indici agro-climatici e meteorologici (regime termico in particolare), quantunque la natura preliminare di questo studio richieda il proseguimento delle ricerche.

La distribuzione della mosca dell’olivo in Toscana, come in altre aree del Mediterraneo, è in genere limitata dalle basse temperature nelle aree interne e più elevate, mentre le alte temperature estive permettono lo sviluppo di popolazioni consistenti solo nelle aree più miti, costiere. Le alte temperature estive aumentano la mortalità, influiscono sulla fertilità delle femmine e, in generale, diminuiscono la riproduzione della mosca. Da una prima analisi delle informazioni raccolte durante le campagne di monitoraggio in Toscana, risulta che le basse temperature nel periodo invernale agiscono da fattore limitante per il fitofago più delle alte temperature del periodo estivo. Pertanto la conservazione della popolazione svernante condiziona l’entità delle generazioni successive.

In California, Wang *et al.*, 2013, hanno osservato che la sopravvivenza delle popolazioni durante l’inverno era influenzata dall’umidità del suolo, ed era minore nelle aree interne più fredde rispetto alle zone costiere. Durante l’inverno, nelle aree interne della California, gli adulti sopravvivevano fino a 4-6 mesi, quando il cibo era disponibile. Le femmine possono ovideporre nel tardo autunno e all’inizio dell’inverno sui frutti non raccolti (o al suolo) e, sebbene la probabilità di sopravvivenza delle uova sia bassa, una parte della popolazione svernante può raggiungere lo stadio adulto nella primavera successiva. Orlandini *et al.*, 2002, mettendo in relazione le temperature misurate nelle stazioni meteorologiche e nel terreno a diverse profondità, hanno osservato che la variazione tra le temperature medie e minime misurate nei primi cm di profondità del suolo è compresa tra 1 e 2 °C, più alta nel terreno; negli strati superficiali del terreno si hanno escursioni termiche simili a quelle dell’aria mentre gli strati più profondi la variabilità si riduce.

La percentuale di sopravvivenza delle popolazioni di mosca dell’olivo in inverno è, quindi, negativamente correlata alle temperature minime. In effetti, lo svernamento rappresenta spesso il *bottleneck* nella dinamica degli insetti dannosi a causa della mancanza dell’ospite primario e/o per le condizioni ambientali in quel periodo (Lindblad e Solbreckt, 1998). Sebbene le temperature considerate letali per le pupe siano raramente registrate in ambiente toscano e alle quote in cui vegeta l’olivo, il permanere delle pupe svernanti prevalentemente negli strati più

superficiali del terreno, 1,5 cm (Dimou *et al.*, 2003), le espone all'effetto delle basse temperature, specie in inverni particolarmente rigidi. In questo quadro, la tendenza al riscaldamento globale, già avvertito nell'area Mediterranea, potrebbe estendere il *range* di sopravvivenza della mosca dell'olivo anche in aree tradizionalmente poco soggette a forti infestazioni (aree interne più elevate), ma potrebbe altresì limitare i rischi in aree particolarmente calde dove l'effetto mitigatore del mare è minore (Chessa e Delitala, 1997).

L'andamento degli indici meteorologici e agrometeorologici mostra la variabilità interannuale nelle risorse termiche delle province toscane, con probabili ripercussioni sull'andamento dell'infestazione della mosca nelle varie annate. La variabilità dell'andamento climatico temporale e spaziale dimostra quanto sia importante il monitoraggio continuo della fenologia della mosca dell'olivo, a livello locale (microclima) e regionale (macroclima), per scegliere e ottimizzare le strategie di gestione della difesa. Sebbene questi dati siano ancora in fase di elaborazione, essi forniscono già le basi per continuare lo studio sui rapporti fra condizioni meteorologiche, biologia dell'insetto, biologia dell'olivo, e lotta integrata.

Nonostante che nelle aree costiere della Toscana l'intensità dell'attacco della prima generazione sia sempre stata alta, nelle annate con inverni miti (2007), anche nelle aree interne in cui l'attacco è solitamente basso, sono stati registrati preoccupanti livelli di infestazione, con importanti ripercussioni sulla qualità delle drupe e sulla produzione di olio. La variabilità interannuale dell'infestazione deve essere considerata nel prevedere i rischi di danno alla produzione delle diverse aree regionali e, quindi, programmare un'efficace gestione della difesa nelle aziende agricole. In questo senso, l'utilizzo di sistemi informatici per veicolare rapidamente le previsioni agli utenti può garantire il necessario livello di personalizzazione delle informazioni e parallelamente mantenere un elevato grado di precisione e affidabilità dei risultati dell'elaborazione.

La gestione a scala locale della difesa, in un quadro climatico variabile, può beneficiare dell'utilizzo di banche dati regionali per l'assistenza tecnica. Queste, infatti, consentono di estrapolare informazioni su una scala spaziale e temporale sufficientemente ampia che difficilmente sarebbero ottenibili con esperimenti specifici.

L'attacco della mosca è da mettere in relazione con la fenologia del frutto e la fluttuazione dell'entità delle popolazioni del dittero è generalmente correlata con la produzione, e in entrambi i casi giocano un ruolo importante le condizioni meteorologiche avverse nel breve periodo (anno di carica - basso livello d'infestazione, anno di scarica - elevato livello d'infestazione). Le relazioni ottenute fra l'infestazione di mosca dell'olivo e indici agroclimatici dovranno pertanto essere valutate anche considerando il livello di produzione per ciascun anno, così da poter determinare anche la reale incidenza dell'attacco e ridurre il margine d'incertezza dei modelli previsionali. Gli autori ringraziano le associazioni olivicole e i tecnici (OTA, APOT, ASSOPROL Firenze) che hanno svolto il monitoraggio.

LAVORI CITATI

- 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*, Pisa, n.s.V(XVIII), 243-254
- Chessa, P.A., Delitala, A.M., 1997. Objective analysis of daily extreme temperatures of Sardinia (Italy) using distance from the sea as independent variable. *International Journal of Climatology*, 17, 1467 - 1485
- Crovetti A., Quaglia F., Loi G., Rossi E., Malfatti P., Chesi F., Conti B., Belcarì A., Raspi A., Papparati B., 1982. Influenza di temperatura e umidità sullo sviluppo degli stadi

- preimaginali di *Dacus oleae* (Gmelin). *Frustula Entomologica*, n.s. V(XVIII), 133-166
- Dimou I., Koutsikopoulos C., Economopoulos A.P., Lykakis J. 2003. Depth of pupation of the wild olive fruit fly, *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae), as affected by soil abiotic factors. *Journal of Applied Entomology* 127, 12- 17
- Giorgi F., Lionello P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63, 90 – 104
- Gutierrez A. P., Ponti L., Cossu Q.A. 2009. Effects of climate warming on Olive and olive fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) in California and Italy. *Climate Change* 95, 195–217
- Lindblad M., Solbreckt C., 1998. Predicting *Oscinella fiit* population densities from suction trap catches and weather data. *Journal of Applied Ecology*, 35, 871 – 881
- Orlandini S., Sabatini F., Dalla Marta A., Sacchetti P., Belcari A., 2002. Misura di temperatura delle olive e del terreno per la simulazione dello sviluppo di *Bactrocera oleae*. *Notiziario sulla protezione delle piante*, 15, 355 – 360
- Osborne C.P., Chuine I., Viner D., Woodward F.I., 2000. Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant, Cell & Environment* 23, 701 – 710
- Ponti L., Cossu Q.A., Gutierrez A.P., 2009. Climate warming effects on the *Olea europaea*–*Bactrocera oleae* system in Mediterranean islands: Sardinia as an example. *Global Change Biology*, 15, 2874 –2884
- 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*, Pisa, n.s. IV (XVII), 267-276
- Ragolini G., Petacchi R., 2004. Analisi spaziale e GIS negli studi ecologici della mosca delle olive *Bactrocera oleae* (Rossi) su mesoscala territoriale. *Atti Metodi Numerici, Statistici e Informatici nella Difesa delle Colture Agrarie e delle Foreste: Ricerca e Applicazioni Firenze* 24-26 novembre 2004, pp 96-100
- Ragolini G., Tomassone D., Petacchi R., 2005. Can spring-preventive adulticide treatments be assumed to improve *Bactrocera oleae* (Rossi) management?, *2nd European Meeting of the IOBC/WPRS Study Group "Integrated Protection of Olive Crops"*. Florence, Italy, October 26-28, 87(2), 53-54
- 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
- Ricciolini M., Guidotti D., 2004. "AgroAmbiente.Info" mette in contatto agricoltori e tecnici. *L'Informatore Agrario*, 17, 67-70
- Wang X.-G., Levy K., Nadel H., Johnson M.W., Blanchet A., Argov Y., Pickett C.H., Daane K.M., 2013. Overwintering survival of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and two introduced parasitoids in California. *Environmental Entomology*, 42, 467 - 476