



LA MOSCA DELLE OLIVE

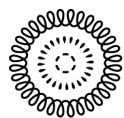
Bactrocera oleae (Rossi)

**Manuale pratico per il controllo
della specie in Toscana**

**A cura di
ANTONIO BELCARI**

Editorial Board:

Ada Baldi
Gaia Biagiotti
Anna Dalla Marta
Carolina Fabbri
Roberto Guidi
Marco Mancini
Anita Nencioni
Simone Orlandini
Marzia Cristiana Rosi
Patrizia Sacchetti
Roberto Vivoli



**Fondazione
Clima e
Sostenibilità**



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE**

DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
E TECNOLOGIE AGRARIE,
ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI

Con il contributo di



**FONDAZIONE
CR FIRENZE**

Firenze, agosto 2019

Indice

Presentazione.....	4
Capitolo 1. Tassonomia e diffusione.....	5
Capitolo 2 Ciclo biologico.....	10
Capitolo 3 Clima e dinamica di popolazione.....	14
Capitolo 4 Metodi di rilievo.....	22
Capitolo 5 Strategie di lotta.....	27
Considerazioni finali.....	32
Glossario.....	33
Bibliografia essenziale.....	36
Ringraziamenti	38
Gli Autori	39

Presentazione

La mosca delle olive, nota fin dall'antichità come verme dei frutti dell'olivo (descritta per la prima volta come *Musca oleae* dal nostro Pietro Rossi che, nella seconda metà del 1790, anticipò di pochi mesi il grande entomologo russo Gmelin), è fra gli insetti carpo-fagi più lungamente studiati al mondo.

Non mancano dunque, né a livello internazionale né in ambito nazionale e regionale, opere scientifiche, tecniche e divulgative sulla sua bio-eco-etologia, la sua dannosità, i mezzi e i metodi di controllo.

Purtuttavia questo dittero continua a essere una minaccia di grande importanza economica in molte aree olivicole del bacino del Mediterraneo, riuscendo non di rado a superare le barriere naturali e artificiali che ostacolano il suo sviluppo, e che in "annate di scarica" del processo di fruttificazione, abbinate a estati fresche e piovose, possono mostrarsi del tutto inadeguate a limitare i danni quantitativi nei confronti della produzione olivicola e olearia.

Al riguardo sono particolarmente emblematiche le situazioni verificatesi nel 2007, 2014, e 2016.

L'analisi della recente letteratura sul dittero evidenzia che a fronte di molte pregevoli pubblicazioni, frutto di ricerca di base e applicata, c'è oggi forse più che mai consapevole carenza di metodi collaudati e affidabili di controllo della mosca, rispondenti alle attuali esigenze di complementarietà fra efficacia fitosanitaria e sostenibilità economica e socio-ambientale.

In questo contesto il presente volume non ha l'ambizione di essere un esaustivo compendio in materia di storia naturale e di controllo integrato di *Bactrocera oleae*, ma vuole essere un conciso *vademecum* per gli agricoltori, per aspetti fondamentali di diagnostica, monitoraggio della dinamica di popolazione adulta e preimmaginale, soglie di dannosità e di intervento, possibili metodi di difesa della produzione olivicola.

Ma più di questo, il volume ha il profilo di un "biglietto da visita", che oltre a richiamare la feconda e proficua tradizione di studi sull'argomento, da parte dell'Ateneo Fiorentino, degli Autori, e in particolare del curatore, lo stimato amico Prof. Antonio Belcari, dice a olivicoltori, tecnici e operatori di settore, dove poter trovar lumi su un insetto tanto temibile per la filiera, quanto affascinante e tuttora indomito per l'entomologia.

Bruno Bagnoli

*Dipartimento per la Innovazione
nei sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali
Università degli Studi della Toscana*

Cap 1. Tassonomia e diffusione

La mosca delle olive, *Bactrocera oleae* (Rossi) appartiene alla famiglia dei Tefritidi, che annovera numerose specie di mosche dannose a svariate piante da frutto.

Questo insetto è presente in tutto il bacino del Mediterraneo, oltre che in Medio Oriente e in California (fig. 1). Si tratta di una specie strettamente associata all'olivo (*Olea europea* L.) su i cui frutti le larve si alimentano scavando gallerie a carico della polpa.

Nei casi di forte infestazione, oltre alla perdita di prodotto (dovuta all'attività trofica delle larve), nelle cultivar da olio si ha un drastico peggioramento delle caratteristiche qualitative e organolettiche del prodotto finale principalmente per ossidazione della sostanza grassa presente nel mesocarpo. Nelle varietà da mensa si ha un ovvio declassamento del valore commerciale delle drupe. Oltre a questo, l'infestazione da parte della mosca (detta anche infestazione dacica, a motivo del vecchio nome generico *Dacus*) causa generalmente una cascola anticipata dei frutti colpiti.

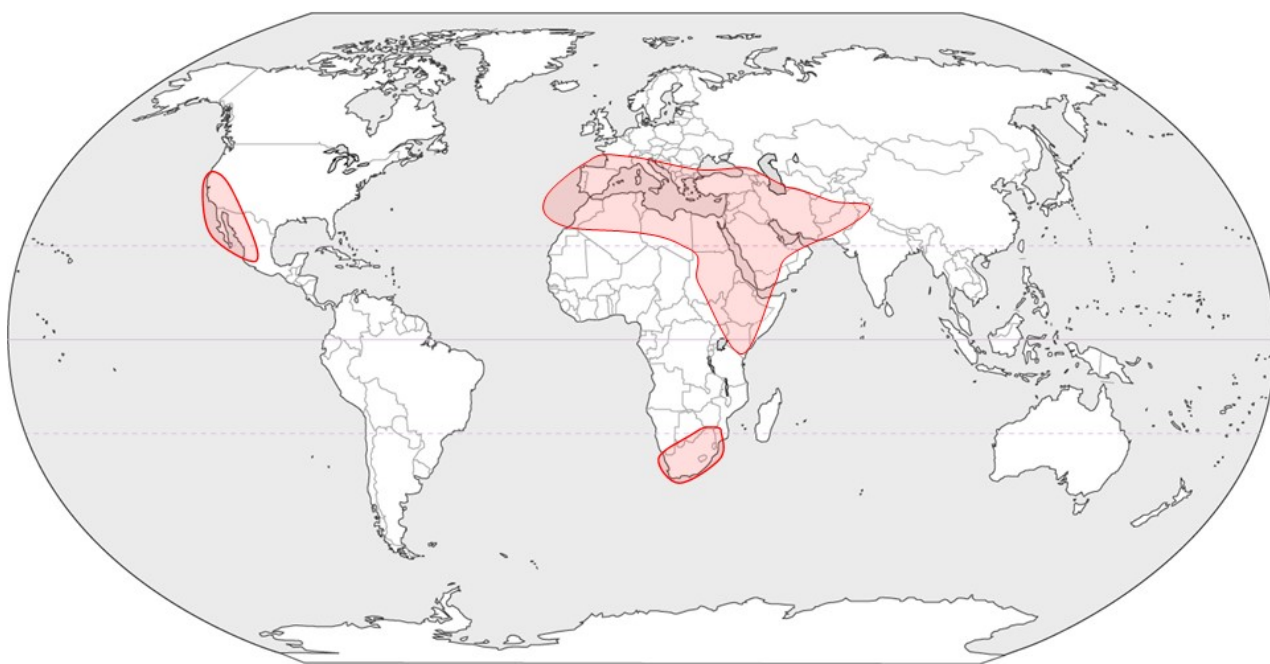


Fig. 1 - Distribuzione mondiale della mosca delle olive.

1.1 L'adulto

L'adulto è una piccola mosca di 4-5 mm di lunghezza, con capo giallastro, torace grigio-bluastro e scutellò (parte distale del torace) bianco-cremeo (fig. 2). Le ali sono trasparenti e presentano una macchia scura nella parte apicale. L'addome ha un colore castano con macchiettature piuttosto variabili. Nella femmina ha una forma subtriangolare (fig. 3A), ed è affusolato all'apice per la presenza dell'ovopositore. Il maschio ha caratteristiche simili a quelle della femmina ma è di taglia leggermente più piccola e presenta l'addome arrotondato (fig. 3B).



Fig. 2 – B. oleae. Femmina su foglia.

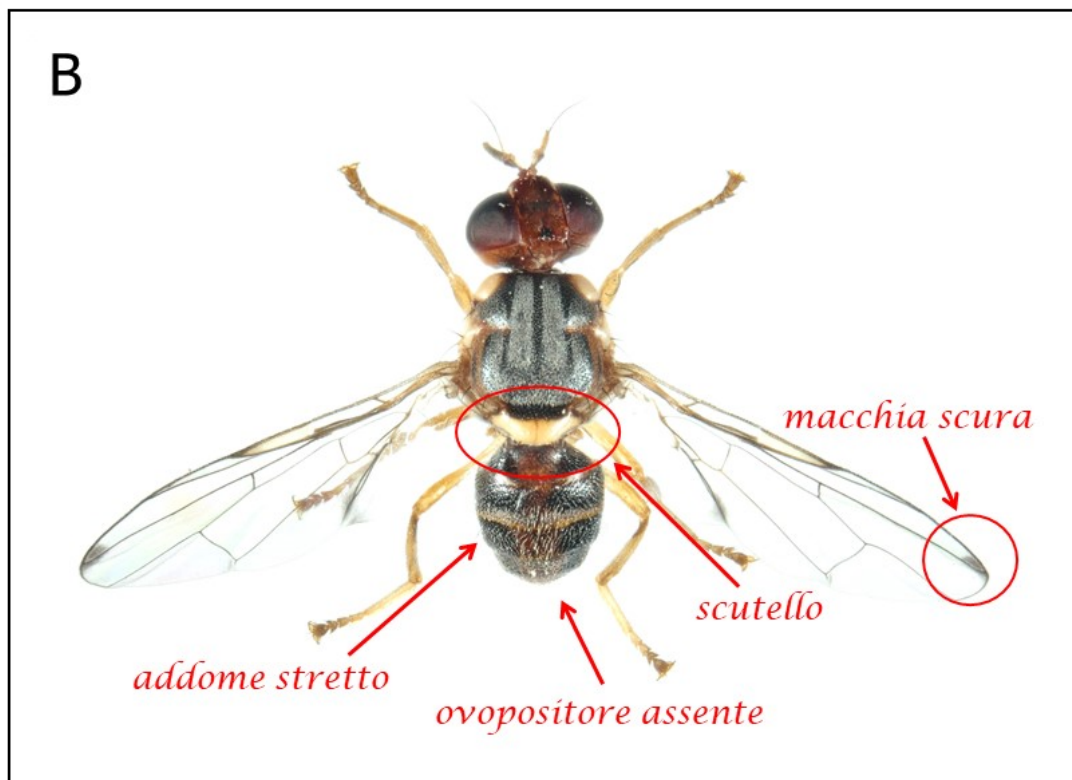
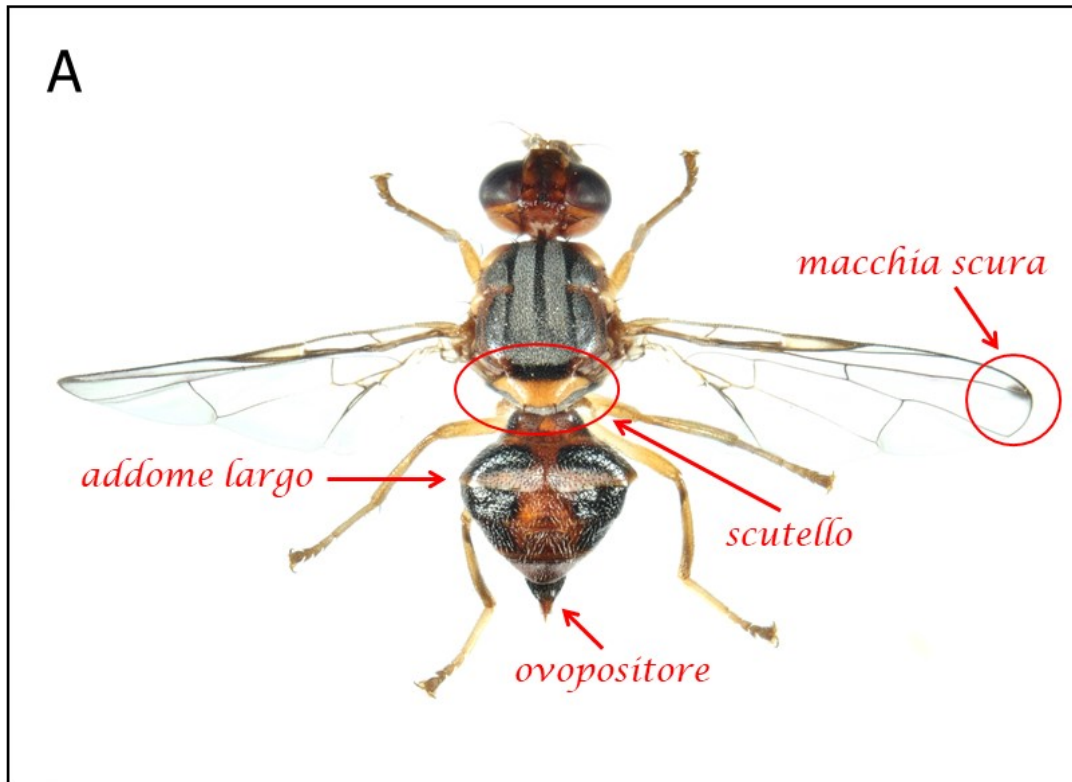


Fig. 3 – B. oleae. A) Femmina. Si noti la tipica colorazione grigio-plumbea del torace con lo scutello biancastro, le ali con la maculatura scura nella parte apicale, le altrettanto tipiche maculature brunastre dell'addome, nonché il caratteristico ovopositore. B) Maschio. In evidenza la differente conformazione dell'addome.

1.2 Gli stadi giovanili

Le uova, deposte singolarmente sotto l'epicarpo, sono allungate, biancastre e misurano circa 0,7 mm di lunghezza (fig. 4A). La larva attraversa tre età di sviluppo e a maturità si presenta snella, leggermente tronco-conica, lunga circa 6-7 mm e di colore bianco-grigiastro (fig. 4D). Al termine del proprio sviluppo, la larva matura si trasforma in pupa all'interno del tegumento indurito che prende il nome di pupario. Questo, lungo pochi millimetri, ha un color giallo paglierino (fig. 5B), che tende ad imbrunire con il progredire dello sviluppo.



Fig. 4 – B. oleae. (A): uovo nella camera di deposizione; (B): drupa aperta ad arte per mostrare la galleria di una larva di prima età; (C): galleria con larva di seconda età; (D): larva di terza età con il danno prodotto dalla sua attività trofica.



Fig. 5 – B. oleae. (A): caratteristico foro di uscita prodotto dalla larva matura; (B): pupario all'interno della galleria scavata nella drupa.

Cap 2. Ciclo biologico

In Toscana, la mosca delle olive completa di norma il proprio ciclo di sviluppo (da uovo ad adulto) nel periodo estivo-autunnale (fig.7). Tuttavia negli ultimi anni la specie ha dato prova di potersi sviluppare anche a carico delle drupe rimaste sulle piante dalla fruttificazione dell'anno precedente, fenomeno che si è andato diffondendo sia a seguito della raccolta meccanica sia dello spiacevole abbandono degli oliveti scarsamente produttivi.

In estate, mentre nelle aree interne la mosca impiega circa venticinque-trenta giorni a completare il proprio ciclo, nelle aree litorali, dove si hanno condizioni più favorevoli, l'intero sviluppo può avvenire nell'arco di soli venti giorni. Il numero di generazioni per anno può quindi variare da zero a quattro o più, a seconda delle variabili geografiche e climatiche (macro e micro). L'insetto trascorre l'inverno principalmente come pupa nel terreno a una profondità variabile dai 3 ai 10 cm. Durante questo periodo, lo sviluppo pupale è influenzato anche da minimi innalzamenti di temperatura e, non appena si verificano situazioni termiche favorevoli (temperature superiori ai 9 °C) l'insetto riesce a riprendere il proprio sviluppo per completarlo, raggiungere lo stato adulto e sfarfallare.

In effetti, in Toscana, l'emergenza degli adulti avviene di solito nei primi mesi dell'anno, grosso modo tra fine febbraio e marzo. Tra i primi sfarfallamenti dell'anno e l'inizio delle ovideposizioni sulle nuove olive c'è quindi un lungo periodo (oscillante tra 120 e 150 giorni) in cui gli adulti si disperdono nel territorio rimanendo per lo più in una fase di scarsa attività, periodo cosiddetto "bianco". Poi, in prossimità della fase fenologica di indurimento del nocciolo, gli adulti iniziano gli accoppiamenti e le femmine fecondate sono in grado di deporre le uova. L'adulto si nutre di essudati zuccherini di varia natura, di melata (escrementi zuccherini di cocciniglie, afidi, etc.) e di batteri presenti sulla superficie della pianta.

La femmina depone un solo uovo per frutto, appena al di sotto dell'epidermide e già a distanza di un giorno è possibile osservare in modo evidente la tipica "puntura da ovideposizione". Questa si caratterizza per la presenza di un piccolo taglio sull'epidermide della drupa, prodotto dall'inserimento dell'ovopositore, e dalla presenza di una macchiolina scura dovuta all'ossidazione dei tessuti. Dopo alcuni giorni, in dipendenza delle temperature, dall'uovo fuoriesce una larva di prima età che inizia a nutrirsi della polpa con un percorso quasi rettilineo e sub superficiale (fig. 4B e fig. 6). Successivamente, la giovane larva, effettua la muta e passa alla seconda età, cambiando anche il proprio percorso trofico e producendo una galleria più tortuosa (fig. 4C), senza però approfondirsi nella drupa. Infine, compie una seconda muta,

trasformandosi in larva di terza età, che oltre a nutrirsi delle parti più profonde della polpa scava una galleria più larga. Dopo alcuni giorni, la larva si sposta nuovamente verso la superficie del frutto dove produce un caratteristico foro sull'epicarpo (fig. 5A), funzionale alla successiva fuoriuscita dell'adulto (privo di apparato boccale idoneo a scavare), e va a impuparsi nella sua stessa galleria. Man mano che le drupe maturano e aumenta la quantità di olio nel frutto, la larva tende ad abbandonare l'oliva praticando un foro netto e circolare per andare ad impuparsi nel terreno sottostante la chioma.

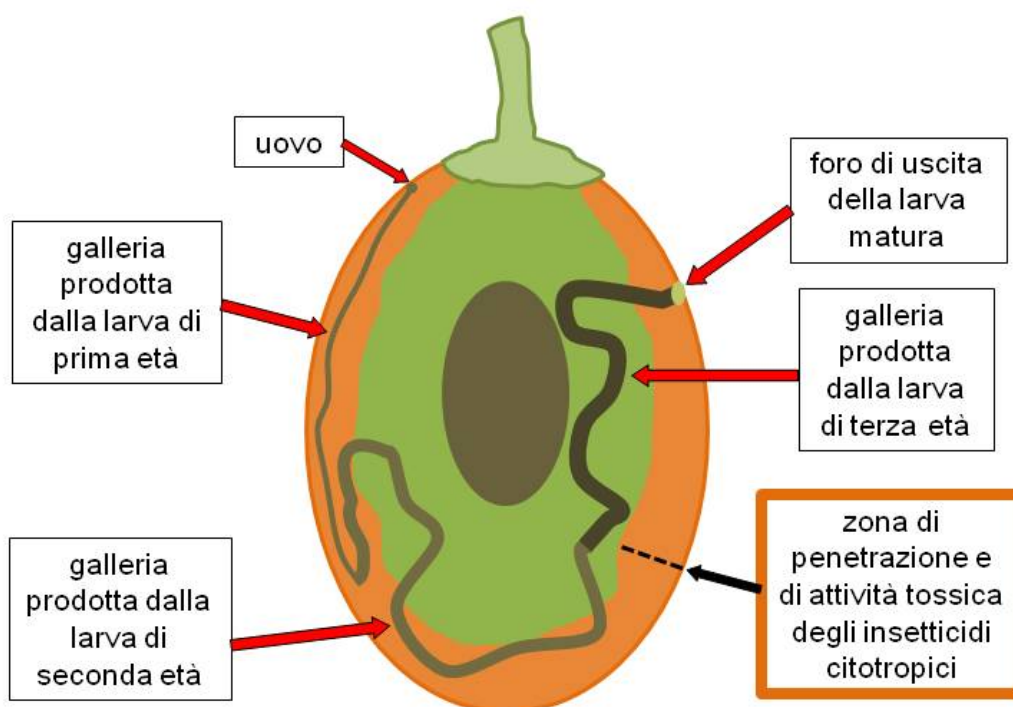


Fig. 6 – Disegno schematico che mostra il percorso di alimentazione di una larva di mosca delle olive a partire dall'uovo. L'area colorata in arancio rappresenta lo strato più esterno della drupa dove gli insetticidi ad azione citotropica sono in grado di espletare la propria azione tossica nei confronti dei primi stadi di sviluppo della mosca.

In estate, con temperature elevate, in assenza di precipitazioni e olive non ancora invaiate, la larva preferisce impuparsi all'interno della drupa anziché nel terreno.

Occorre infine ricordare che prolungati periodi di alte temperature, associati a bassi livelli di umidità relativa, determinano elevate mortalità nelle popolazioni della mosca. Valga come esempio l'andamento climatico estivo del 2017, in cui a carico dei primi stadi di sviluppo si sono registrati livelli di mortalità davvero notevoli. Anche prolungati periodi di freddo durante l'inverno sono in grado di determinare un considerevole livello di mortalità a carico delle pupe svernanti nel terreno. Inoltre, le basse temperature invernali causano la cascola di quelle olive

che, per ragioni diverse, sono rimaste sulle piante e che potrebbero costituire un pabulum idoneo per lo sviluppo precoce di almeno una generazione durante il periodo primaverile.

CICLO BIOLOGICO DI *B. OLEAE*

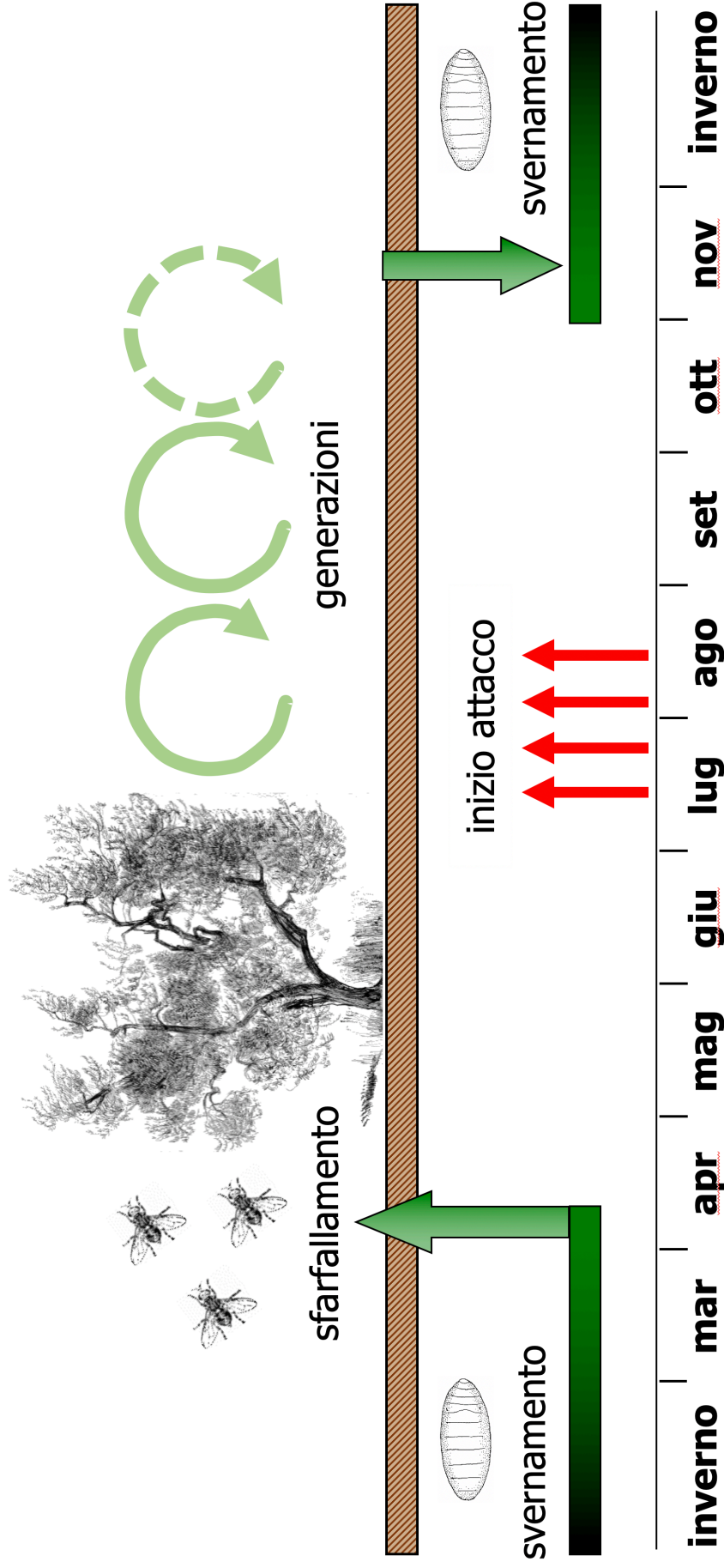


Fig. 7 - Rappresentazione schematica del ciclo biologico della mosca delle olive in riferimento agli areali olivicoli della Toscana. A seconda delle zone, e dell'andamento stagionale, l'attacco può iniziare dai primi di luglio alla metà di agosto.

Cap 3. Clima e dinamica di popolazione

3.1 Mosca e andamenti termo-pluviometrici

La temperatura e l'umidità dell'aria condizionano fortemente lo sviluppo e l'attività trofica e riproduttiva di *B. oleae*, ragion per cui la consistenza delle popolazioni della mosca varia a seconda della zona e della fascia climatica^a mostrando un gradiente di densità negativo da Sud a Nord e dalla costa alle aree interne.

Come è noto, artropodi e insetti sono animali pecilotermi incapaci cioè di autoregolare la propria temperatura corporea. Da ciò discende che gli stadi preimmaginali della mosca, (uovo, larva e pupa) sono dipendenti per lo sviluppo dalla temperatura. Nell'intervallo compreso tra 9 °C (soglia termica inferiore di sviluppo) e 30 °C (valore prossimo alla soglia termica superiore di sviluppo) la durata degli stadi preimmaginali è tanto più breve quanto più alta è la temperatura.

La soglia termica inferiore per l'attività di volo, l'accoppiamento e la riproduzione è intorno ai 16 °C, mentre con valori superiori a 35 °C, lo sviluppo delle uova e delle larve si blocca e si hanno importanti effetti di mortalità sulla popolazione, in particolare quando l'umidità relativa scende al di sotto del 40%. Analoghe conseguenze, progressivamente più marcate, si hanno quando le temperature scendono al di sotto dello zero di sviluppo (9 °C). È però evidente che ciò che più influisce sulla mortalità della popolazione è in ogni caso la "temperatura" per il fattore "tempo". Completato lo sviluppo pupale, si ha lo sfarfallamento dell'adulto, che in poco tempo va alla ricerca di essudati zuccherini e batteri, alimenti necessari per il proprio mantenimento e la maturazione delle gonadi.

La rugiada mattutina e più in generale la disponibilità idrica nell'ambiente, favoriscono la presenza della mosca, la cui attività di volo e di ricerca di cibo si manifesta già a temperature relativamente basse, intorno ai 16-17 °C, per poi raggiungere i massimi livelli fra i 24 e i 28 °C. Nelle giornate particolarmente calde, quando le temperature massime possono raggiungere o superare i 35 °C, gli adulti tendono a rimanere immobili nelle zone più umide e ombreggiate dell'oliveto, trovando eventualmente rifugio sotto la chioma di piante e arbusti tipici della macchia mediterranea.

Temperature elevate, in concomitanza di bassi livelli di umidità relativa causano nelle femmine l'arresto della maturazione ovarica e al tempo stesso il riassorbimento dei follicoli, inibendo la produzione di uova vitali. Le ondate di calore, sempre più frequenti nei mesi estivi, possono

essere causa di drastiche riduzioni di popolazione e di impedimento allo sviluppo di future generazioni.

Le punture presenti sulle olive in questi contesti climatici, possono, almeno in parte, risultare "sterili" (cioè senza uova) e sono dovute alle esigenze di alimentazione delle femmine che per dissetarsi pungono il frutto con il proprio ovopositore per poi succhiare con la "proboscide" la gocciolina di liquido fuoriuscito dalla ferita.

Anche gli accoppiamenti sono legati alle condizioni ambientali e termiche; di solito hanno luogo al crepuscolo e a temperature superiori ai 16 °C. In genere ci sono due picchi riproduttivi, in primavera e in autunno, quando le temperature sono dell'ordine di 23-26 °C e l'umidità dell'aria attorno al 75%. Sulla produzione dell'anno, le prime ovideposizioni si verificano in corrispondenza della fase fenologica di "indurimento del nocciolo" (parametro che indica il raggiungimento della recettività delle drupe all'ovideposizione). Tale fase, in funzione della quota altimetrica, dell'andamento climatico e delle diverse cultivar, può aver luogo da fine giugno a metà agosto.

La temperatura influenza anche la quantità di uova deposte dalla femmina, la cui prolificità è massima in estate, con una produzione media di 13-40 uova al giorno fino a un massimo di 70. La siccità è concausa di elevata mortalità delle uova e delle giovani larve, mentre precipitazioni regolari sembrano favorire la riproduzione. Quando il periodo estivo decorre fresco e piovoso (vedi in particolare le annate 2014 e 2016), in assenza di interventi artificiali di lotta, si riscontra un rapido aumento del grado di infestazione, favorito da una maggiore disponibilità di frutti idonei all'ovideposizione, (maggiori dimensioni del frutto, minore resistenza dell'epicarpo alla ovideposizione, etc.).

Con l'arrivo dell'autunno e il conseguente calo delle temperature, lo sviluppo degli stadi preimmaginali della mosca rallenta progressivamente fino all'arresto.

In ogni caso, in presenza di inverni miti, la mosca può svernare anche come adulto che, nelle cosiddette "zone pandacie" rimane parzialmente attivo. Per quanto riguarda l'infestazione delle drupe rimaste sulle piante dall'anno precedente, occorre sottolineare che probabilmente le femmine che ovidepongono in dette olive non sono quelle che hanno superato l'inverno, ormai vecchie di oltre 150 giorni e stressate dalle condizioni ambientali avverse, ma quelle che sfarfallano a fine febbraio-marzo.

Le condizioni climatiche possono condizionare la demografia della mosca anche in modo indiretto, andando a influenzare la fenologia della pianta e quindi l'evoluzione morfologica e istologica della drupa. Temperature miti e umidità relativa elevata inducono in genere un

anticipo nell'ingrossamento del frutto e nell'indurimento del nocciolo, con la conseguenza di favorire attacchi più precoci e un numero superiore di generazioni. Condizioni di elevata temperatura e bassa umidità relativa dell'aria, al contrario, possono ritardare lo sviluppo delle olive o determinare la formazione di olive piccole, con polpa scarsa e poco turgida, inadatta all'ovideposizione.

3.2 Mosca e cambiamenti climatici

Il cambiamento climatico in atto sta determinando un generale innalzamento delle temperature, stimato intorno a circa + 1,8 °C entro il 2050, con conseguente variazione nella diffusione territoriale e temporale delle fasi fenologiche dell'olivo e nella diffusione di *B. oleae*. Nel 2000 le aree climaticamente utilizzabili per l'olivicoltura rappresentavano circa il 39% dell'areale Mediterraneo ed è stimato che possano arrivare a circa il 50% nel 2050. Come conseguenza, in Italia centrale e settentrionale è prevista una graduale espansione dell'areale di coltivazione dell'olivo verso zone oggi non vocate, come aree interne di pianura o zone situate ad altitudine maggiore. Al contrario, tenuto conto degli aumenti termici previsti, la diffusione della mosca delle olive subirà una contrazione soprattutto nelle aree più meridionali, dove da sempre ha rappresentato il maggior problema fitosanitario. Per il centro e il nord Italia si può invece prevedere un aumento del rischio da infestazione dacica.

Gli effetti del cambiamento climatico in atto, possono essere valutati anche attraverso il calcolo del numero delle possibili generazioni che la mosca può svolgere in Toscana. A tale scopo si è utilizzato un modello di sviluppo, basato sulla sommatoria termica, a partire dalla fase di recettività delle olive, utilizzando come soglia termica inferiore 8,99 °C e come costante termica 379,01 gradi-giorno.

In Toscana, fino ad alcuni decenni fa, si potevano individuare poche aree importanti per rischio dacico, come è evidente da un primo studio relativo agli anni 1970-2000 (fig. 8). Le aree più interne, meno attaccate, erano soggette a 1 o al massimo 2 generazioni dannose per le olive, che spesso si sviluppavano fra fine agosto e fine ottobre, mentre sulla costa i danni potevano iniziare ad inizio agosto e le generazioni dannose potevano arrivare fino ad un massimo di 3 (fig. 8). Lo stesso studio, ripetuto per il periodo 2010-2017 (fig. 9), mostra come la dannosità potenziale della mosca si sia evoluta nel tempo, in parte a causa dei cambiamenti climatici. È stato possibile notare un ampliamento delle aree climatiche regionali dove l'insetto si è insediato e un aumento del numero teorico delle generazioni. Dal confronto delle due mappe è

possibile notare che negli ultimi anni si è potenzialmente aggiunta una generazione completa pressoché in tutte le fasce climatiche della Toscana.

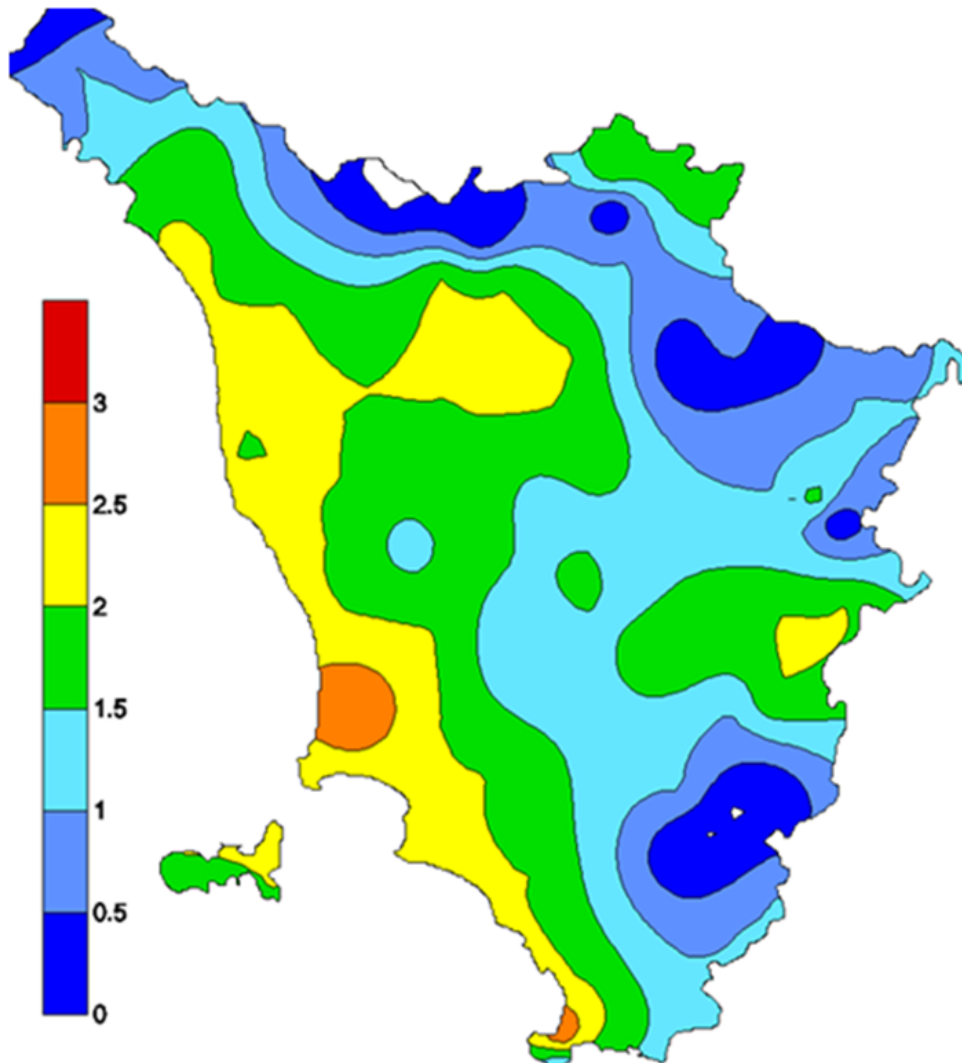


Fig. 8 - Mappa tematica della Toscana rappresentativa del numero teorico di generazioni annue che la mosca delle olive è in grado di completare nelle differenti aree climatiche nel periodo di riferimento 1970-2000. (fonte: Dalla Marta et al., 2004).

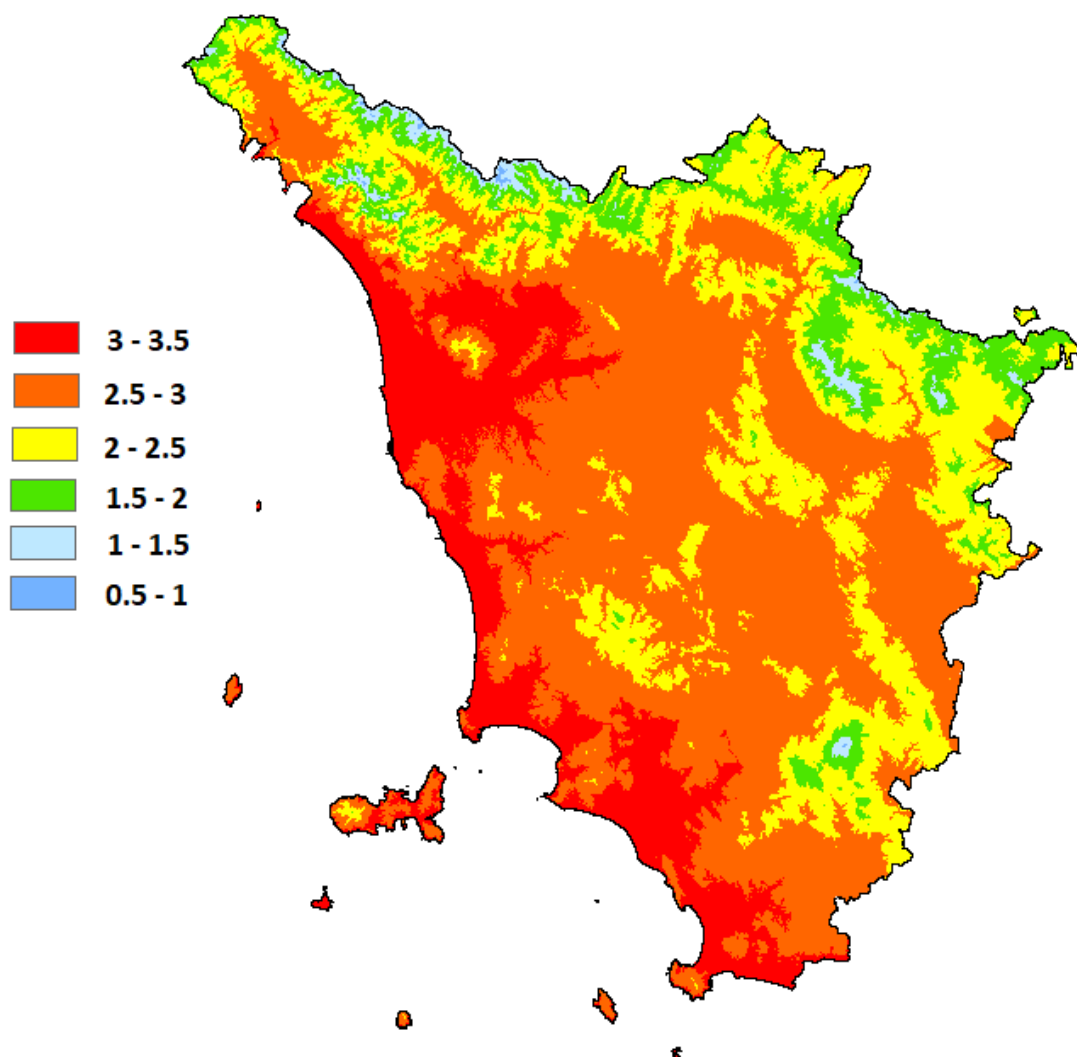


Fig. 9 - Mappa tematica della Toscana (ArcGis) rappresentativa del numero teorico di generazioni annue che, secondo il modello agrometeorologico, la mosca delle olive è in grado di completare nelle differenti aree climatiche nel periodo di riferimento 2010/2017.

Un palese effetto del cambiamento climatico è dato anche dalla considerevole variabilità meteo-climatica. In effetti, a partire dagli anni duemila, si è assistito a una crescente irregolarità nelle dinamiche meteorologiche, accompagnata da un aumento dei fenomeni meteo estremi. Valgono come esempi le annate 2007, 2014 e 2016, tutte caratterizzate da inverni miti con temperature sopra la media, che hanno permesso tassi di sopravvivenza più elevati per le pupe nel terreno e un sensibile anticipo degli sfarfallamenti della mosca a fine inverno. A queste condizioni invernali ha poi fatto seguito un'estate fresca e piovosa che ha permesso un'eccezionale attività della mosca anche nei mesi di luglio e agosto, solitamente avversi allo sviluppo demografico del dittero (Grafici 1 e 2). Altri fattori che hanno in dette annate sicuramente favorito l'innalzamento dei livelli di infestazione delle drupe sono stati la presenza di olive residuali

dell'anno precedente, la modesta produzione di olive e le frequenti piogge estive che hanno verosimilmente limitato l'efficacia degli interventi adulticidi e ovo-larvicidi.

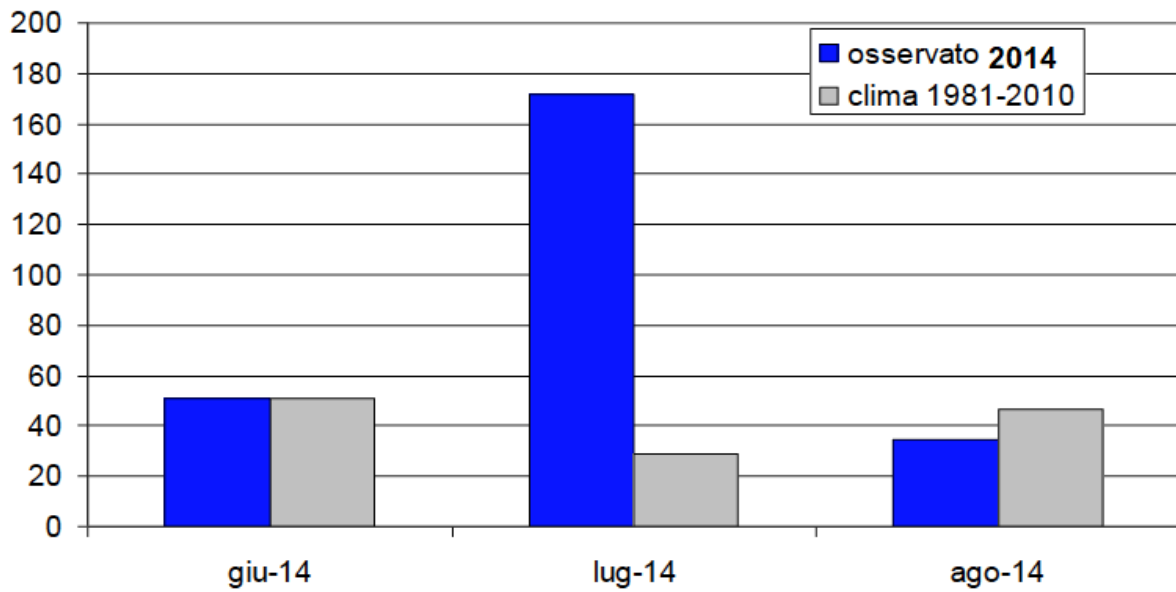


Grafico 1 – Confronto fra le precipitazioni medie (mm) del periodo 1981-2010 e quelle del 2014 relativamente ai mesi giugno-agosto e ai capoluoghi di provincia della Toscana. (Consorzio Lamma).

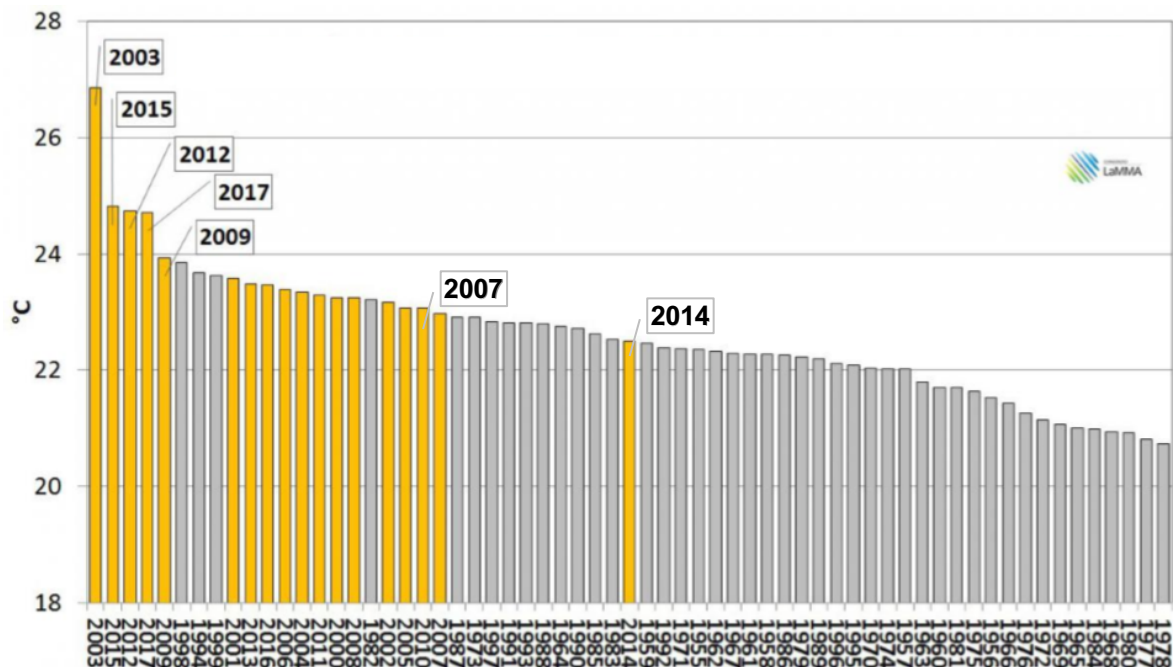


Grafico 2 – Successione delle estati più calde avutesi dal 1995 al 2017. (Consorzio Lamma)

Una situazione del tutto opposta è quella verificatasi nel 2017, a causa del manifestarsi di ripetute ondate di calore⁵, in primavera e in estate (Grafico 3), che, accompagnate da bassi valori di umidità relativa conseguenti alla scarsità di precipitazioni (Grafico 4), hanno determinato mortalità elevate nei primi stadi di sviluppo della mosca e riduzione della fitness negli adulti. Queste anomalie termiche si sono manifestate nei mesi estivi, nello specifico: giugno +2,3 °C rispetto alla norma, luglio +0,9 °C e infine agosto +2,0 °C. Le ondate di calore registrate in Toscana sono state tre, della durata di almeno sei giorni consecutivi ciascuna. L'andamento climatico estivo è stato così avverso nei confronti della mosca da permetterne una ripresa delle attività in autunno solo tardivamente e in aree circoscritte.

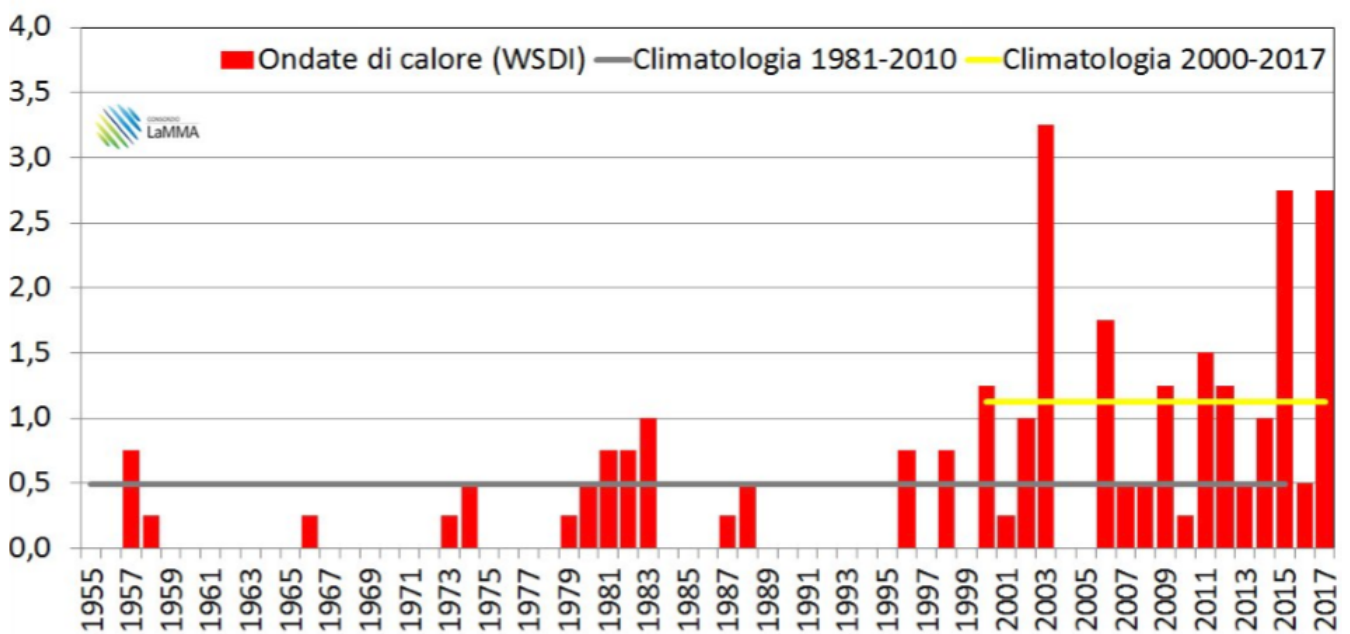


Grafico 3 – Ondate di calore che si sono manifestate dal 1951 al 2017. (Consorzio Lamma)

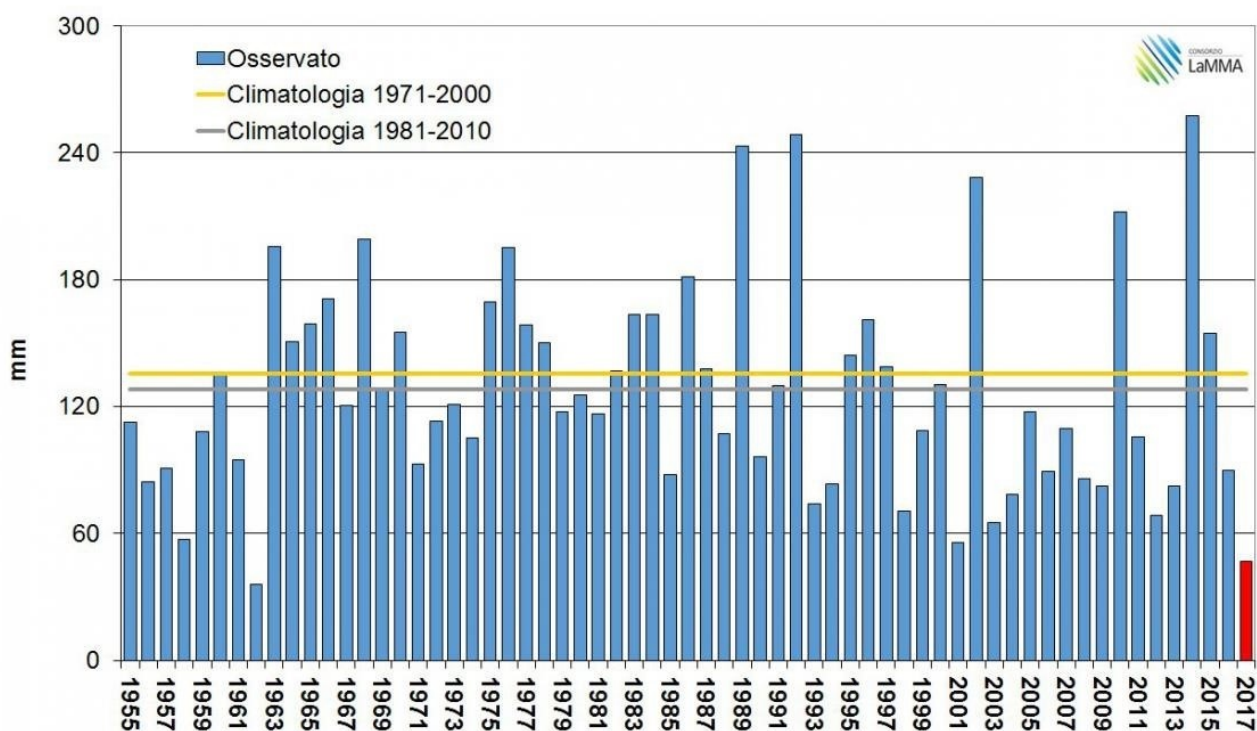


Grafico 4 –Precipitazioni medie relative ai capoluoghi di provincia della Toscana, registrate dal 1951 al 2017. Notare il deficit idrico caratteristico del 2017. (Consorzio Lamma)

Ad ogni modo, la questione dell'entità delle infestazioni da parte della mosca si gioca, in gran parte, attorno al rapporto fra densità di popolazione adulta e densità di frutti. A questo riguardo, merita ribadire, che uno dei principali fattori determinanti il succedersi di severi attacchi nel 2007, 2014 e 2016, è stato la presenza negli oliveti di una considerevole quantità di frutti rimasti sulle piante fino a maggio dall'anno precedente (anno di carica), condizione questa che ha favorito l'evolversi di almeno una generazione primaverile, "trampolino di lancio" per le generazioni estivo-autunnali del dittero.

Cap 4. Metodi di rilievo

4.1 Il monitoraggio degli adulti

Innanzitutto è importante che gli olivicoltori prendano l'abitudine, in autonomia, di effettuare tutti gli anni il monitoraggio degli adulti e della popolazione preimaginale in modo da rilevare le curve di volo e l'andamento dell'infestazione della mosca nei propri oliveti. Merita infatti ribadire che, per applicare correttamente una strategia di difesa, è indispensabile conoscere il comportamento della specie dannosa nell'area in cui si opera, e cioè sapere l'epoca di sfarfallamento degli adulti, il numero di generazioni e i livelli di attacco raggiunti negli anni precedenti. A tal fine ogni olivicoltore dovrebbe avvalersi di un proprio archivio di informazioni su cui basare le principali scelte operative che poi saranno modulate sul peculiare andamento dell'anno in corso. Il monitoraggio degli adulti può essere facilmente attuato utilizzando nell'oliveto trappole a feromoni, che catturano principalmente maschi, oppure trappole cromotropiche, di colore giallo limone, che attraggono sia maschi che femmine (fig. 10). È opportuno collocare circa 3 trappole/ha nell'area centrale dell'apezzamento olivato, posizionandole per tempo, e in ogni caso poco prima della fase di indurimento del nocciolo. Esse dovranno essere collocate agli apici di un ipotetico triangolo isoscele di almeno 50 m di lato (fig. 11) al fine di avere dati di cattura rappresentativi della popolazione presente nell'area campione. È altresì importante controllare regolarmente detti dispositivi, annotando almeno ogni 7 giorni il numero di adulti catturati.

Le trappole cromotropiche possono dare più precise informazioni sul rischio di infestazione delle drupe da parte del fitofago. Infatti le femmine catturate possono essere dissezionate e permettere l'accertamento dell'eventuale presenza di uova mature, valido indicatore del possibile imminente attacco. Per tale operazione occorre utilizzare una buona lente d'ingrandimento ed un bisturi.

Per una visione più corretta possibile della distribuzione ed evoluzione della popolazione della mosca in un territorio, la collaborazione fra più olivicoltori nella gestione delle trappole e nell'elaborazione dei dati, è di grande utilità nell'ottica di una moderna difesa comprensoriale della produzione olivicola.

Tale dato deve comunque essere integrato con la percentuale di infestazione delle olive che si determina soltanto con l'esame delle drupe campionate.

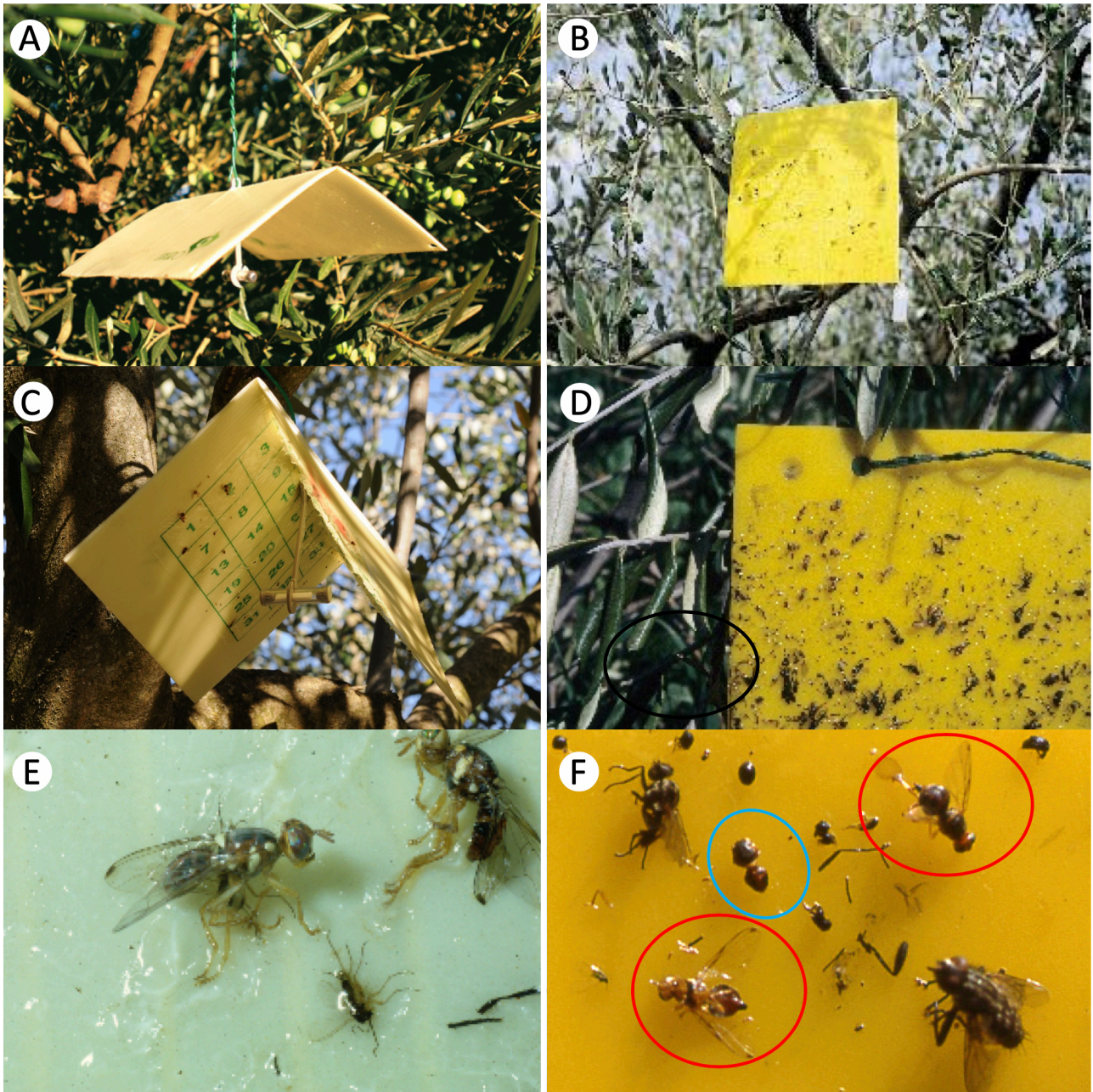


Fig. 10 – Dispositivi per il monitoraggio degli adulti di mosca delle olive: trappola a feromoni (A e C) e cromotropica (B e D). Maschi catturati nella trappola a feromoni (E). Femmine (cerchi rossi) e maschio privo di capo (cerchio azzurro) catturati sulla trappola cromotropica (F).



Fig. 11 – Disposizione corretta di trappole per il monitoraggio degli adulti di mosca delle olive in riferimento ad un ettaro campione.

4.2 Il monitoraggio degli stadi giovanili

Il monitoraggio degli stadi giovanili (uova, larve e pupe) si attua attraverso l'esame settimanale di idonei e rappresentativi campioni di olive a partire dalla fase fenologica di **indurimento del nocciolo**. L'inizio dell'attacco varia, come già sottolineato, in base all'areale e all'andamento climatico. In genere in Toscana esso ha luogo in un'epoca compresa fra i primi di luglio (zone costiere) e metà agosto (aree centrali oltre una certa quota altimetrica). La suscettibilità delle olive all'ovideposizione si ha dal momento in cui la polpa diventa idonea allo sviluppo larvale (spessore minimo di 3-4 mm), fase coincidente di solito con l'indurimento del nocciolo. La siccità può ritardare il verificarsi di tale fase fenologica e può rendere l'epidermide e il mesocarpo molto resistenti e poco adatti sia all'ovideposizione che allo sviluppo della giovane larva.

Il monitoraggio della popolazione preimaginale parte dunque dal prelievo di un campione di almeno 100-200 olive per area campione (100-200 piante). Le olive devono essere prelevate in modo casuale, in ragione di non più di 1-2 drupe per pianta, dalle diverse parti della chioma.

Ovviamente, il numero di campioni necessario per una corretta stima dell'infestazione dovrà essere tanto più elevato quanto più alta è la variabilità agronomico-culturale e varietale dell'area olivicola presa in considerazione. In altri termini, se l'oliveto è molto ampio e si estende su pendici con diversa esposizione è preferibile prelevare più campioni, in modo da mantenerli abbastanza ridotti, per agevolare l'operazione successiva di valutazione dell'infestazione. Infatti le olive campionate devono essere poi esaminate per la valutazione del livello e del tipo di infestazione. È opportuno che tali analisi siano effettuate da personale qualificato in apposita struttura mediante l'impiego di una buona lente idonea allo scopo o meglio ancora di un microscopio stereoscopico^a.

Di solito tale attività viene svolta da tecnici di organizzazioni professionali, consorzi, associazioni di produttori, frantoi, etc. A questo proposito merita sottolineare come una adeguata crescita professionale in materia, da parte degli stessi agricoltori potrebbe essere di grande supporto per la razionalizzazione delle misure di controllo della mosca.

4.3 Stima dell'infestazione

Per procedere praticamente alla stima dell'infestazione può essere comodo separare le olive sane da quelle con la "puntura" (ferita praticata dalla femmina con l'ovopositore per l'ovideposizione ma anche per scopi trofici, vedi Cap. 2). Queste ultime, come detto, saranno analizzate con l'aiuto di una buona lente o di un microscopio stereoscopico (scelta consigliata).

I frutti recanti la puntura saranno suddivisi in:

Drupe con:

- a) puntura sterile (ferita praticata con l'ovopositore, assenza di uova)
- b) uovo
- c) larva di prima età
- d) larva di seconda età
- e) larva di terza età
- f) foro d'uscita e pupa all'interno
- g) galleria abbandonata

Per convenzione consolidata l'infestazione viene in genere suddivisa nelle seguenti categorie:

- **infestazione Attiva: (b + c + d)**
- **infestazione Dannosa: (e + f + g)**

Le punture sterili, come pure le uova le larve di prima e le larve di seconda età morte, non sono da considerarsi ai fini della stima dell'infestazione. In genere questi stadi si presentano raggrinziti e di colorazione scura. La maggior parte delle punture sterili si osserva nei periodi caldi e siccitosi, quando le femmine utilizzano l'ovopositore per ferire l'epicarpo del frutto e bere il liquido che ne fuoriesce.

La classificazione sopra riportata è di aiuto principalmente nella strategia di lotta curativa (diretta contro i primi stadi di sviluppo della mosca) ma è altrettanto importante nell'applicazione delle strategie preventive. Infatti nel primo caso, è fondamentale per l'adozione della soglia economica di intervento, nel secondo caso per posizionare correttamente sia i dispositivi di cattura che i trattamenti adulticidi. Infine, la classificazione dell'infestazione risulta utile per verificare l'efficacia dei mezzi e metodi di controllo adottati.

Solitamente la variabile utilizzata per la stima dell'infestazione è la percentuale di olive infestate, ma la densità della popolazione preimaginale della mosca è data in realtà, dalla sommatoria delle diverse forme vive o morte e dalle tracce delle stesse presenti sul campione di olive esaminate.

Riassumendo, le principali azioni riguardanti il monitoraggio degli adulti e il campionamento della popolazione preimaginale devono aver luogo in concomitanza di precise fasi fenologiche dell'olivo (fig. 12).

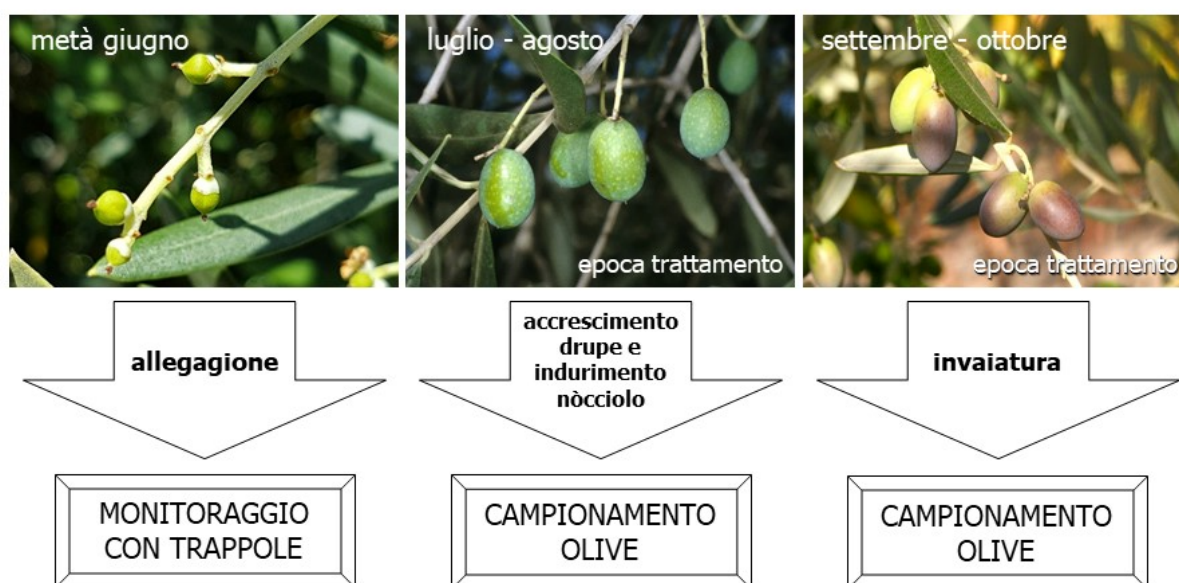


Fig. 12 - Epocche di monitoraggio e campionamento in rapporto alla fenologia dell'olivo.

Cap 5. Strategie di lotta

Come brevemente accennato all'inizio di questa trattazione, la mosca delle olive arreca danni sia diretti che indiretti, la cui distinzione non è sempre ben definibile.

In estrema sintesi, le perdite dovute alla mosca seguono questa successione: perdita di polpa dovuta all'attività trofica della larva (10-12%); riduzione della resistenza al distacco dei frutti; cascola degli stessi; alterazioni dei parametri fisico-chimici delle olive; ottenimento di oli di ridotta qualità. Sulla base di queste perdite sono state definite in passato sia soglie empiriche sia soglie matematico-statistiche che tengono conto di vari parametri tra cui in primo luogo la quantità media di produzione di olive/ha, cultivar, valore della produzione unitaria, costi di produzione unitaria e costi delle misure fitoiatriche.

In ogni caso, la soglia di intervento per trattamenti classici curativi, si attesta ancor oggi intorno a valori dell'ordine del 10-15% di infestazione attiva. Vanno tenuti comunque presenti i limiti di questo tipo di lotta anche alla luce del fatto che i principi attivi disponibili sono al limite dei criteri a cui fa riferimento oggi una difesa di tipo ecocompatibile. Infatti tali interventi prevedono la totale "copertura" della chioma con la miscela insetticida, sia per trattamenti ad alto volume (ormai poco adottati) che per quelli a basso volume, con la conseguenza di notevoli ripercussioni negative sugli artropodi e gli altri organismi utili dell'agroecosistema.

L'altro versante del controllo della mosca è quello basato sull'impiego di metodi e mezzi ad azione preventiva che trovano nell'adulto lo stadio bersaglio.

In questo caso le "soglie di intervento" sono ovviamente molto più basse, e vanno dal raggiungimento di parametri fenologici come ad esempio l'indurimento del nocciolo al rilevamento di valori di infestazione attiva del 1-2% o di catture di 2-3 maschi per trappola a feromoni per settimana o ancora 1-2 femmine con uova per trappola cromotropica per settimana.

5.1. Lotta convenzionale

5.1.1 Lotta curativa o larvicida

Una volta completato l'esame di idonei campioni di olive, l'olivicoltore deve valutare se il livello dell'infestazione rilevato nel proprio oliveto ha raggiunto la "soglia d'intervento",⁵ cioè il valore limite in corrispondenza del quale è necessario effettuare il trattamento insetticida.

In olivicoltura convenzionale, se si vuole ricorrere alla lotta ovo-larvicida, si consiglia di intervenire al superamento di una soglia di “**Infestazione Attiva**”⁶, che in Toscana, per le cultivar da olio oscilla, come già precisato, tra il 10 e il 15%, in funzione delle caratteristiche agronomiche, colturali e produttive dell’oliveto presente. Nel processo decisionale per interventi di questo tipo, è comunque opportuno tenere in debita considerazione le previsioni meteo in quanto eventuali ondate di calore nei periodi di luglio ed agosto, associate a bassa umidità, sono in grado di determinare elevata mortalità soprattutto a carico delle uova e delle giovani larve, tanto da vanificare gli effetti di un eventuale trattamento insetticida, peraltro solitamente dannoso per l'ambiente e per gli antagonisti.

Le soglie vanno quindi valutate anche in funzione di questi elementi. Infine, nella scelta dell’insetticida è necessario tenere presente che il principio attivo deve raggiungere i primi stadi di sviluppo della mosca, rappresentati da uova e giovani larve che si sviluppano negli strati superficiali dell’oliva (fig. 6). I principi attivi ad oggi ammessi per la lotta larvicida contro *B. oleae*, sono i due fosfororganici ad azione citotropica dimetoato e fosmet, e il neonicotinoide sistemico, imidacloprid (da impiegare secondo le normative vigenti e disciplinari di produzione integrata). Come noto, il tradizionale e diffuso impiego del dimetoato, si deve alla sua notevole efficacia, accompagnata da scarsa liposolubilità e quindi bassa residualità nell'olio. Tuttavia i prodotti fitosanitari contenenti dimetoato sono stati recentemente revocati in base al regolamento UE 2019/1090 e potranno essere utilizzati solo fino al 17 luglio 2020 (Comunicato del Ministero della Salute, 24/07/2019).

5.1.2 Lotta preventiva o adulticida

Con la lotta preventiva diretta contro gli adulti, l’olivicoltore sceglie di adottare la strategia di abbattere le popolazioni degli stessi o di prevenirne le ovideposizioni.

Questi obiettivi possono essere perseguiti utilizzando dispositivi di vario tipo, genericamente chiamati "trappole", al fine di applicare le tecniche di "cattura massale" (*mass trapping*) o "attrazione e abbattimento" (*lure and kill*) degli adulti, oppure con ripetuti trattamenti a base di esche proteiche o zuccherine addizionate con un principio attivo insetticida, applicate in modo mirato solo su porzioni limitate della chioma.

Nel primo caso i dispositivi (fig. 13) vanno applicati per tempo prima dell’indurimento del nocciolo, e, in funzione delle loro caratteristiche, devono essere sostituiti o “ricaricati” periodicamente. In altri casi invece, è sufficiente la sola installazione iniziale.

Per trattamenti con esche proteiche zuccherine avvelenate, è opportuno tener conto di più fattori: a) soglia di intervento stabilita (1-2% di infestazione attiva, e/o 2-3 maschi/trappola/settimana); b) persistenza del formulato; c) effetto dilavante di eventuali piogge.

Tali valori-soglia servono a coniugare l'esigenza di una difesa effettivamente preventiva che permetta di superare una lotta a calendario con conseguenti benefici ecologici ed economici.

I principali aspetti positivi derivanti dall'adozione di detta strategia riguardano: 1) la ridotta superficie di chioma investita dal trattamento; 2) il considerevole risparmio di acqua; 3) il modesto impatto nei confronti dell'artropodofauna utile e dell'ambiente in generale; 4) la possibilità di applicare la tecnica anche in oliveti costituiti da piante di grandi dimensioni (es. impianti di varietà Seggianese).

In questo contesto, da anni si sta sempre più diffondendo l'impiego del formulato "Spintor Fly". Tale prodotto basa la sua efficacia sull'azione attrattiva di un'esca zuccherina e sull'attività insetticida dello spinosad, principio attivo derivante dalla fermentazione del batterio *Saccharopolyspora spinosa*. Il formulato è ammesso anche in olivicoltura biologica dove può essere applicato fino a 8 interventi all'anno.



Fig. 13 – Dispositivi per la lotta contro gli adulti della mosca delle olive.

L'efficacia di tutti i metodi preventivi adulticidi dipende in larga misura dall'ampiezza e dalla uniformità dell'area trattata. Infatti i migliori risultati si ottengono solo quando si opera su aree olivate di una certa estensione (minimo 5 ha), secondo il concetto largamente condiviso di "Area-Wide Pest Management"

5.2 La difesa dalla mosca in "olivicoltura biologica"

Il controllo della mosca in "olivicoltura biologica", rispecchia in larga parte le strategie di controllo preventivo adulticida sopra descritte, salvo che in questo contesto non possono ovviamente essere impiegati, insetticidi di sintesi. Possono invece essere utilizzati principi attivi di origine vegetale quali le piretrine.

Da lungo tempo, pur senza avere una precisa conoscenza dei meccanismi di azione, è consolidato l'uso di formulati rameici per contrastare la riproduzione e lo sviluppo della mosca, magari in parallelo all'azione antiparassitaria degli stessi nei confronti di importanti agenti di malattia quali l'occhio di pavone, la cercosporiosi e la rogna dell'olivo.

In anni recenti i prodotti rameici sono stati oggetto di indagini specifiche che ne hanno dimostrato una significativa attività battericida nei confronti dei microrganismi presenti sulla chioma dell'olivo, nonché un'azione altrettanto valida come agente di interruzione della simbiosi che *B. oleae* ha instaurato con il batterio *Candidatus Erwinia dacicola*.

In ogni caso, sia che si voglia utilizzare il rame per i suoi effetti deterrenti sia per quelli battericidi specifici verso il simbionte, è necessario intervenire precocemente prima dell'indurimento del nocciolo e dei successivi periodi di ovideposizione.

A tale scopo possono essere utilizzati sia preparati tradizionali, come poltiglia bordolese, solfato di rame, o altri prodotti rameici, che formulati a più basso contenuto di rame metallo ma di notevole efficacia, come gli idrossidi.

Tenuto conto della considerevole persistenza di alcuni prodotti rameici, è opportuno che le olive una volta giunte al cantiere di lavorazione subiscano un adeguato lavaggio per abbattere il rischio della eventuale presenza di residui di rame nell'olio.

Anche i trattamenti con caolino⁵, ad effetto repellente, devono essere effettuati precocemente con gli stessi criteri descritti per gli interventi rameici. Il caolino è un'argilla che forma un film continuo sulla superficie delle olive rendendole meno idonee all'ovideposizione. Per questo motivo è necessario distribuire il prodotto in maniera omogenea. I formulati commerciali a

base di caolino sono piuttosto costosi; tuttavia se impiegati opportunamente, sono in grado di garantire risultati soddisfacenti anche in condizioni di infestazione medio-alta. In Sicilia, in anni recenti, sono state sperimentate contro la mosca miscele di caolino e rame con risultati, anche in questo caso, del tutto positivi.

A questo proposito merita ricordare che esistono in commercio prodotti registrati come concimi fogliari che, grazie al fatto di essere a base di rame e di calce (che espleta un'azione analoga al caolino), hanno trovato ampie possibilità di impiego nella difesa preventiva della produzione olivicola dagli attacchi di mosca.

Considerazioni finali

Da quanto esposto in questo manuale, il problema della mosca e del suo controllo presenta ancora una serie di punti critici, il cui superamento potrà avvenire solo a seguito di studi e ricerche da condurre attraverso la stretta collaborazione tra istituzioni di ricerca, servizi fitosanitari regionali, tecnici e operatori di settore.

Tuttavia l'olivicoltore ha già da anni un ventaglio di possibili soluzioni per proteggere con soddisfacenti risultati la propria produzione olivicola, basando le linee guida e i processi decisionali su almeno i seguenti punti cardine della difesa integrata: 1) monitoraggio delle popolazioni preimaginali e degli adulti della mosca rapportandolo alle fasi fenologiche dell'olivo; 2) valutazione degli andamenti climatici e delle previsioni meteo; 3) rispetto delle soglie economiche per l'applicazione di eventuali misure di difesa; 4) fruizione dei diversi canali di informazione messi in atto dal Servizio Fitosanitario Regionale.

Tutto ciò in ottemperanza del "Piano di Azione Nazionale" (PAN^s) e di una visione sempre più globale dell'agroecosistema oliveto. Al riguardo è importante rimarcare che, in attesa di poter disporre di metodi decisamente innovativi come la Tecnica dell'Insetto Sterile (SIT) o altre tecniche basate sulla manipolazione del comportamento trofico e riproduttivo, il controllo della mosca dovrà privilegiare la scelta di metodi preventivi in un contesto di Area-Wide Pest Management.

Glossario

Azione citotropica: capacità di un fitofarmaco di penetrare per qualche millimetro nei tessuti vegetali e di espletare in modo endofitico e localizzato la propria azione tossica nei confronti dell'insetto fitofago.

Azione sistemica: capacità di un fitofarmaco di essere assorbito e traslocato dal sistema vascolare delle piante.

Batteri: microrganismi unicellulari provvisti di parete e caratterizzati dall'assenza di un nucleo morfologicamente delimitato.

Caolino: sostanza incoerente di colore grigiastro, composta di caolinite e altri minerali argillosi, ampiamente usata in agricoltura sia per proteggere le piante dal riscaldamento dovuto alla radiazione solare, sia per "schermare" le piante dagli attacchi dei fitofagi.

Cascola: caduta prematura di frutti dovuta a fattori biotici e abiotici che influenzano negativamente la fisiologia della pianta.

Curve di volo: andamento delle catture degli adulti di *Bactrocera oleae* nel tempo, in grado di fornire indicazioni sulla consistenza relativa della popolazione e sul numero di generazioni annue

Costante termica: numero di gradi-giorno necessari per lo sviluppo completo dell'insetto

Esche avvelenate: sostanze attrattive di natura proteica e/o zuccherina, avvelenate con insetticidi, in grado di attrarre e di abbattere gli adulti delle mosche della frutta

Essudati zuccherini: sostanze zuccherine emesse dalle piante per scopi diversi, da non confondere con le "melate escrementizie", emesse da Rincoti Omotteri che si nutrono a spese di linfa elaborata

Fascia climatica: porzione di territorio, generalmente estesa in senso latitudinale, che presenta caratteristiche climatiche omogenee

Fase fenologica: stadio del ciclo vitale di un organismo vivente identificato da uno *status* morfologico, fisiologico e funzionale strettamente dipendente dall'andamento climatico e stagionale

Feromoni: sostanze prodotte da ghiandole esocrine degli insetti, dirette a individui della medesima specie (comunicazione intraspecifica) nei quali producono una precisa reazione comportamentale o un processo di sviluppo

Fosfororganici: insetticidi organici di sintesi ad azione neurotossica indiretta con caratteristiche di citotropicità e/o sistemicità

Generazioni della mosca: cicli di sviluppo della mosca comprensivi dello sviluppo embrionale, larvale e pupale, fino allo sfarfallamento dell'adulto (da uovo ad adulto)

Indurimento del nocciolo: fase fenologica del frutto dell'olivo in cui l'endocarpo (nocciolo) e l'embrione raggiungono le loro dimensioni finali; parametro di particolare importanza in quanto correlato in generale al raggiungimento della suscettibilità delle drupe alle ovideposizioni da parte della mosca

Insetticida di sintesi: principio attivo, ottenuto per sintesi chimica, in grado di esplicare azione tossica di varia natura nei confronti degli insetti; parte principale di formulati commerciali di differenti categorie di insetticidi; nessun insetticida di sintesi è ammesso in "agricoltura biologica".

Larva: stadio di sviluppo degli insetti a metamorfosi completa, caratterizzato da diverse età, che in *B. oleae* sono in numero di tre.

Microscopio stereoscopico: microscopio ottico in grado di fornire una visione tridimensionale del campione.

Monofago: aggettivo riferito di solito a specie di insetto che si nutre a spese di un unico ospite o di un unico genere di ospiti.

Ondata di calore: superamento temporale di valori soglia di temperatura, che si verifica quando per almeno 6 giorni consecutivi la temperatura massima è superiore al 90° percentile rispetto al periodo climatologico di riferimento (1961-1990 o 1971-2000).

Ovopositore: organo genitale esterno di cui sono dotate le femmine degli insetti, atto alla deposizione delle uova.

Piano d'Azione Nazionale (PAN): quadro normativo per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari di cui alla direttiva 2009/128/CE, recepita con il decreto legislativo del 14 agosto 2012, n. 150, che stabilisce gli obiettivi, le misure, i tempi e gli indicatori per la riduzione dei rischi e degli impatti derivanti dall'utilizzo dei prodotti fitosanitari.

Il Piano di Azione, adottato in Italia con Decreto Interministeriale 22 gennaio 2014, promuove pratiche di utilizzo dei prodotti fitosanitari maggiormente sostenibili e fornisce indicazioni per ridurre l'impatto di tali prodotti nelle aree agricole, nelle aree extra agricole (aree verdi urbane, strade, ferrovie, ecc..) e nelle aree naturali protette.

Periodo bianco: espressione tipicamente riferita alla mosca delle olive per definire il periodo di tempo compreso fra lo sfarfallamento primaverile e la successiva comparsa degli adulti negli oliveti (indurimento del nocciolo); fase ancora poco conosciuta della biologia di *B. oleae* e certamente meritevole di approfondimenti.

Principio attivo: in fitoiatria indica la sostanza che, nel formulato, possiede l'azione tossica nei confronti degli organismi bersaglio.

Pupa: stadio di sviluppo degli insetti a metamorfosi completa che precede quello di adulto; nella mosca delle olive, come in tutti i muscomorfi, tale stadio si forma all'interno della cuticola della larva matura, che prende il nome di pupario.

Scutello: Ultimo segmento dorsale del torace delle mosche della frutta (vedi figure 1, 2 e 3).

Soglia termica inferiore: temperatura alla quale l'insetto cessa di svilupparsi, senza morire (conosciuta anche come "zero di sviluppo").

Servizio Fitosanitario Regionale: struttura regionale le cui funzioni, definite dal D. Lgs. 214/2005, vengono svolte attraverso una serie di servizi nel settore della protezione delle piante, della diagnostica fitopatologica, dell'uso degli agrofarmaci, nonché dell'importante campo del monitoraggio di organismi da quarantena e di altre avversità biotiche di interesse agrario, forestale, vivaistico e ornamentale.

Sfarfallamento: fuoriuscita dell'adulto dall'esuvia dell'ultimo stadio giovanile.

Soglia d'intervento: densità critica di popolazione del fitofago in corrispondenza della quale può essere opportuno adottare misure di controllo per evitare perdite economiche di produzione.

Stadio di sviluppo: fase dello sviluppo di insetti a metamorfosi incompleta (uovo, neanide, ninfa) o completa (uovo, larva, pupa).

Trappole cromotropiche: dispositivi di varia forma e colore (solitamente rettangolari e di color giallo) di uso comune per il monitoraggio di specie dannose; relativamente alla mosca delle olive, presentano il vantaggio di catturare entrambi i sessi, unito al notevole inconveniente di essere non selettive nei confronti di insetti utili.

Zone pandacie: aree del bacino del Mediterraneo dove, per caratteristiche climatiche e per la disponibilità pressoché continua di olive, la mosca è in grado di riprodursi per tutto l'anno dando luogo a numerose generazioni.

Bibliografia essenziale

- BAGNOLI B., IANNOTTA N., 2012 - Principali insetti fitofagi e relativi metodi di controllo integrato. Vol. XIV della Collana dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio. <http://www.accademiaolivoolio.com/accademia/index> (ISSN 2281-4930).
- BELCARI A., BOBBIO E., 1999 - L'impiego del rame nel controllo della mosca delle olive, *Bactrocera oleae*. *Informatore Fitopatologico*, 12: 52-55.
- BELCARI A., SACCHETTI P., MARCHI G., SURICO G., 2003 - La mosca delle olive e la simbiosi batterica. *Informatore Fitopatologico*, 9: 55-59.
- BIGIOTTI G., GUIDI R., SACCHETTI P., BELCARI A., 2017 - Difesa dalla mosca delle olive in olivicoltura biologica. *Olivo & Olio*, 20: 30-34.
- BIGIOTTI G., PASTORELLI R., BELCARI A., SACCHETTI P., 2019. Symbiosis interruption in the olive fly: effect of copper and propolis on *Candidatus Erwinia dacicola*. *Journal of Applied Entomology*, 143: 357-364.
- CALECA V., BELCARI A., SACCHETTI P., 2012 - Il controllo della mosca delle olive in olivicoltura integrata e biologica. *Protezione delle colture*, 3: 27-33.
- CROVETTI A., BELCARI A., RASPI A., 1996 - La Difesa Fitosanitaria. Sviluppo di metodologie e salvaguardia della produzione e dell'ambiente. In: *Enciclopedia Mondiale dell'Olio*. Consiglio Oleicolo Internazionale (C.O.I.), Madrid: 225- 250.
- DALLA MARTA A., ORLANDINI S., SACCHETTI P., BELCARI A., 2004 - *Olea europea*: integration of GIS and simulation modelling to define a map of "dacic attack risk" in Tuscany. *Advances in Horticultural Science*, 18(4): 168-172.
- 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. *Climatic Change*, 95(5): 195-217.
- NEUENSCHWANDER P., MICHELAKIS S.E., BIGLER F., 1981 - Abiotic factors affecting mortality of *Dacus oleae* larvae and pupae in the soil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 30: 1-9.
- ORLANDINI S., BELCARI A., DALLA MARTA A., SABATINI F., SACCHETTI P., 2005 - Dynamics of temperature in olive tree (*Olea europea* L.) fruit pulp. *Advances in Horticultural Science*, 19(1): 42-46.
- ORLANDINI S., SABATINI F., DALLA MARTA A., SACCHETTI P., BELCARI A., 2002 - Misure di temperatura delle olive e del terreno per la simulazione dello sviluppo di *Bactrocera oleae*. *Notiziario sulla protezione delle piante*: 355- 360.
- RASPI A., CANALE A., LONI A., 2005 - Presence of mature eggs in olive fruit fly, *Bactrocera oleae* (Diptera Tephritidae) at different constant photoperiods and at two temperatures. *Bulletin of Insectology*, 58: 125-9.
- RICCIOLINI M., 2001 - La mosca delle olive. ARSIA Regione Toscana, EffeEmme Lito, Firenze, 98 pp.
- RICCIOLINI M., RIZZO D., 2010 - Mosca delle olive *Bactrocera oleae* (Rossi). In: "Avversità dell'olivo e strategie di difesa in Toscana" ARSIA, Regione Toscana: 15-60.

- ROSI M.C., LIBRANDI M, SACCHETTI P., BELCARI A, 2007 - Effectiveness of different copper products against the olive fly in organic olive groves. *Integrated Protection of Olive Crops, IOBC/wprs Bull.* 30(9): 277-281.
- 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*: 361- 370.
- SACCHETTI P., GRANCHIETTI A., LANDINI S., VITI C., GIOVANNETTI L., BELCARI A., 2008 - Relationships between the olive fly and bacteria. *Journal of Applied Entomology*, 132: 862-869.
- SACCHETTI P., LISCIA A., PASTORELLI R., BIGIOTTI G., GUIDI R., BELCARI A., 2017 - Le simbiosi batteriche nella mosca delle olive, *Bactrocera oleae*: dalla ricerca di base allo sviluppo di nuove strategie di controllo. *Atti Accademia Nazionale Italiana Entomologia*, LXIV: 93-98.
- WANG X.G., JOHNSON M.W., DAANE K.M., NADEL H., 2009 - High summer temperatures affect the survival and reproduction of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 38: 1496-1504.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze che, attraverso la stampa di questo manuale, ha voluto supportare la filiera olio-olivicola toscana e le aziende agricole che vi operano, afflitte negli ultimi anni dalla mosca delle olive che causa gravi danni quantitativi e qualitativi alle produzioni.

Le attività sono state in parte svolte nell'ambito del progetto misura 16.2 "AppAGO", PSR 2014/2020 Regione Toscana.

Si ringrazia altresì il collega Bruno Bagnoli che ha curato la revisione critica del manoscritto con pazienza e solidità scientifica, contribuendo a migliorare notevolmente la forma e la sostanza del presente libretto.

Gli Autori

ADA BALDI. Laureata in Scienze Agrarie Tropicali e Subtropicali ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in “Sistemi pastorali e foraggero-zootecnici sostenibili per il territorio e la qualità dei prodotti” Dal 2005 è stata assegnista/borsista presso il DISPAA e attualmente presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell’Università degli Studi di Firenze. I suoi principali ambiti di interesse e competenza sono: rapporti suolo-pianta-ambiente; agricoltura di precisione; qualità delle produzioni agroalimentare; coltivazione di ortaggi in fuori suolo; disinfezione del terreno con sostanze eco-compatibili; produzione vivaistica di tappeti erbosi e propagazione di specie floricole.

ANTONIO BELCARI. Antonio Belcari è Professore Ordinario di Entomologia agraria presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell’Università degli Studi di Firenze. Ha condotto ricerche sulla biologia, morfologia ed ecologia di specie dannose in ecosistemi agrari curando soprattutto lo sviluppo di metodologie di controllo integrato. I principali campi di interesse e di indagine riguardano l’etologia, la biologia e il controllo di fitofagi dell’agroecosistema olivo e la biotassonomia e la morfologia di Ditteri Tefritidi e Pipunculidi. Il Prof. Belcari ha svolto ricerche in ambito tropicale (Ghana, Ecuador) partecipando a progetti finanziati dall’Unione Europea. Ha fatto da revisore per diverse riviste nazionali e internazionali con impact factor. Ha partecipato attivamente a vari gruppi di lavoro (Coordinated Research Project) finanziati dall’International Atomic Energy Agency per lo studio della possibilità di applicazione della tecnica del maschio sterile alla mosca delle olive. Dal 1991 è nell’Editorial Board della rivista “Entomological Problems” di Bratislava.

GAIA BIGIOTTI. Laureata in Scienze e Tecnologie Agrarie, ad indirizzo “Medicina delle piante”, presso l’Università degli Studi di Bologna discutendo una tesi dal titolo “Lotta biologica e integrata agli insetti”. Ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in “Scienze Agrarie e Ambientali” presso il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell’Ambiente dell’Università degli Studi di Firenze, riguardante lo studio delle simbiosi batteriche nella mosca delle olive *Bactrocera oleae*. I suoi principali ambiti di interesse e competenza sono: la lotta biologica agli insetti dannosi e l’uso di prodotti alternativi a quelli convenzionali, la bio-etologia di insetti dannosi, la microbiologia e lo studio delle simbiosi batteriche negli insetti.

ANNA DALLA MARTA. Laureata in Scienze Agrarie Tropicali e Subtropicali presso l’Università degli Studi di Firenze, è stata titolare di un dottorato di ricerca in “Scienza del Suolo e Climatologia”. È attualmente ricercatrice a tempo determinato presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI). Si occupa di agrometeorologia per una gestione sostenibile delle colture e del territorio attraverso l’uso di modelli, l’analisi delle relazioni tra clima, risposte delle colture e qualità delle produzioni, l’analisi dei bilanci ambientali applicati alle produzioni agricole e all’analisi del ruolo dell’agricoltura nella mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la produzione di energie rinnovabili. Svolge attività di didattica in ambito agronomico, è field editor della rivista Italian Journal of Agrometeorology.

CAROLINA FABBRI. Laureata in Scienze e tecnologie agrarie presso l’Università degli Studi di Firenze, con tesi “Stima dei danni da grandine in un’azienda vitivinicola toscana – la Fattoria di Artimino”. Nel 2016 ha ricevuto una borsa di studio nell’ambito del progetto regionale “AppAGO”, “Applicazioni Agronomiche innovative per la Gestione dell’Olivicoltura collinare”

presso la “Fondazione per il Clima e la Sostenibilità”. Attualmente è titolare di una borsa di dottorato di ricerca in “Scienze Agrarie e Ambientali” presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell’Università degli Studi di Firenze, riguardante l’analisi degli effetti della gestione agronomica sulle dinamiche di emissione di azoto dai suoli agricoli.

ROBERTO GUIDI. Laureato in Scienze e Tecnologie agrarie presso l’Università degli Studi di Firenze, con tesi dal titolo “Allevamento di *Bactrocera oleae* su substrato artificiale in relazione alla simbiosi batterica”. Ha collaborato con il Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell’Ambiente, dal 2015. Nel 2016 ha ottenuto una borsa di ricerca dal titolo “Sviluppo di nuovi attrattivi per il monitoraggio e controllo della mosca delle olive”. Dal 2017 è titolare di borsa di ricerca dal titolo “Tecniche innovative di controllo della mosca delle olive”. Attualmente è borsista di ricerca presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI).

MARCO MANCINI. Laureato in Scienze Agrarie presso l’università degli Studi di Firenze, collabora con il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell’Università di Firenze. Dal 2016 è direttore della Fondazione per il Clima e la Sostenibilità. Dal 2011 membro del consiglio direttivo della Associazione Italiana di Agrometeorologia. Ha condotto ricerche sull’agrometeorologia e agroclimatologia, in particolare studiando i rapporti con gli ecosistemi viticoli e cerealicoli, su indagini di Life Cycle Assessment.

ANITA NENCIONI. Laureata in Scienze e Tecnologie Agrarie presso l’Alma Mater Studiorum dell’Università di Bologna, con una tesi dal titolo “Studio sulla biodiversità dei Sirfidi (Diptera; Syrphidae) e sua applicazione nella conservazione di habitat mediterranei in Spagna” svolta presso l’Istituto CIBIO (Centro Iberoamericano de la Biodiversidad) di Alicante (Spagna):. Nel 2016 ha effettuato un tirocinio post laurea presso l’istituto di ricerca IVIA (Istituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) di Valencia. Nel 2017, ha vinto una borsa di studio presso il dipartimento DISPAA della Scuola di Agraria dell’Università degli Studi di Firenze, nell’ambito del progetto regionale “AppAGO” (Applicazioni Agronomiche innovative per la Gestione dell’Olivicoltura collinare). Attualmente è borsista di ricerca presso il DAGRI dove si occupa dello studio di vari fitofagi, tra i quali la mosca delle olive.

SIMONE ORLANDINI. Professore Ordinario presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) – Università di Firenze. Laureato in Scienze Agrarie, ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Agrometeorologia. Svolge attività didattica nel settore agronomico. È Direttore del Centro Interdipartimentale di Bioclimatologia e Accademico Ordinario della Accademia dei Georgofili di Firenze. È Presidente della Fondazione per il Clima e la Sostenibilità. È stato eletto Segretario-Tesoriere e fa parte del Consiglio Direttivo della Società Italiana di Agronomia. I suoi principali interessi di ricerca sono lo studio dei rapporti suolo, pianta atmosfera, la crescita e sviluppo delle colture, la sostenibilità ambientale dei processi produttivi, il clima locale in ambienti urbani e rurali, mediante l’applicazione di modellistica, sistemi informativi geografici, telerilevamento.

MARZIA CRISTIANA ROSI. Laureata in Scienze Agrarie, ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in “Bioecologia degli insetti entomofagi e controllo biologico negli agro-ecosistemi” presso l’Università degli Studi di Perugia e ha integrato la propria formazione professionale anche presso l’Entomology Department of Texas Agricultural and Mechanical University (USA). Attualmente è ricercatore di Entomologia agraria presso il Dipartimento di Scienze e

Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell'Università degli Studi Firenze dove svolge attività didattica nel settore della difesa nell'agroecosistema viticolo. Ha condotto ricerche sulla ecologia, biologia, ed etologia di specie dannose in ecosistemi agrari e dei loro antagonisti. I principali campi di indagine riguardano l'ecologia chimica e le interazioni trofiche nei sistemi fitofago-antagonista per lo sviluppo di metodologie di controllo integrato. Ha partecipato a progetti finanziati dalla Unione Europea.

PATRIZIA SACCHETTI. Patrizia Sacchetti è Professore Associato presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI), dove svolge attività di ricerca e didattica pertinenti al settore dell'Entomologia agraria. I principali ambiti di interesse sono la lotta integrata, la lotta biologica, l'agroecologia. L'attività di ricerca è stata rivolta prevalentemente alla difesa dell'olivo e negli ultimi anni ha studiato le relazioni che intercorrono tra la mosca delle olive e i batteri simbiotici. Altri settori di indagine sono l'impiego di entomofagi nel controllo biologico di fitofagi agrari e forestali, la dinamica di popolazione di insetti dannosi e dei loro nemici naturali, i modelli previsionali, gli effetti delle pratiche agricole sull'entomofauna utile. Ha svolto anche ricerche nel settore dell'entomologia medico - veterinaria, occupandosi di monitoraggio e lotta integrata a culicidi e mosca domestica. Ha svolto alcuni periodi di studio all'estero (Slovacchia, USA). Ha svolto attività di ricerca nell'ambito di progetti di interesse nazionale e ha assunto la responsabilità di progetti di carattere locale.

