



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

DINAMICA DELLA POPOLAZIONE ED  
ECOLOGIA DI *DROROPHILA SUZUKII* NELLA  
REGIONE MARCHE

Population dynamics and ecology of *Drosophila suzukii* in the  
Marche Region

TIPO TESI: sperimentale

Studente:  
LORENZA DI ZIO

Relatore:  
PROF.SSA PAOLA RIOLO

Correlatore:  
DOTT. MATTEO CATTALANI

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

# SOMMARIO

ELENCO DELLE FIGURE	4
ELENCO DELLE TABELLE	7
1. INTRODUZIONE	8
1.1 Drosophilidae	8
1.2 <i>Drosophila suzukii</i>	9
1.2.1 Ciclo di vita di <i>Drosophila suzukii</i>	11
1.2.2 Habitat di sviluppo di <i>Drosophila suzukii</i>	12
1.2.3 Diffusione globale di <i>Drosophila suzukii</i>	14
1.2.4 Danni provocati da <i>Drosophila suzukii</i>	16
1.2.5 Mezzi di lotta e controllo di <i>Drosophila suzukii</i>	17
2. SCOPO DELLA TESI	24
3. MATERIALI E METODI	25
3.1 Metodi di monitoraggio	27
3.2 Identificazione dei Drosophilidi catturati	28
3.3 Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di <i>Drosophila suzukii</i>	30
3.4 Studio dei dati	31
4. RISULTATI E DISCUSSIONI	33
3.5 Dinamica di popolazione di <i>Drosophila suzukii</i>	33
3.5.1 Azienda Agricola Mazzoni –Montedinove (AP)	33
3.5.2 Azienda Agricola Acciarri – Ortezzano (FE)	37
3.6 Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di <i>Drosophila suzukii</i>	40
3.6.1 Azienda Agricola Mazzoni -Montedinove (AP)	40

5. CONCLUSIONI	43
BIBLIOGRAFIA	46
SITOGRAFIA	50
RINGRAZIAMENTI	51

## ELENCO DELLE FIGURE

<b>Figura 1.</b> Uova di <i>Drosophila suzukii</i> (Fonte: Bedini <i>et al.</i> , 2020)	9
<b>Figura 3.</b> Esemplari adulti di maschio (a), con la tipica ala macchiata (c), e femmina (b), con ovopositore sclerificato (d), di <i>Drosophila suzukii</i> (Fonte: Miller <i>et al.</i> , 2017; Johnson, 2013)	10
<b>Figura 2.</b> Larva (a) e pupa (b) di <i>Drosophila suzukii</i> (Fonte: Johnson, 2013)	10
<b>Figura 4.</b> Distribuzione geografica di <i>Drosophila suzukii</i> e relativo grado di invasione, come riportato in legenda (Fonte: CABI)	14
<b>Figura 5.</b> Diffusione cronologica in Europa.	15
<b>Figura 6.</b> Diffusione cronologica in Italia.	16
<b>Figura 7.</b> Depressione della struttura del frutto (a) ed espulsione di linfa dai fori creati durante l'ovideposizione di <i>Drosophila suzukii</i> (b). Fori creati su ciliegie che rendono il frutto invendibile.	17
<b>Figura 8.</b> <i>Leptopilina boulandi</i> (a) e <i>Leptopilina heterotoma</i> (b)	18
<b>Figura 9.</b> <i>Pachycrepoideus vindamiae</i> (a) e <i>Trichopria drosophilae</i> (b)	19
<b>Figura 10.</b> <i>Ganaspis xanthopoda</i> (a) e <i>Orius laevigatus</i> (b)	19
<b>Figura 11.</b> Strategia che utilizza repellenti (push) e attrattivi (pull) (Fonte: Alkema <i>et al.</i> , 2019).	21
<b>Figura 12.</b> Trappola innescata con l'attrattivo alimentare (Droskidrink) visibile all'interno della trappola priva del coperchio (a) e trappola (b).	22
<b>Figura 13.</b> Reti anti-insetto (Fonte: Caruso <i>et al.</i> , 2017).	23
<b>Figura 14.</b> Pescheto B e distribuzione delle 10 trappole (in giallo).	26
<b>Figura 15.</b> Pescheto A e distribuzione trappole delle 18 trappole. In alto il transetto Sud e in basso il transetto Nord.	26
<b>Figura 16.</b> Droso-trap utilizzata durante la prova.	27
<b>Figura 17.</b> Stereomicroscopio utilizzato per l'identificazione e setaccio (a). Fase di isolamento (b) e caso di gelificazione del Droskidrink (c).	28
<b>Figura 18.</b> Eppendorf con all'interno le Drosophile identificate	29
<b>Figura 19.</b> Dettagli per il riconoscimento di <i>Drosophila suzukii</i> . In foto A si può osservare la macchia nera sull'ala per il riconoscimento del maschio; in foto B e C è possibile osservare un ingrandimento dell'ovopositore seghettato e sclerificato distalmente	29
<b>Figura 20.</b> Ovarioli non maturi (UOv) (a); ovociti non maturi (b); ovociti in maturazione (c); ovociti maturi (d) (Fonte: Grassi <i>et al.</i> , 2017).	31

**Figura 21.** Ripartizione percentuale dei Drosofilidi catturati nel sito A mediante l'uso di trappole cromotropiche nel periodo di campionamento che va dal 18/02/2020 al 20/01/2021 33

**Figura 22.** Dinamica della popolazione di *Drosophila obscura* nel sito A in località Montedinove dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio, nell'asse delle ordinate il numero totale degli insetti catturati nelle 18 trappole. La linea verde indica *D. obscura* 34

**Figura 23.** Catture nelle trappole raggruppate in base al sesso, Azienda Mazzoni – Montedinove (AP) ( $\chi^2$  test;  $P < 0,5$ ). Sull'asse delle ordinate le catture totali. 34

**Figura 24.** Dinamica della popolazione di *D. suzukii* nel sito A dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono riportate le date di rilievo, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati. La linea tratteggiata indica il totale degli individui catturati, la linea rossa indica le femmine, la linea blu indica i maschi. 35

**Figura 25.** Andamento climatico nel pescheto A in località Montedinove dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Sull'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio; sull'asse delle ordinate a sinistra è indicata l'umidità relativa e sull'asse delle ordinate a destra sono indicate temperatura media e precipitazioni. La linea gialla indica l'umidità relativa, la linea verde indica la temperatura media e gli istogrammi blu indicano le precipitazioni. 36

**Figura 26.** Abbondanza delle catture all'interno delle trappole in funzione della distanza dai bordi. Azienda Mazzoni – Montedinove (AP). N= transetto Nord, S= transetto Sud. Sull'asse delle ordinate gli individui catturati. La linea rossa rappresenta gli individui di sesso femminile mentre la linea blu quelli di sesso maschile 37

**Figura 27.** Ripartizione percentuale dei Drosofilidi catturati nel sito B mediante l'uso di trappole cromotropiche nel periodo di campionamento che va dal 18/02/2020 al 20/01/2021. 38

**Figura 29.** Dinamica della popolazione di *Drosophila obscura* nel sito B in località Ortezzano, dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di rilievo, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati nelle 10 trappole. 39

**Figura 28.** Dinamica della popolazione di *D. suzukii* nel sito B in località Ortezzano dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati nelle 10 trappole. La linea tratteggiata indica la media degli individui catturati, la linea rossa indica le femmine, la linea blu indica i maschi. 39

**Figura 30.** Andamento climatico nel sito B dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Sull'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio; sull'asse delle ordinate a sinistra è indicata l'umidità relativa e sull'asse delle ordinate a destra sono indicate temperatura media e precipitazioni. La linea gialla indica l'umidità relativa, la linea verde indica la temperatura media e gli istogrammi blu indicano le precipitazioni. 40

**Figura 31.** Valutazione degli ovari di *D. suzukii* nel sito A. Nell'asse delle ascisse sono indicate le date di cattura, nell'asse delle ordinate la percentuale di femmine analizzate. L'istogramma rappresenta le

cinque categorie di classificazione degli ovari. Le frecce azzurre indicano le date di monitoraggio che non hanno catturato nessun insetto causa grandine e sostituzione trappole. 41

**Figura 32.** Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *Drosophila suzukii*, nel periodo febbraio 2020-gennaio 2021, Azienda Mazzoni – Montedinove (AP). Sull'asse delle ordinate sono riportati le percentuali di femmine nei cinque stati di riproduzione. 42

## ELENCO DELLE TABELLE

<b>Tabella 1.</b> Classificazione di <i>Drosophila suzukii</i> .....	9
<b>Tabella 2.</b> Elenco piante selvatiche ospiti .....	12
<b>Tabella 3.</b> Elenco delle principali piante utilizzate da <i>Drosophila suzukii</i> come ospiti .....	13
<b>Tabella 4.</b> Elenco delle colture secondarie utilizzate come piante ospiti da <i>Drosophila suzukii</i> .....	14

# 1. INTRODUZIONE

Il moscerino della frutta *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) è un parassita invasivo polifago, endemico del sud-est asiatico, che ha recentemente invaso i paesi occidentali. Si sta diffondendo rapidamente e provoca delle perdite economiche gravi alle colture frutticole estive, motivi per cui sta diventando rapidamente un parassita che genera molta preoccupazione.

## 1.1 Drosophilidae

La famiglia Drosophilidae appartiene all'ordine dei Ditteri. L'ordine dei ditteri si suddivide in due sottordini: Nematoceri e Brachiceri. Nel sottordine dei Brachiceri è compresa la famiglia Drosophilidae.

I due sottordini si distinguono morfologicamente per le antenne che sono lunghe e filiformi con antenomeri subeguali nei Nematoceri e relativamente brevi, con al massimo sei articoli, di cui i primi tre sono i più sviluppati e gli altri sono ridotti a formare l'arista nei Brachiceri, e nel corpo: i Brachiceri hanno un corpo massiccio, mentre i Nematoceri ne hanno uno più slanciato.

La famiglia Drosophilidae comprende circa 3000 specie distribuite in oltre 60 generi, circa la metà delle specie descritte finora appartiene al genere *Drosophila* (Robe *et al.*, 2005).

Il corpo degli insetti facenti parte di questa famiglia ha una lunghezza di circa 3-4 mm, con una colorazione che può variare dal giallo al bruno e con pigmentazioni zonali sul torace o sull'addome.

Il capo è globoso, con occhi ben distanziati e generalmente di colore rosso. Le antenne sono brevi e di tipo aristato, con il primo flagellomero allungato e arista generalmente piumosa.

Il torace è costituito da tre segmenti: protorace, mesotorace e metatorace. Mesotorace e metatorace sono più sviluppati perché fungono da sostegno alare e contengono i muscoli. Le ali sono relativamente larghe, completamente ialine o con aree scure; la conformazione della nervatura è alquanto eterogenea e presenta convergenze trasversali fra i vari generi, perciò per la maggior parte dei caratteri non si può definire un modello rappresentativo per i singoli generi o per gruppi di essi.

Le zampe sono moderatamente lunghe e sottili, presentano setole sulla faccia dorsale delle tibiae.

L'addome è composto da 6 uriti nel maschio e 7 nella femmina.

In alcune specie si riscontra il dimorfismo sessuale.

Sono specie che si sviluppano principalmente in alimenti vegetali già interessati da altri processi di alterazione in atto, motivo per cui non vengono considerati organismi dannosi.



Un importante contributo è dato da alcune specie del genere *Drosophila* per l'evoluzione della ricerca biologica fin dal ventesimo secolo e sono usati come organismi modello in studi di citologia, genetica, fisiologia ed etologia; la specie più conosciuta nel campo della biologia e biotecnologia è *Drosophila melanogaster* (Miller *et al.*, 2017).

## 1.2 *Drosophila suzukii*

*Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) appartiene alla famiglia delle Drosophilidae, sottofamiglia delle Drosophilinae, al genere *Drosophila* ed al sottogenere *Sophophora* che è a sua volta suddiviso in diversi gruppi di specie. Uno di questi gruppi è quello di *Drosophila melanogaster*, diviso ulteriormente in sottogruppi, tra cui *D. suzukii*. Questo sottogruppo contiene principalmente specie di origine orientale.

**Tabella 1.** Classificazione di *Drosophila suzukii*

CLASSE	Insetti (Insecta)
ORDINE	Ditteri (Diptera)
SOTTORDINE	Brachiceri (Brachycera)
FAMIGLIA	Drosofilidi (Drosophilidae)
GENERE	<i>Drosophila</i>
SPECIE	<i>Drosophila suzukii</i> (Matsumura, 1931)

Le prime registrazioni della presenza di questa specie si hanno nel 1916 in Giappone, su frutti danneggiati di ciliegie (*Prunus avium*), venne poi descritta per la prima volta da Suzuki Matsumura nel 1931 che ne testimoniava il ritrovamento (Hauser, 2011).

È il più importante insetto dannoso della famiglia Drosophilidae e colpisce le colture da frutto con epicarpo sottile e molle. La scelta di ovideposizione è fortemente influenzata dalla fermezza dei frutti, ossia la loro durezza, che viene misurata con il penetrometro. L'ospite principale è la ciliegia, ma può parassitizzare una vasta gamma di frutti, come: mora, lampone, pesca, mirtillo, fragola, uva, ecc. Comunque questo argomento verrà ripreso successivamente in maniera più dettagliata.

Sono insetti olometaboli, ossia le forme giovanili non sono simili agli adulti. Le fasi di sviluppo sono: uovo – larva – pupa – adulto.

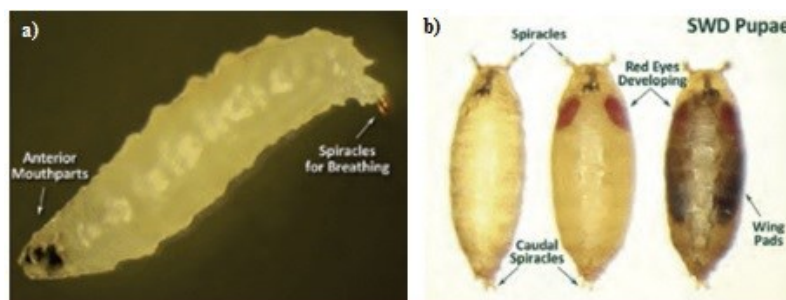


**Figura 1.** Uova di *Drosophila suzukii* (Fonte: Bedini *et al.*, 2020)

Le uova sono bianche e ovali, di circa 0,6 mm di lunghezza e 0,18 mm di larghezza, presentano inoltre due filamenti ad una estremità. Queste possono essere rilasciate sulla superficie del frutto oppure possono essere ovideposte dalla femmina all'interno di esso (Figura 1).

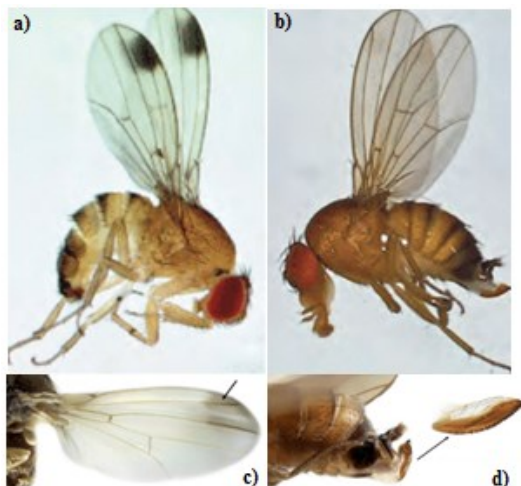
Le larve sono di difficile distinzione dalle altre larve del genere *Drosophila*; sono apode microcefale, di colore bianco. Presentano 3 stadi larvali che mutano in dimensioni ed hanno una lunghezza che può variare da 1 a 3,5 mm circa. Presentano ad un'estremità l'apparato boccale dilaniante, di colore nero, mentre all'altra estremità hanno due "steli" o proiezioni detti spiracoli (Figura 2a).

Le pupe sono inizialmente trasparenti o bianche, sono a forma di fuso e presentano anche queste delle piccole sporgenze, la colorazione vira verso il bruno-rossastro quando saranno mature (Figura 2b).



**Figura 3.** Larva (a) e pupa (b) di *Drosophila suzukii* (Fonte: Johnson, 2013)

Gli adulti presentano dimensioni di circa 2-3 mm, hanno occhi rossi ben visibili (i ditteri hanno il capo quasi interamente occupato da occhi composti), antenne corte simili ad una piuma dette arista ed un corpo marrone chiaro con strisce nere sull'addome (Figura 3a e 3b). La caratteristica principale di questa specie, che ne permette la distinzione da altre specie di Drosophile, è la presenza di un ovopositore sclerificato e seghettato nelle femmine adulte, che permette la deposizione delle uova all'interno dei frutti (Figura 3d). Le femmine adulte hanno dimensioni leggermente maggiori rispetto ai maschi allo stesso stadio. I maschi adulti invece sono caratterizzati da una macchia nera verso la punta dell'ala, su entrambe le ali (Johnson, 2013) (Figura 3c), per questo carattere la specie viene spesso denominata Spotted Wing Drosophila (SWD).



**Figura 2.** Esemplari adulti di maschio (a), con la tipica ala macchiata (c), e femmina (b), con ovopositore sclerificato (d), di *Drosophila suzukii* (Fonte: Miller *et al.*, 2017; Johnson, 2013)

### 1.2.1 Ciclo di vita di *Drosophila suzukii*

Proprio come le altre specie di *Drosophila* anche *D. suzukii* svolge più generazioni all'anno. In Asia, presunto areale d'origine dell'insetto, con condizioni ottimali per lo sviluppo, riesce ad effettuare fino a 13 generazioni l'anno (Winkler *et al.*, 2020). In zone come Nord Italia, Stati Uniti e Canada si stima che compia fino a 9 generazioni all'anno (Coop, 2010).

*D. suzukii* sverna come adulto e la sua attività riprende in primavera quando la temperatura supera i 9°C. È possibile che alcuni adulti siano già attivi nelle giornate invernali calde e, inoltre, la vita degli adulti che svernano sarà decisamente più lunga rispetto agli altri (Johnson, 2013).

La riproduzione avviene a temperature tra i 10° e i 32° per quanto riguarda l'ovideposizione e tra 10°C e 30°C per la fertilità dei maschi (Sakai *et al.*, 2005). Le temperature ottimali di sviluppo oscillano tra i 20° C e i 25° C (Kanzawa, 1939; Cini *et al.*, 2012).

Le uova vengono deposte all'interno di frutti in maturazione, grazie all'ovopositore sclerificato. Winkler *et al.* (2020) hanno stimato che, in media, in condizioni di temperatura ottimale il numero di uova deposte al giorno varia da 4 a 26. La deposizione delle uova dura dai 10 ai 65 giorni.

Queste si schiudono in 1-3 giorni liberando le larve che rimangono nel frutto e, dopo aver passato le 3 fasi larvali, maturano in un arco di tempo che varia dai 3 ai 13 giorni.

La fase di pupa si svolge principalmente nel frutto, tranne per alcune che cadendo a terra si insinuano al suo interno. Questa fase dura dai 4 ai 43 giorni.

La durata di vita degli adulti varia da 20 a 56 giorni, dato fortemente influenzato dalla temperatura ambientale. In generale, la longevità di questo insetto allo stadio adulto decrementa all'aumentare della temperatura entro un range di 10 – 33°C, comunque i valori assoluti della durata della vita differiscono notevolmente tra i vari studi fatti (Winkler *et al.*, 2020).

*D. suzukii* nella fase adulta può sopravvivere fino a 88 giorni ad una temperatura stabile di 10 C°, quando questa diminuisce la durata della vita dell'insetto subisce progressivamente una diminuzione (Dalton *et al.*, 2011; CABI, 2021).

Per evitare lo stress da calore, gli adulti di *D. suzukii* possono migrare in zone più fresche e spostare l'attività (come l'ovoposizione) nei momenti più freschi della giornata. A differenza degli adulti, gli stadi più immaturi (come le uova) sono confinate al sito dove sono state ovideposte, mentre le larve possono spostarsi verso habitat termicamente più favorevoli e scegliere il sito più adeguato per impuparsi.

L'accoppiamento degli adulti viene osservato principalmente durante il giorno, momento in cui le temperature sono più favorevoli, anche se potrebbe avvenire in qualsiasi momento della giornata. Le femmine sono passive mentre i maschi sono sempre attivi e vanno alla ricerca delle femmine. Nel corteggiamento di *D. suzukii* intervengono diversi fattori, come: stimoli visivi, vibrazioni trasmesse dal substrato e feromoni sessuali a corto raggio; il maschio apre le ali di fronte alla femmina per mostrare le macchie sulle ali. Nel comportamento di corteggiamento le femmine, oltre allo stimolo visivo, sono

stimolate da vibrazioni del substrato prodotte con le zampe dei maschi (Mazzoni *et al.*, 2013, Hamby *et al.*, 2016).

Le femmine ovidepongono da Aprile a Novembre, bisogna però considerare che, come riportato da alcuni autori, gli individui presenti in autunno risultano immaturi dal punto di vista riproduttivo, ipotizzando una diapausa riproduttiva nel periodo invernale (Wallingford *et al.*, 2016).

Gli adulti si nutrono spesso di frutti danneggiati e sono attratti dai frutti caduti e soggetti a processi di fermentazione. Le larve causano danni ai frutti in quanto, nutrendosi della polpa, causano una depressione visibile sulla superficie dei frutti. Le femmine, inoltre, oviponendo all'interno dei frutti lasciano una ferita sull'epicarpo che può fungere da via preferenziali di ingresso di fitopatogeni secondari (Walton *et al.*, 2010).

### 1.2.2 Habitat di sviluppo di *Drosophila suzukii*

Lo sviluppo di *D. suzukii* è correlato alla diffusione di colture sensibili, principalmente piccoli frutti, ma risulta in grado di riprodursi su una vasta gamma di frutti come quelli ornamentali, piante invasive o autoctone non coltivate.

In uno studio di Lee *et al.* (2015) e Kenis *et al.* (2016) sono state riportate le piante ospiti spontanee che comprendono specie comuni originarie proprio della regione del Mediterraneo (Tabella 2). Queste piante ospiti spontanee hanno un ruolo importante nel mantenimento delle popolazioni di *D. suzukii* quando mancano piante coltivate suscettibili (Tabella 3 e 4). Inoltre, possono anche fornire rifugio ai nemici naturali di *D. Suzukii*, facilitando il controllo biologico.

Risulta importante anche la vicinanza delle colture a boschi e aree incolte o marginali con frutti spontanei suscettibili, che possano creare un microclima adeguato e condizioni adatte alla presenza di piante che favoriscano il ciclo biologico del dittero (Arnó *et al.*, 2016). In Tabella 2 le principali piante selvatiche suscettibili:

**Tabella 2.** Elenco piante selvatiche ospiti

<b>NOME SCIENTIFICO</b>	<b>NOME COMUNE</b>
<b>FAMIGLIA Ericaceae</b>	
<i>Arbutus unedo</i>	Corbezzolo
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Mirtillo
<b>FAMIGLIA Cornaceae</b>	
<i>Cornus kousa</i>	Corniolo Kousa
<b>FAMIGLIA Moraceae</b>	
<i>Morus bombycis</i>	Gelso giapponese
<i>Morus rubra</i>	Gelso rosso
<b>FAMIGLIA Rosaceae</b>	
<i>Prunus japonica</i>	Ciliegio giapponese
<i>Prunus nipponica</i>	

Nelle zone più settentrionali, caratterizzate da inverni più rigidi, l'insediamento di *D. suzukii* è probabilmente influenzato dalla presenza di siti che permettono lo svernamento, come ad esempio ambienti urbani.

Gli habitat principali in cui *D. suzukii* si sviluppa sono terreni coltivati (agricoli), foreste, piantagioni, frutteti gestiti, agricoltura protetta come ad esempio produzioni in serra, mentre gli ambienti urbani/periurbani risultano essere degli habitat secondari cioè utilizzati come siti di svernamento.

*D. suzukii* infesta e si sviluppa in piccoli frutti integri e in maturazione, ossia quando inizia il viraggio del colore, la polpa si ammorbidisce, gli zuccheri solubili si accumulano e si acquisiscono aromi.

Ogni frutto, appartenente alla stessa specie o varietà, può essere più o meno suscettibile in base alla forza di penetrazione; un altro fattore che aumenta l'attrattività del frutto è sicuramente il contenuto di zuccheri solubili. Nel caso in cui non siano disponibili frutti adatti, *D. suzukii* attacca frutti danneggiati, deteriorati o caduti.

Le piante ospiti sono *Prunus persica* (pesco), *Malus pumila* var. *domestica* (melo comune), *Prunus triflora*, *Prunus armeniaca* (albicocco), *Pyrus pyrifolia* (pero giapponese), *Pyrus sinensis* (cotogno della Cina), *Eriobotrya japonica* (nespolo giapponese), *Lycopersicum esculentum* (pomodoro) e *Rubus microphyllus* (Kanzawa, 1939).

**Tabella 3.** Elenco delle principali piante utilizzate da *Drosophila suzukii* come ospiti.

<b>NOME SCIENTIFICO</b>	<b>NOME COMUNE</b>
<b>FAMIGLIA Ebenaceae</b>	
<i>Diospyros kaki</i>	Cachi
<b>FAMIGLIA Moraceae</b>	
<i>Ficus carica</i>	Fico comune
<b>FAMIGLIA Rosaceae</b>	
<i>Fragaria ananassa</i>	Fragola
<i>Malus domestica</i>	Mela
<i>Prunus avium</i>	Ciliegia dolce
<i>Prunus domestica</i>	Prugna
<i>Prunus persica</i>	Pesca
<i>Rubus</i>	Mora, Lampone
<i>Rubus armeniacus</i>	Mora himalayana
<i>Rubus fruticosus</i>	Mora
<i>Rubus idaeus</i>	Lampone
<i>Rubus laciniatus</i>	Mora tagliata
<i>Rubus loganobaccus</i>	Loganberry
<i>Rubus ursinus</i>	Mirtillo rosso
<b>FAMIGLIA Grossulariaceae</b>	
<i>Ribes</i> spp.	Ribes
<b>FAMIGLIA Ericaceae</b>	
<i>Vaccinium angustifolium</i>	Mirtillo Lowbush
<i>Vaccinium corymbosum</i>	Mirtillo gigante
<b>FAMIGLIA Vitaceae</b>	
<i>Vitis vinifera</i>	Vite

**Tabella 4.** Elenco delle colture secondarie utilizzate come piante ospiti da *Drosophila suzukii*.

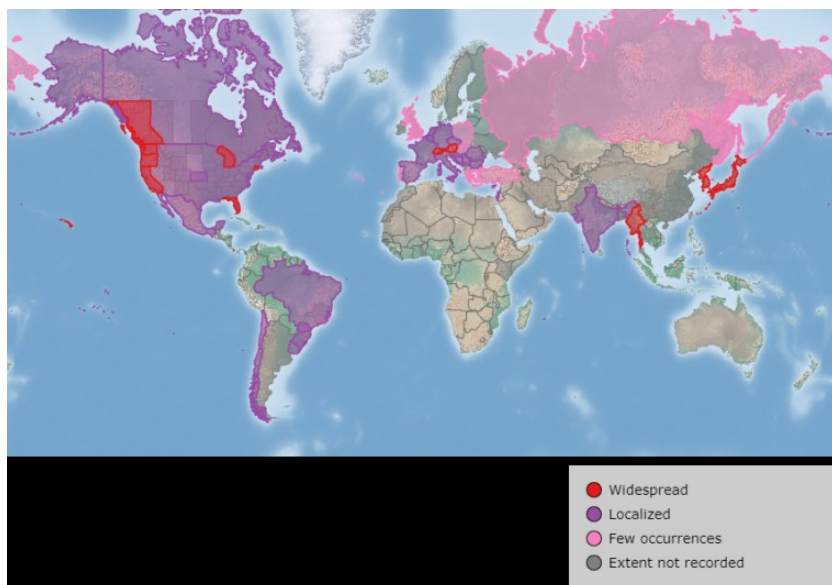
<b>NOME SCIENTIFICO</b>	<b>NOME COMUNE</b>
<b>FAMIGLIA Moraceae</b>	
<i>Morus alba</i>	Mora
<b>FAMIGLIA Rosaceae</b>	
<i>Prunus armeniaca</i>	Albicocca
<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i>	Nettarina
<i>Prunus mume</i>	Albicocca giapponese
<i>Prunus laurocerasus</i>	Alloro di ciliegia
<b>FAMIGLIA Caprifoliaceae</b>	
<i>Sambucus nigra</i>	Sambuco
<b>FAMIGLIA Taxaceae</b>	
<i>Taxus baccata</i>	Tasso inglese

### 1.2.3 Diffusione globale di *Drosophila suzukii*

*Drosophila suzukii* è stata descritta per la prima volta in Giappone nel 1916, su ciliegie (Kanzawa, 1936), ma non è ancora sicuro se quest'ultimo sia il luogo di origine o se sia stata introdotta nel Paese a cavallo del secolo, come ipotizzato da Hauser (2011).

La prima volta che la sua presenza è stata registrata al di fuori dell'Asia è stato nel 1980, ad Oahu, Hawaii (USA) e successivamente è stata rinvenuta anche su altre isole hawaiane.

Da questo momento in poi la distribuzione geografica di *D. suzukii* è andata incontro ad una rapida espansione (Figura 4).



**Figura 4.** Distribuzione geografica di *Drosophila suzukii* e relativo grado di invasione, come riportato in legenda (Fonte: CABI)

Nel 2008, *D. suzukii* è stata segnalata nel continente americano, più nello specifico in California, in un campo di lamponi nella contea di Santa Cruz. Da allora la distribuzione negli Stati Uniti è cresciuta in maniera considerevole diffondendosi fino alle coste del Pacifico e agli stati Idaho, Montana e Utah nella zona occidentale montana del continente. Ha poi raggiunto gli stati nelle regioni del sud e del nord-est, ad eccezioni degli stati Oklahoma e Texas.

Alla fine del 2013 gli stati USA esenti da invasioni di *D. suzukii* sono solo otto: Arizona, New Mexico, Nevada, Oklahoma, Kansas, Nebraska, South Dakota e Wyoming.

Per quanto riguarda il Canada, è stata riscontrata la presenza di *D. suzukii* nella Columbia Britannica nel 2009, a cui è seguita una diffusione piuttosto rapida. Infatti, nel 2010 è stata registrata la presenza della drosophila in Alberta, Manitoba, Ontario, Quebec, Nuovo Brunswick, Nuova Scozia e sulle isole Terranova e Isola del Principe Edoardo.

Nel 2011 anche in Messico è stata rilevata la presenza di *D. suzukii* (Dos Santos *et al.*, 2017).

L'invasione di *D. suzukii* nel continente europeo ed in territorio nazionale è stata descritta da Cini *et al.* (2012). I primi esemplari sono stati riscontrati nell'autunno del 2008 in Spagna, nella provincia di Rasquera, e contemporaneamente in Toscana (San Giuliano Terme, Pisa), in Italia. Nel 2009 sono stati trovati adulti di *D. suzukii* all'interno di trappole in altre regioni della Spagna, come Bellaterra, vicino Barcellona, della Francia (a Montpellier e Maritimes Alpes) e dell'Italia, in Trentino (Figura 5).

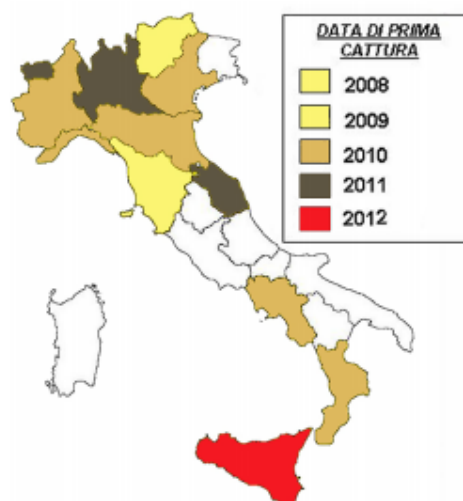


**Figura 5.** Diffusione cronologica in Europa.

In Trentino le prime ovideposizioni sono state segnalate su *Vaccinium*, *Fragraria*, *Rubus* spp., e su diverse specie di bacche coltivate che hanno provocato ingenti danni economici.

Nei primi due anni di infestazione sono stati osservati danni significativi a varietà tardive di ciliegio (quasi il 90% dei frutti colpiti) e a frutteti in Trentino e in Emilia-Romagna (Boselli *et al.*, 2012; Civolani *et al.*, 2021).

Tra il 2010 e il 2011 l'areale di diffusione si è ulteriormente ampliato, includendo altre regioni francesi ed italiane, quali: Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Liguria, Campania e Marche (Figura 6).



**Figura 6.** Diffusione cronologica in Italia.

*D. suzukii* si è espansa anche in altri Stati Europei, come: Svizzera, Slovenia, Croazia, Austria, Germania e Belgio (Cini *et al.*, 2012).

#### 1.2.4 Danni provocati da *Drosophila suzukii*

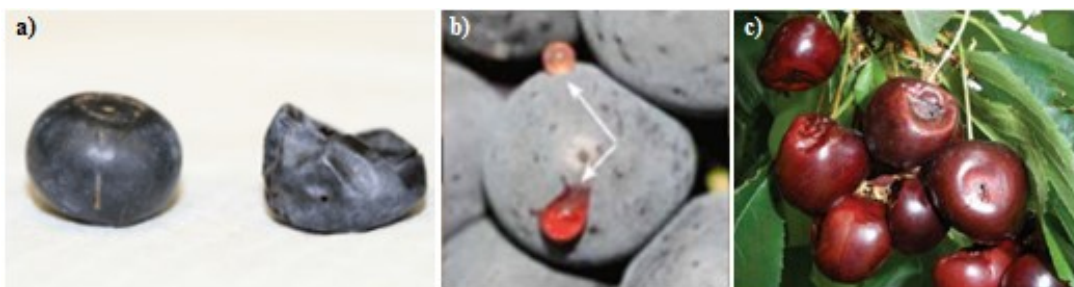
I danni legati alla presenza di *D. suzukii* possono essere sia di tipo diretto che di tipo indiretto. Ad esempio, l'alimentazione larvale costituisce la principale fonte di danno diretto. Invece, il processo di ovideposizione provoca danni indiretti, in quanto espone il frutto ad attacchi di ospiti secondari (Cini *et al.*, 2012; Hamby *et al.*, 2012; Asplen *et al.*, 2015; Ioratti *et al.*, 2015).

I danni diretti osservabili, causati da infestazione di SWD, sono:

- collasso della struttura del frutto, a causa della presenza di larve al loro interno (Figura 7a);
- piccoli fori creati dalla larva per respirare all'interno del frutto;
- espulsione di linfa dai fori di ovideposizione (Figura 7b);
- larve o pupe che emergono dalle bacche, o che rimangono al loro interno (Walton *et al.*, 2010).

In conclusione, i danni causati dalle larve direttamente sul frutto ne provocano il rapido disfacimento non rendendolo commercializzabile (Ghidoni *et al.*, 2018) (Figura 7c).





**Figura 7.** Depressione della struttura del frutto (a) ed espulsione di linfa dai fori creati durante l'ovideposizione di *Drosophila suzukii* (b). Fori creati su ciliegie che rendono il frutto invendibile.

L'insetto favorisce, inoltre, l'insediamento di altri organismi, come batteri e funghi, e di altri drosofilidi. Un esempio ne è quanto riportato nello studio di Ghidoni *et al.* (2018) secondo cui *D. suzukii* può veicolare batteri acetici tramite il passaggio da acini infetti ad acini sani. Questo studio è stato svolto per chiarire le interazioni tra SWD e l'uva e l'eventuale ruolo dell'insetto nell'insorgenza di marciume acido. Viene chiarito che il contatto con acini integri non è sufficiente per favorire lo sviluppo di marciume acido, ma questi diventano suscettibili quando la loro integrità viene danneggiata. Infine, la presenza di marciume acido può favorire l'attrazione di altri drosofilidi che, nutrendosi su acini danneggiati, contribuiranno alla diffusione della patologia (Ghidoni *et al.*, 2018).

### 1.2.5 Mezzi di lotta e controllo di *Drosophila suzukii*

Vista l'elevata diffusione e la grande capacità riproduttiva di *D. suzukii*, l'eradicazione e il contenimento non sembrano fattibili (EPPO – Organizzazione europea e mediterranea per la protezione delle piante), perciò per mantenere la popolazione di questo insetto ad un livello gestibile è fondamentale evitare introduzioni e reinfestazioni ricorrenti (Cini *et al.*, 2012). È infatti spiegato da Shaver *et al.* (2018) come siano fondamentali pratiche agronomiche di “sanificazione”, come la rimozione di frutti caduti o troppo maturi, il diradamento e la pulizia della vegetazione, per evitare l'ombreggiamento e ridurre l'umidità nel frutteto (Civolani *et al.*, 2021).

I mezzi di lotta per contrastare la presenza e gli attacchi di *D. suzukii* al momento non sono efficaci per l'eradicazione dell'insetto, risultano però utili per mantenere gli attacchi sotto la soglia di danno; i principali mezzi di lotta sono: controllo biologico, controllo chimico e IPM (Integrated Pest Management).

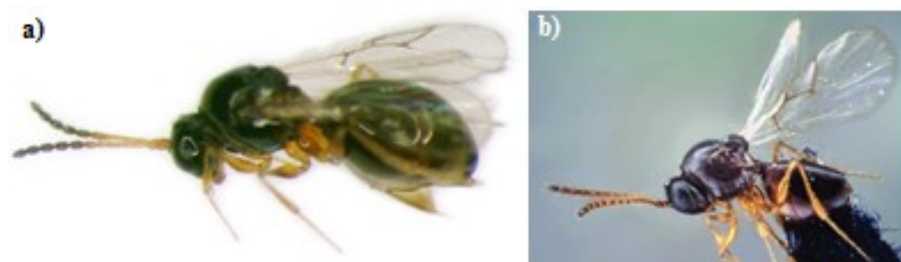
Il controllo biologico prevede l'utilizzo di organismi come funghi, batteri, virus e antagonisti naturali dell'insetto dannoso come parassitoidi e predatori. A questo proposito è bene chiarire la differenza esistente tra questi ultimi:

- I parassitoidi sono organismi che vivono a spese della vittima solo allo stadio larvale, per poi ucciderla quando raggiungono le stesse dimensioni, quindi vi compiono solo una generazione;
- I predatori hanno un comportamento simile a quello dei parassitoidi, ma hanno vita autonoma e riescono a consumare diverse vittime.

Diversi studi sono stati portati avanti negli Stati Uniti e in Europa per determinare la presenza di parassitoidi indigeni e per valutarne la loro efficacia nel controllo di *D. suzukii*.

Sono stati individuati due parassitoidi larvali, *Leptopilina heterotoma* e *Leptopilina boulardi* (Hymenoptera: Figitidae) (Figura 8a e 8b) e due parassitoidi pupali, *Pachycrepoideus vindemiae* (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae).

I parassitoidi larvali *Leptopilina* spp., pur avendo un alto tasso di parassitizzazione su *D. suzukii*, non permettono il raggiungimento dello stadio di adulto, questo perché *D. suzukii* possiede una quantità maggiore di emociti che la rende più resistente al parassitismo dei suddetti antagonisti (Kacsoh e Schlenke, 2012; Poyet *et al.*, 2013). Infatti alcuni studi mostrano come diversi ceppi di *D. suzukii* siano resistenti alla maggior parte dei parassitoidi larvali testati grazie ad un elevato carico di emociti. Poyet *et al.* (2013) hanno quantificato la quantità di emociti all'interno di *D. suzukii* in seguito a parassitizzazione da parte di *L. heterotoma* (nota per essere fortemente virulente contro *D. melanogaster*), ottenendo risultati in linea con quanto già detto: si genera una pronta risposta emolitica contro il parassitoide larvale; ciò potrebbe suggerire che questa specie antagonista europea non è adatta a questo ospite esotico (Poyet *et al.*, 2013).

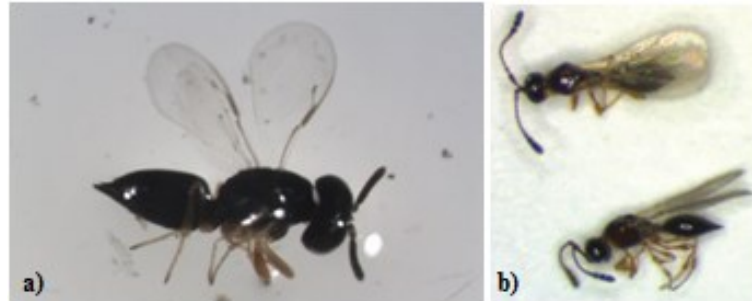


**Figura 8.** *Leptopilina boulardi* (a) e *Leptopilina heterotoma* (b)

I parassitoidi pupali, invece, sembrano meno sensibili alla forte risposta immunitaria di *D. suzukii*, determinando una maggiore potenzialità nel biocontrollo. L'ectoparassitoide *Pachycrepoideus vindemiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a lungo tempo considerato come il principale nemico di *D. melanogaster*, è stato trovato in associazione con *D. suzukii* in diversi frutteti e vigneti degli Stati Uniti e Europa (Brown *et al.*, 2011; Cini *et al.*, 2012) (Figura 9a).

*Trichopria drosophilae* (Imenotteri: Diapriidae), invece, è un imenottero parassitoide presente in Europa. Si sviluppa nella pupa del suo ospite, quando i frutti sono stati già danneggiati dalla larva, perciò

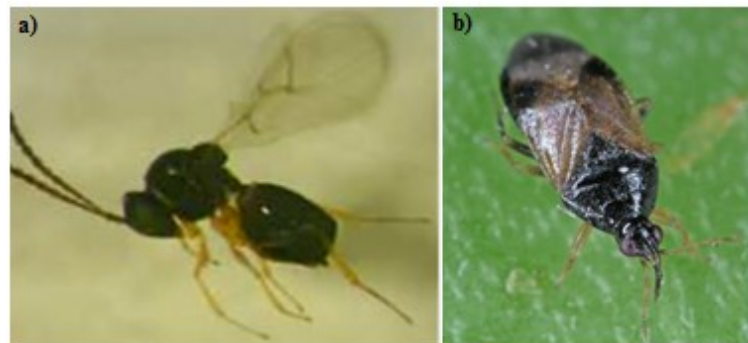
è importante evitare che le generazioni precedenti di *D. sukii* aumentino notevolmente (Wolf *et al.*, 2020) (Figura 9b).



**Figura 9.** *Pachycrepoideus vindamiae* (a) e *Trichopria drosophilae* (b)

Anche le specie del genere *Ganaspis* (Hymenoptera: Figitidae) mostrano un alto tasso di parassitismo di *D. sukii*, che oscilla tra il 2 e il 7%. Questa specie depone le uova all'interno delle larve che si trovano nei frutti (Figura 10a).

Tra i vari predatori di *D. sukii*, inoltre, troviamo anche varie specie del genere *Orius* (Hemiptera, Anthocoridae), come ad esempio *O. insidiosus*, *O. laevigatus* e *O. maiusculus*, che sono dei predatori generalisti osservati a nutrirsi di larve (Figura 10b).



**Figura 10.** *Ganaspis xanthopoda* (a) e *Orius laevigatus* (b)

Un metodo ancora poco utilizzato per il biocontrollo di *D. sukii* è quello che sfrutta l'associazione specie infestante – endosimbionte. Queste interazioni possono andare ad influenzare direttamente o indirettamente la popolazione della specie infestante ed essere quindi di grande interesse per la gestione di questo insetto dannoso (Zindel *et al.*, 2011). Un batterio endosimbionte che merita di essere citato appartiene al genere *Wolbachia*. Questo è un batterio Gram-negativo che infetta diverse specie di artropodi, alcuni nematodi e circa il 60% delle specie di insetti. È un batterio molto comune che attacca il sistema riproduttivo e può determinare:

- eliminazione dei maschi, uccisi durante lo sviluppo larvale e favorendo l'aumento del tasso delle femmine nate;
- femminilizzazione: i maschi infetti sviluppano come femmine sterili;
- incompatibilità citoplasmatica, ossia incapacità dei maschi infetti di riprodursi con successo, che risulta essere l'effetto più comune provocato dal batterio (Cini *et al.*, 2012).

Solitamente il tipo di rapporto che si instaura tra il batterio e l'ospite è di tipo parassitario, ma in alcuni casi esistono delle interazioni talmente evolute che sono orientate più verso la simbiosi. *Wolbachia* presente all'interno di *D. sukukii* è indicata dalla sigla wSuz e recentemente è stata separata da wRi, ossia un ceppo di *Wolbachia* presente in *Drosophila simulans* (Sturtevant) (Siozios *et al.*, 2013; Hamm *et al.*, 2014). Sono batteri a trasmissione materna, quindi verticale, ossia passa da una generazione all'altra tramite l'infezione dell'embrione o del feto. Si è però dimostrato che wSuz non determina incompatibilità citoplasmatica quando si ha l'accoppiamento tra maschio infetto e la femmina non infetta e quindi non c'è un aumento di mortalità dell'embrione, invece femmine infette producono meno prole rispetto a quelle non affette da *Wolbachia* (Hamm *et al.*, 2014; Hamby *et al.*, 2016)

Il controllo chimico di *D. sukukii* prevede l'utilizzo di spinosine, organofosfati, piretroidi e neonicotinoidi. I principi attivi non risultano essere molto persistenti ed i trattamenti sono mirati alla lotta contro gli individui adulti, a causa della limitata efficacia dei prodotti fitosanitari contro le larve di *D. sukukii* presenti all'interno dei frutti, quindi difficilmente raggiungibili (Asplen *et al.*, 2015).

Secondo Bruck *et al.* (2011) si ha un tasso significativo di mortalità di *D. sukukii* quando i prodotti formulati con spinosine, organofosfati e piretroidi vengono utilizzati direttamente sull'insetto o quando gli adulti entrano in contatto con loro residui freschi presenti sui frutti.

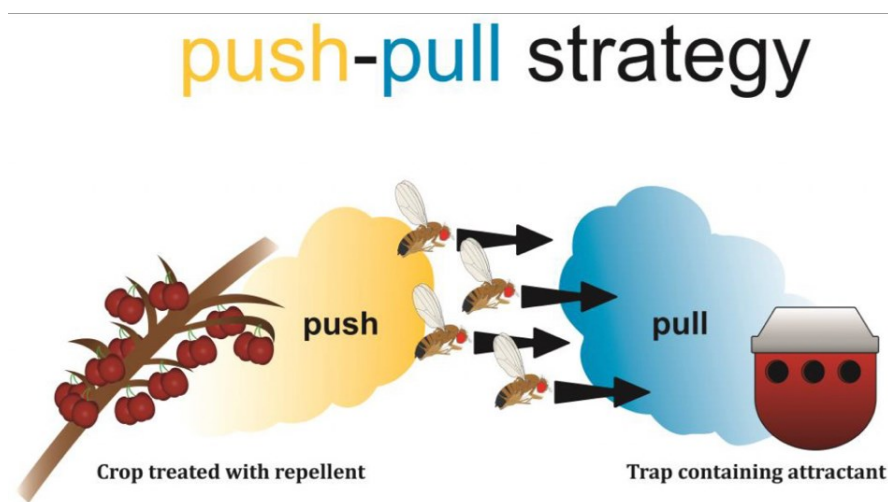
È da considerare anche che il rapido ricambio generazionale richiede numerosi interventi chimici in fase di maturazione e ciò può determinare un rischio di residui sui frutti, proprio a causa della vicinanza del trattamento alla raccolta, resistenza degli insetti nei confronti dei prodotti e può causare disturbo ad eventuali impollinatori e altri insetti utili, come ad esempio gli antagonisti naturali (Cini *et al.*, 2012).

Nel complesso, gli insetticidi organici di sintesi forniscono un controllo migliore sulle popolazioni di *D. sukukii*, a differenza degli insetticidi organici di origine naturale la cui efficacia risulta insoddisfacente (es. spinosad). Ne consegue che la produzione delle colture biologiche è maggiormente a rischio, dato che è consentito il solo utilizzo di insetticidi di origine naturale. In ogni caso l'utilizzo continuo di insetticidi rischia di generare resistenze future negli individui (Walsh *et al.*, 2011; Grassi *et al.*, 2011).

L'utilizzo di insetticidi rimane ancora il metodo più utilizzato per il controllo di SWD pur considerando gli effetti negativi precedentemente detti e i maggiori costi di gestione (Wang *et al.*, 2020).

IPM (Integrated Pest Management), ovvero lotta integrata, consiste nel raggiungere il controllo (e non l'eradicazione) della popolazione di fitofagi integrando tutte le diverse tecniche, nel rispetto di principi ecologici, tossicologici ed economici. Mentre l'utilizzo di insetticidi mira a debellare l'insetto dannoso, la

lotta integrata cerca di mantenere la presenza al di sotto della soglia di danno economico. I componenti principali della lotta integrata sono il controllo biologico, la resistenza della pianta ospite, il controllo colturale e l'utilizzo di semiochimici come feromoni o repellenti (agiscono sul controllo comportamentale). Ma cosa sono i semiochimici? Vengono quindi definite "semiochimici" quelle sostanze che trasmettono informazioni (es. caïromoni e feromoni). Gli organismi devono essere in grado di prendere decisioni, come dove andare a cercare cibo, quale partner sessuale accettare o quale cibo scegliere. Probabilmente queste decisioni vengono prese sulla base di informazioni, di cui molte sono fornite dalle sostanze chimiche. Queste possono essere volatili o non volatili, quindi queste ultime vengono ricevute principalmente tramite contatto (Alkema *et al.*, 2019). Alkema *et al.* (2019), suggerisce anche per *D. suzukii* la strategia di controllo definita "Push and pull", ossia che mira a manipolare il comportamento degli insetti agendo su due fronti: allontanare l'insetto infestante dalla coltura attirandolo verso un sistema di cattura, che può essere una trappola oppure una pianta trappola. Questa strategia di controllo si basa su sostanze volatili repellenti (push) e attrattivi (pull), come feromoni e allelochimici, (Figura 11). Mentre i feromoni regolano i rapporti all'interno della stessa specie gli allelochimici regolano i rapporti fra specie diverse.



**Figura 11.** Strategia che utilizza repellenti (push) e attrattivi (pull) (Fonte: Alkema *et al.*, 2019).

Per sviluppare una gestione integrata degli insetti dannosi è fondamentale il monitoraggio delle popolazioni nella coltura, così da avere una prima valutazione del rischio e scegliere di conseguenza il miglior metodo per trattare l'infestazione.

Il monitoraggio di adulti di *D. suzukii* si realizza con l'utilizzo di trappole innescate con diversi attrattivi alimentari (caïromoni). Vengono utilizzati dei contenitori con coperchio aderente, la particolarità è la presenza di fori sul lato che permettono l'ingresso di insetti. Dopo alcuni test effettuati su diversi tipi di trappole da Lee *et al.* (2012) è emerso che il numero di catture aumentava all'aumentare dell'area di

ingresso delle trappole, ma dimensioni inferiori dei fori limitavano l'evaporazione dell'attrattivo e aumentavano la selettività contro gli insetti più grandi. Per quanto riguarda il colore, le trappole rosse, gialle e nere sono da preferire a quelle chiare o bianche perché c'è correlazione tra il colore della trappola e dei frutti e non c'è selettività per gli altri tipi di drosofilidi (Lee *et al.*, 2012; 2013) (Figura 12b).

Le esche alimentari preferite da *D. suzukii* sono quelle a base di alimenti fermentati, come ad esempio l'aceto di mele, usato da solo o in miscela con peptidi e vino. Come dimostrato da Tonina *et al.* (2017), il Droskidrink, un composto a base di aceto di mele, vino rosso e zucchero, è risultato il più efficace a livello numerico per la cattura di *D. suzukii* (Figura 12a).

Comunque, il miglior attrattivo in termini di selettività risulta Suzukii Trap a base di acidi organici e proteine idrolizzate.



**Figura 12.** Trappola innescata con l'attrattivo alimentare (Droskidrink) visibile all'interno della trappola priva del coperchio (a) e trappola (b).

Un'alternativa al controllo chimico è l'utilizzo di reti anti-insetto prima che la frutta cominci la fase di maturazione. Nello studio condotto da Grassi e Pallaoro (2012) su ciliegia e mirtillo è stata accertata l'ottima efficacia delle reti contro i danni provocati da *D. suzukii*, senza che queste causino effetti su temperatura e clima (Grassi, 2012). Inoltre, è stata testata la loro efficienza su ciliegeti con diversi modelli tipi d'impianto. Queste prove sono state condotte dal Consorzio Fitosanitario di Modena su impianti a media densità, con copertura anti-pioggia monoblocco e rete anti-insetto perimetrale (maglia di 1 mm<sup>2</sup>) oppure con copertura monofila. Ne risulta un'esclusione non totale dell'insetto visto che la rete viene aperta per permettere il passaggio di operatori e mezzi agricoli e un buon controllo del cracking e della monilia, nel primo caso si riscontra un aumento di temperatura e umidità mentre, con il secondo metodo utilizzato, no. Altre prove sono stati svolti su ceraseti ad alta densità d'impianto utilizzando coperture multifunzionali monofila, da questi si evidenzia l'efficacia totale contro danni provocati da *D. suzukii*,

comporta però frutti più piccoli, sodi, dolci e colorazioni scure meno accentuate (Caruso *et al.*, 2017) (Figura 13).



**Figura 13.** Reti anti-insetto (Fonte: Caruso *et al.*, 2017).

## 2. SCOPO DELLA TESI

Lo scopo della tesi è stato quello di fare un censimento delle specie di Ditteri Drosophilidi presenti in due agroecosistemi pescheto della Val D'Aso (Ascoli Piceno), regione Marche. Lo scopo principale dello studio è stato rivolto approfondire le conoscenze sul ciclo biologico di *Drosophila suzukii*. In particolare, è stato monitorato il volo di *D. suzukii* durante il corso di un intero anno solare. È stato, inoltre, valutato lo stato riproduttivo delle femmine del fitofago per l'individuazione dei periodi di ovideposizione. È stato inoltre analizzata l'influenza del contesto agroecologico sulle popolazioni di *D. suzukii*. Questi studi sono di fondamentale importanza per mettere a punto delle strategie di controllo a basso impatto ambientale nei confronti di questo insetto dannoso.



### 3. MATERIALI E METODI

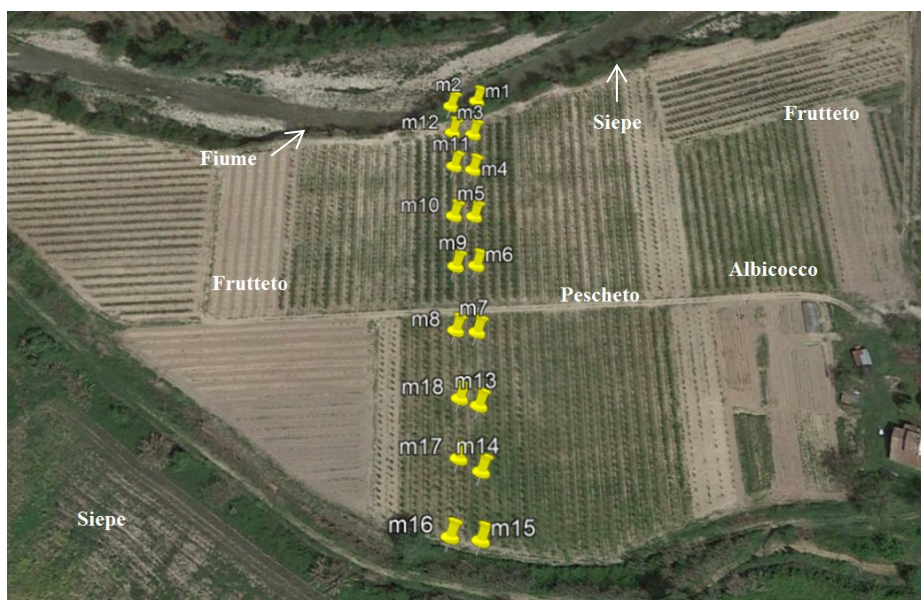
Il monitoraggio di *Drosophila suzukii* è stato condotto in due pescheti della Valle dell’Aso, zona che si estende dalle pianure adiacenti ai Monti Sibillini, tra le province di Ascoli Piceno e Fermo, fino alla zona litoranea del Mare Adriatico. Questa valle è attraversata dal fiume Aso e presenta delle caratteristiche climatiche e pedologiche che garantiscono frutta ed ortaggi con caratteristiche nutrizionali ed organolettiche di qualità. Si tratta di un’area tradizionalmente vocata alla produzione ortofrutticola Marchigiana, che insieme alle maggiori aree ortofrutticole italiane presenti nella Pianura Padana e Nord Italia, riforniscono il mercato nazionale di frutta e verdura. Le produzioni locali comprendono ciliegie, albicocche, pesche, susine, prugne, pere e mele.

I pescheti interessati dallo studio sono stati due: il pescheto A e il pescheto B.

Il primo campo sperimentale, il sito A, è situato presso l’azienda agricola Mazzoni, locata a Montedinove, in provincia di Ascoli Piceno. Il pescheto si trova ad una quota di 256 m s.l.m. e ha un’estensione di 8 ettari.

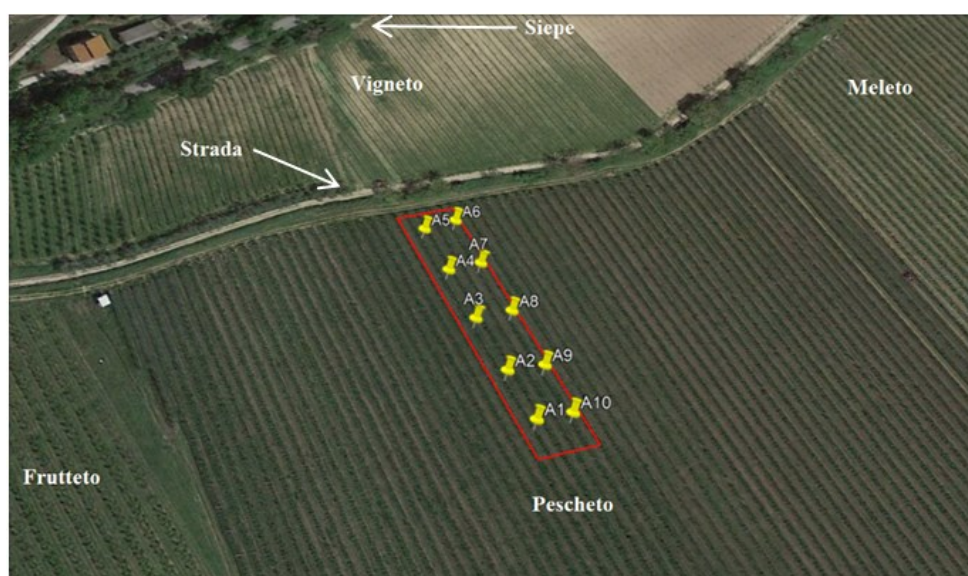
In questo caso l’area sperimentale è stata realizzata al centro del pescheto e comprende 4 filari in tutta la loro lunghezza con un’estensione di 0,28 ettari (20 x 140 metri). Nel pescheto sono state posizionate 18 trappole, di cui 4 posizionate sulle siepi confinanti a nord e a sud del pescheto. Anche in questo caso le trappole sono state posizionate ad una altezza di 1,5 metri dal suolo, a 2 filari di distanza e a 20 metri di distanza l’una dall’altra nel filare. La siepe a sud è costituita da rovo (*Rubus ulmifolius* Schott), sambuco (*Sambucus nigra* L.) e acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) e costeggia il fiume Aso. Nella siepe a nord è presente un canneto ed esemplari di sambuco e per orografia risulta più umida del versante nord, dato che spesso rimane in ombra e presenta ristagni idrici (Figura 15).

Non sono stati eseguiti trattamenti fitosanitari nel pescheto durante il periodo di studio.



**Figura 15.** Pescheto A e distribuzione trappole delle 18 trappole. In alto il transetto Sud e in basso il transetto Nord.

Il secondo pescheto è situato presso l'azienda Acciarri, denominato Sito B, è situato in provincia di Fermo, a Ortezzano. Ha un'estensione di 19 ettari e si trova ad una quota di 211 m s.l.m.. All'interno del pescheto è stata creata una zona deputata a campo sperimentale della lunghezza di 100 metri, comprende 6 filari posizionati nel lato nord-ovest; ha un'estensione totale di 0,2 ha (20x100 metri). Nella zona sperimentale sono state disposte 10 trappole, posizionate ad un'altezza di 1,5 metri da terra, a 3 filari di distanza ed una distanza all'interno del filare di 20 metri. Questa parte di pescheto confina per tre lati con il restante pescheto e per un lato con una strada, sterrata ad uso aziendale, che lo divide da un vigneto inerbito (Figura 15). Inoltre, sono stati eseguiti dei trattamenti insetticidi in data 2/03/2020 con Oleoter (olio minerale paraffinico) e flonicamid, in data 11/06/2020 con etofenprox e il 22/06/2020 con abamectina.



**Figura 14.** Pescheto B e distribuzione delle 10 trappole (in giallo).

### 3.1 Metodi di monitoraggio

Il periodo di monitoraggio è stato da febbraio 2020 a gennaio 2021. È stato eseguito con l'utilizzo di trappole cromotropiche denominate Droso-trap.



**Figura 16.** Droso-trap utilizzata durante la prova.

Queste trappole sono costituite da un contenitore di colore rosso e un coperchio dotato di gancio per appenderle. Sul contenitore si trovano 21 fori di 8 mm di diametro. Le trappole sono state innescate con un liquido dal nome commerciale Droskidrin.

Il Droskidrink è una miscela costituita dal 75% di aceto di mela e dal 25% di vino rosso a cui sono stati aggiunti 20g/L di zucchero di canna per aumentarne l'attività fermentativa e quindi l'efficacia (Tonina *et al.*, 2018). In ogni trappola sono stati aggiunti 250 ml di Droskidrink.

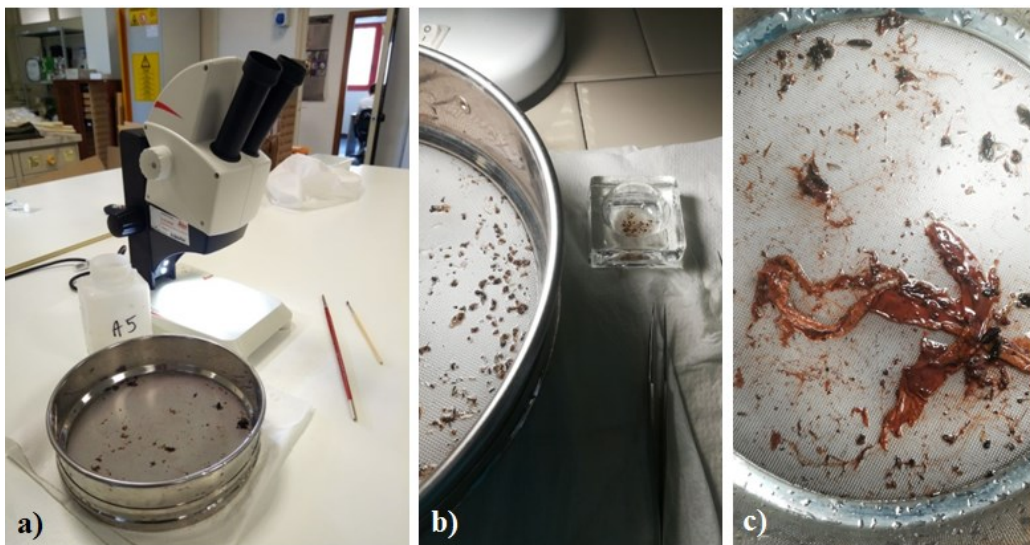
Con cadenza bisettimanale sono stati effettuati sopralluoghi per il campionamento degli insetti catturati e per la sostituzione del liquido attrattivo. I rilievi non stati condotti nel periodo dal 22/05/2020 al 04/06/2020 a causa di un'intensa grandinata, il 4 maggio, che ha distrutto la quasi totalità delle trappole in entrambi i siti oggetto di studio.

Ad ogni data di campionamento il liquido attrattivo con gli insetti catturati è stato inserito all'interno di contenitori di plastica, opportunamente contrassegnati con il codice della rispettiva trappola, e portato in laboratorio per il processo di identificazione degli insetti catturati.

### 3.2 Identificazione dei Drosophilidi catturati

Il processo di identificazione in laboratorio si è svolto grazie all'uso di uno stereomicroscopio, di un setaccio a maglie strette (500  $\mu\text{m}$ ) (Figura 17a), di eppendorf e alcool al 70%.

La prima fase dell'identificazione ha previsto l'isolamento dei Drosophilidi presenti in ogni trappola con l'aiuto del setaccio (Figura 17b), facendo attenzione alla possibile presenza di glomeruli causati dalla gelificazione del liquido all'interno della trappola (Figura 17c).



**Figura 17.** Stereomicroscopio utilizzato per l'identificazione e setaccio (a). Fase di isolamento (b) e caso di gelificazione del Droskidrink (c).

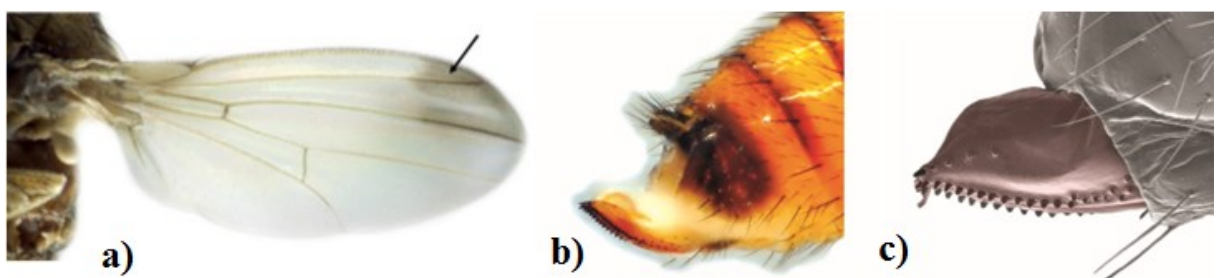
Tutti gli individui appartenenti alla famiglia Drosophilidae sono stati isolati, identificati, sessati e contati. Questi insetti poi sono stati conservati e codificati in relazione alla specie di appartenenza, al loro sesso, alla data e alla trappola e conservati all'interno di eppendorf con alcool al 70% (Figura 18).



**Figura 18.** Eppendorf con all'interno le Drosophile identificate

Per permettere l'identificazione delle diverse specie di Drosophilidi catturate sono state utilizzate delle chiavi dicotomiche. Nello specifico, data la loro forte somiglianza, è stata prestata particolare attenzione al riconoscimento di *D. suzukii* e *D. melanogaster*, identificabili grazie a differenze chiave, quali:

- assenza di macchiette sulle ali di *D. melanogaster* di sesso maschile, presenti invece in *D. suzukii* (Figura 19a);
- ovopositore di *D. suzukii* fortemente sclerificato nella parte terminale (determina una colorazione distale più scura), di dimensioni maggiori e seghettato, a differenza dell'ovopositore di *D. melanogaster* debolmente sclerificato, poco seghettato e più piccolo (Figura 19b e 19c) (Miller *et al.*, 2017).



**Figura 19.** Dettagli per il riconoscimento di *Drosophila suzukii*. In foto A si può osservare la macchia nera sull'ala per il riconoscimento del maschio; in foto B e C è possibile osservare un ingrandimento dell'ovopositore seghettato e sclerificato distalmente

### 3.3 Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *Drosophila suzukii*

È stato svolto un ulteriore studio a carico degli esemplari femmina di *D. suzukii*: sono state sezionate parte delle femmine catturate per valutare il loro stato riproduttivo.

Sono quindi stati presi in considerazione, per ogni data di cattura nel periodo di monitoraggio, al massimo 100 esemplari di sesso femminile di *D. suzukii*.

Gli esemplari, in alcol al 70%, sono stati dissezionati con l'ausilio di uno stereomicroscopio.

Inizialmente sono stati eliminati il capo ed il torace, si è proseguito poi con la dissezione dell'addome.

Ogni individuo è stato classificato seguendo una classificazione basata su cinque stadi di maturazione degli ovari (Grassi *et al.*, 2017) (Figura 20):

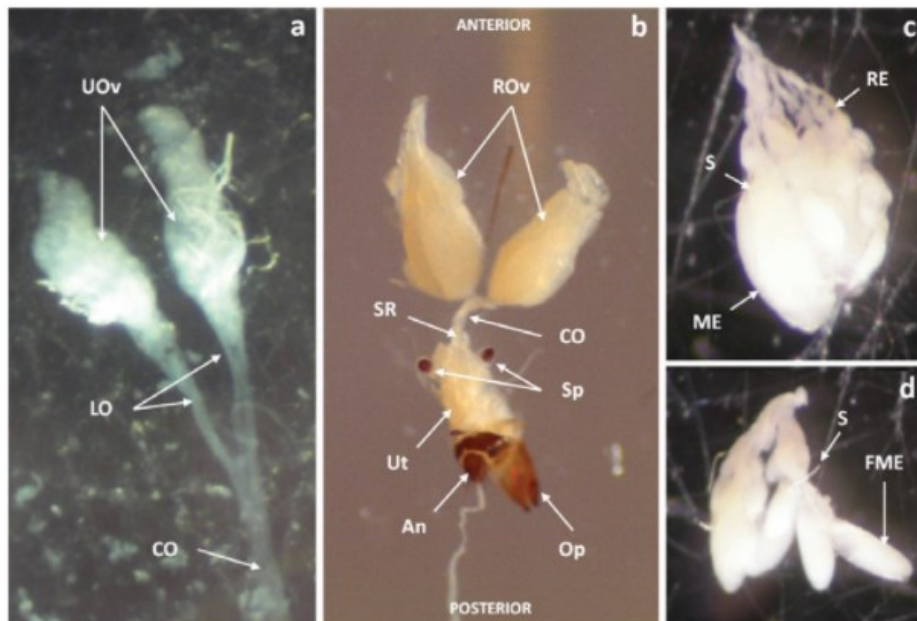
1) OVARI NON MATURI: alla dissezione non si vedono gli ovari. Gli ovidotti laterali e l'ovidotto comune non sono visibili.

2) OVARIOLI NON MATURI: alla dissezione si vedono gli ovari, ma non si distinguono gli ovaroli. Gli ovidotti laterali e l'ovidotto comune sono visibili.

3) OVOCITI NON MATURI: alla dissezione si vedono gli ovari, si possono distinguere gli ovaroli all'interno dei quali, però, non si distinguono gli ovociti. Gli ovidotti laterali e l'ovidotto comune sono visibili.

4) OVOCITI IN MATURAZIONE: alla dissezione si vedono gli ovari, si distinguono gli ovaroli, all'interno dei quali si vedono gli ovociti immaturi e maturi sui quali si distinguono gli spiracoli (tubi respiratori). Tutti gli ovociti sono avvolti dalla tunica peritoneale dell'ovariolo. Gli ovidotti laterali e l'ovidotto comune sono visibili.

5) OVOCITI MATURI: tutti gli ovociti hanno raggiunto la completa maturazione, alla dissezione non sono visibili gli ovari e la tunica peritoneale degli ovaroli, ma si vedono gli ovociti maturi con gli spiracoli che sono liberi nell'addome. Gli ovociti maturi si possono osservare anche negli ovidotti laterali e nell'ovidotto comune.



**Figura 20.** Ovarioli non maturi (UOv) (a); ovociti non maturi (b); ovociti in maturazione (c); ovociti maturi (d) (Fonte: Grassi *et al.*, 2017).

### 3.4 Studio dei dati

Per quanto riguarda lo studio sullo stato riproduttivo delle femmine di *D. sukukii*, quando il numero totale delle femmine catturate per ogni data risultava essere superiore a 100, per rendere omogenei i dati tra le trappole, è stata utilizzata la seguente formula:

$$X = (n/\text{trappole} : n/\text{data}) * 100$$

dove:

X = numero femmine da analizzare per ogni trappola;

n/trappola = numero femmine catturate ogni trappola;

n/data = numero totale di femmine catturate in tutte le trappole nella stessa data.

Il rapporto tra i sessi degli individui di *D. sukukii*, catturati all'interno delle trappole, nell'Azienda Mazzoni- Montedinove (AP), è stato studiato utilizzando il test del chi-quadro. L'ipotesi nulla consisteva in un'uguale abbondanza di campioni maschili e femminili nelle trappole. Tutti i campioni sono stati sommati e raggruppati in due gruppi principali: maschi e

femmine. La frequenza attesa era l'uguale abbondanza di entrambi i sessi ( $P = 0,5$ ). Il test del chi quadrato è stato eseguito con un grado di libertà.

Analisi delle abbondanze dei campioni di trappole di campo in relazione alla distanza dal confine di campo:

L'analisi delle abbondanze delle catture nelle trappole in relazione alla distanza dai bordi del pescheto, nell'Azienda Mazzoni- Montedinove (AP), è stata eseguita utilizzando l'approccio log-lineare. L'abbondanza delle catture nelle trappole è stata cumulata per distanza della trappola dal bordo del pescheto. Le trappole sono state distinte in due transetti: transetto Nord e transetto Sud. I dati delle catture sono stati trasformati in log e adattati dal modello lineare generale. Le analisi sono state condotte applicando il test di normalità di Shapiro-Wilk. L'omoschedasticità è stata valutata mediante il test di Bartlett.

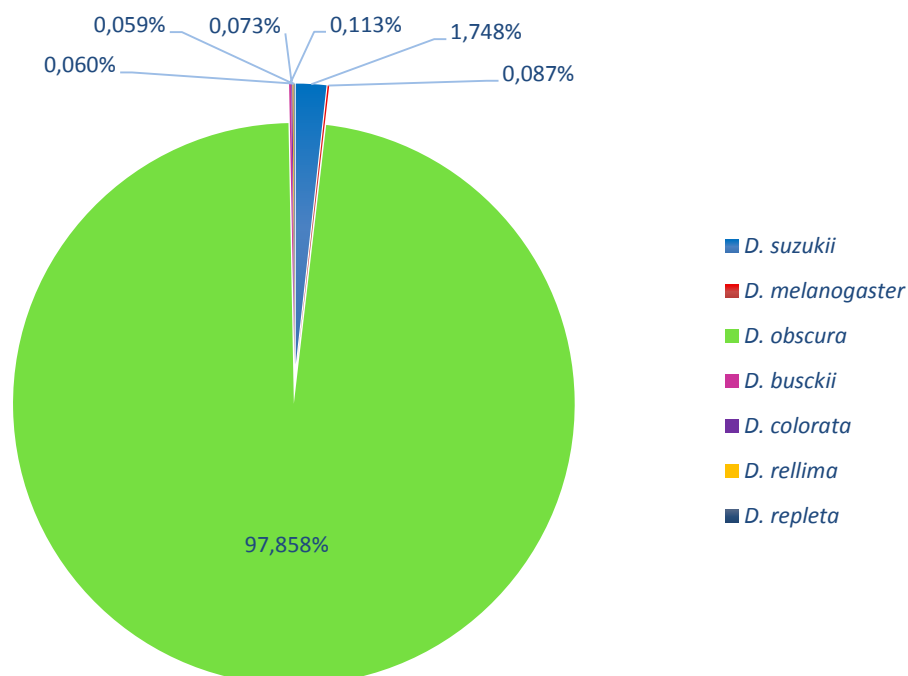


## 4. RISULTATI E DISCUSSIONI

### 4.1 Dinamica di popolazione di *Drosophila suzukii*

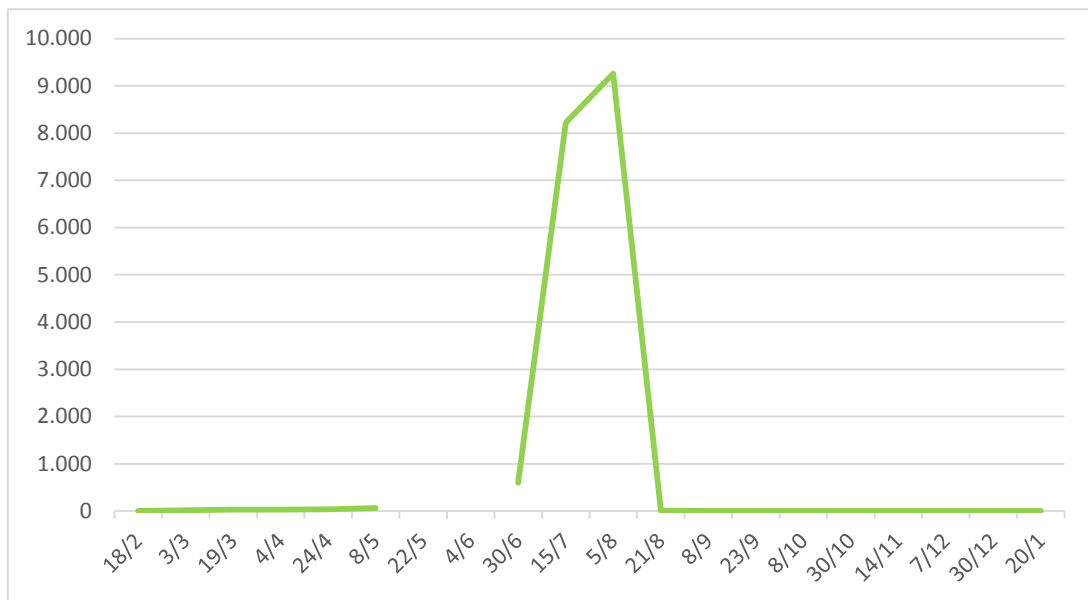
#### 4.1.1 Azienda Agricola Mazzoni –Montedinove (AP)

Nel Sito A, situato nel comune di Montedinove (AN), dal 18/02/2020 al 20/01/2021, mediante il monitoraggio effettuato con 18 trappole cromotropiche, sono stati catturate un totale di 335.759 individui, di 7 differenti specie appartenenti alla famiglia Drosophilidae: il 97,86% di individui di *Drosophila obscura* (n = 328.568), lo 1,75% di individui di *Drosophila suzukii* (n = 5870), lo 0,11% di individui di individui di *Drosophila busckii* (n = 381), lo 0,087% di individui di *Drosophila melanogaster* (n = 292), lo 0,073% di *Drosophila colorata* (n = 246), lo 0,06% di *Drosophila repleta* (n = 203) e lo 0,059% di *Drosophila repleta* (n = 199) (Figura 21).



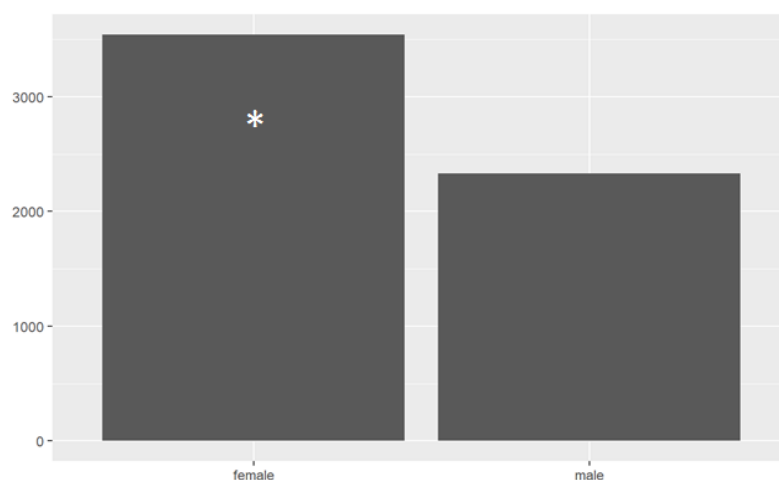
**Figura 21.** Ripartizione percentuale dei Drosofilidi catturati nel sito A mediante l'uso di trappole cromotropiche nel periodo di campionamento che va dal 18/02/2020 al 20/01/2021

La specie più abbondante catturata è stata *D. obscura* (Figura 22) che durante il periodo di campionamento ha evidenziato un solo picco di catture in data 5 agosto 2020 (166.703 individui). In tale data è stata registrata una temperatura media di 17,8°C, un'umidità di 81,6% e la precipitazione media è stata di 29,2 mm.



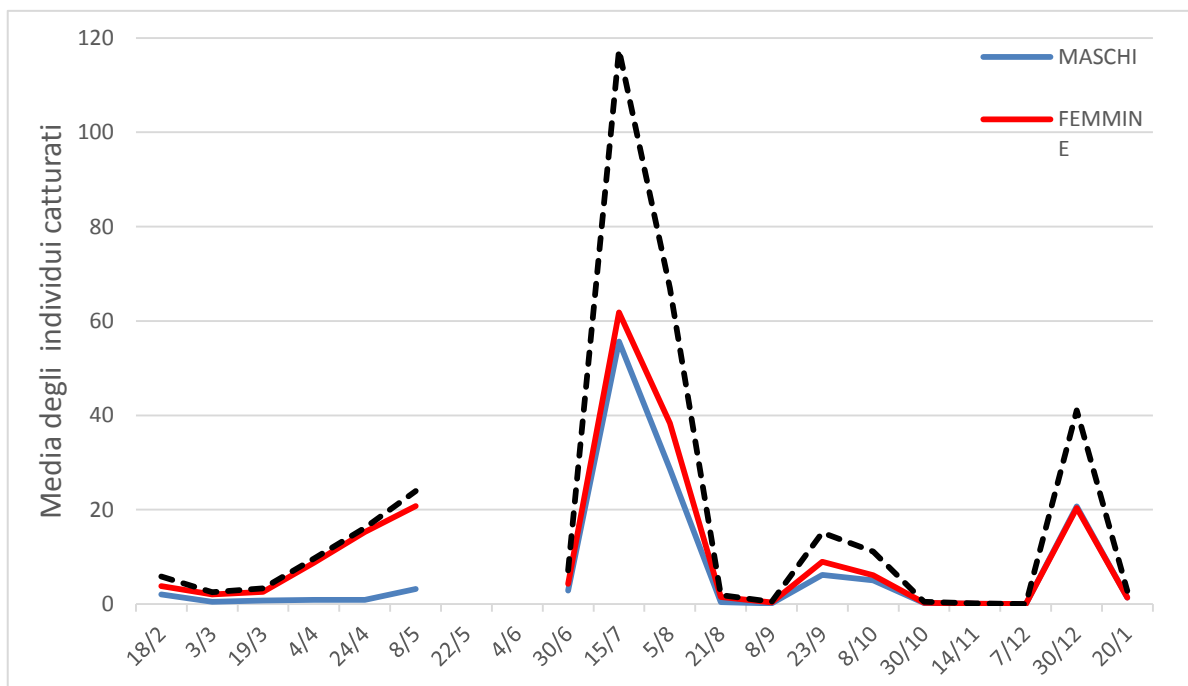
**Figura 22.** Dinamica della popolazione di *Drosophila obscura* nel sito A in località Montedinove dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio, nell'asse delle ordinate il numero totale degli insetti catturati nelle 18 trappole. La linea verde indica *D. obscura*

Durante il periodo di studio sono stati catturati un totale di 5870 individui di *D. sukuzii* di cui 3540 femmine e 2330 maschi (maschi : femmine = 1 : 1,5). Le catture delle femmine nelle trappole sono state significativamente maggiori rispetto alle catture dei maschi (Figura 23).



**Figura 23.** Catture nelle trappole raggruppate in base al sesso, Azienda Mazzoni – Montedinove (AP) ( $\chi^2$  test;  $P < 0,5$ ). Sull'asse delle ordinate le catture totali.

Nella Figura 24 sono evidenziati i 4 picchi di cattura registrati. Nel primo picco, l'8 maggio 2020, sono stati rilevati 57 maschi e 374 femmine per un totale di 431 individui di *D. suzukii*. Nel secondo picco, il 15 luglio 2020, sono stati rilevati 1002 maschi e 1113 femmine per un totale di 2115 individui. Nel terzo picco, il 23 settembre 2020, sono stati rilevati 111 maschi e 161 femmine per un totale di 272 individui. Nel quarto picco, il 30 dicembre 2020, sono stati rilevati 373 maschi e 366 femmine per un totale di 739 individui.



**Figura 24.** Dinamica della popolazione di *D. suzukii* nel sito A dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono riportate le date di rilievo, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati. La linea tratteggiata indica il totale degli individui catturati, la linea rossa indica le femmine, la linea blu indica i maschi.

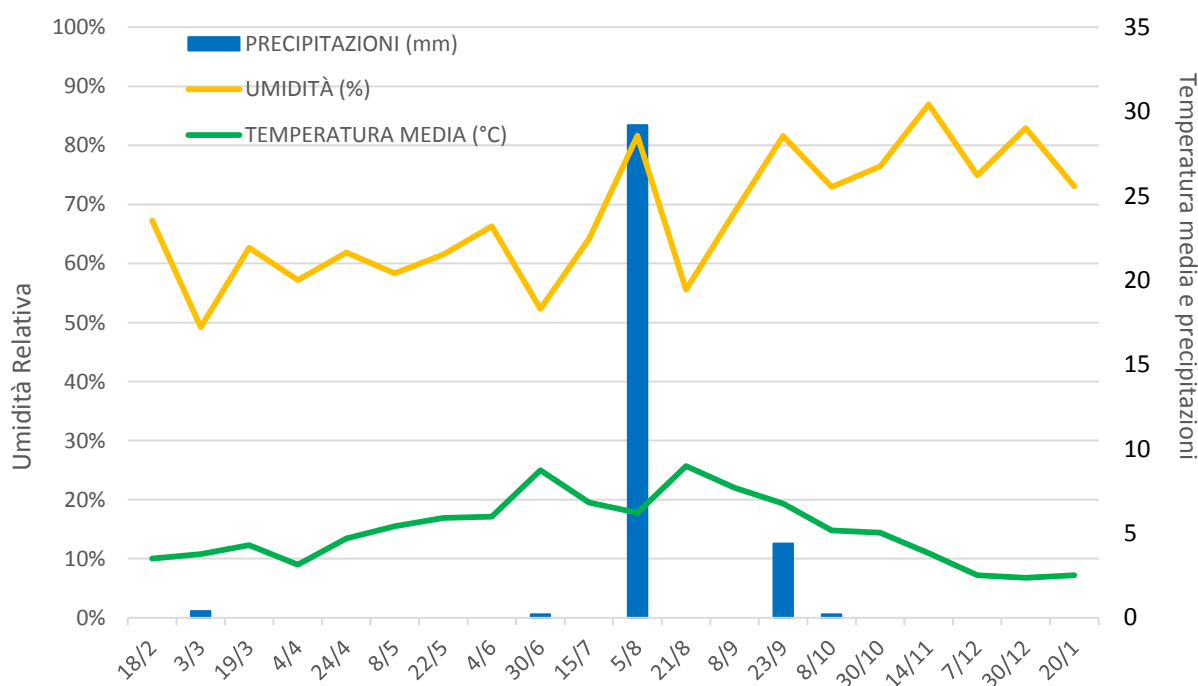
Osservando le catture di volo di *D. suzukii*, nel periodo di studio, è possibile osservare come le trappole abbiano catturato più femmine di *D. suzukii* nel periodo da febbraio fino a giugno, mentre da giugno a gennaio le catture di maschi e femmine si equiparano (Figura 23).

Andando ad analizzare i parametri climatici forniti dalla Stazione Meteorologica dell'azienda Mazzoni, è possibile notare che le temperature medie, per tutto il periodo di volo di *D. suzukii*, sono state comprese fra 4,2°C e 25°C mentre l'U.R. è variata dal 52,3% al 81,6%.

In particolare: la temperatura media registrata in data 8 maggio (primo picco di catture) è stata pari a 15,5°C, con U.R. pari a 58,3%; in data 30 giugno la temperatura media è stata pari a 25°C con U.R. pari a 52,3%; in data 15 luglio (secondo picco di catture) la temperatura media è stata di 19,5°C con U.R. pari al 58,3%; in data 23 settembre (terzo picco di catture) la temperatura

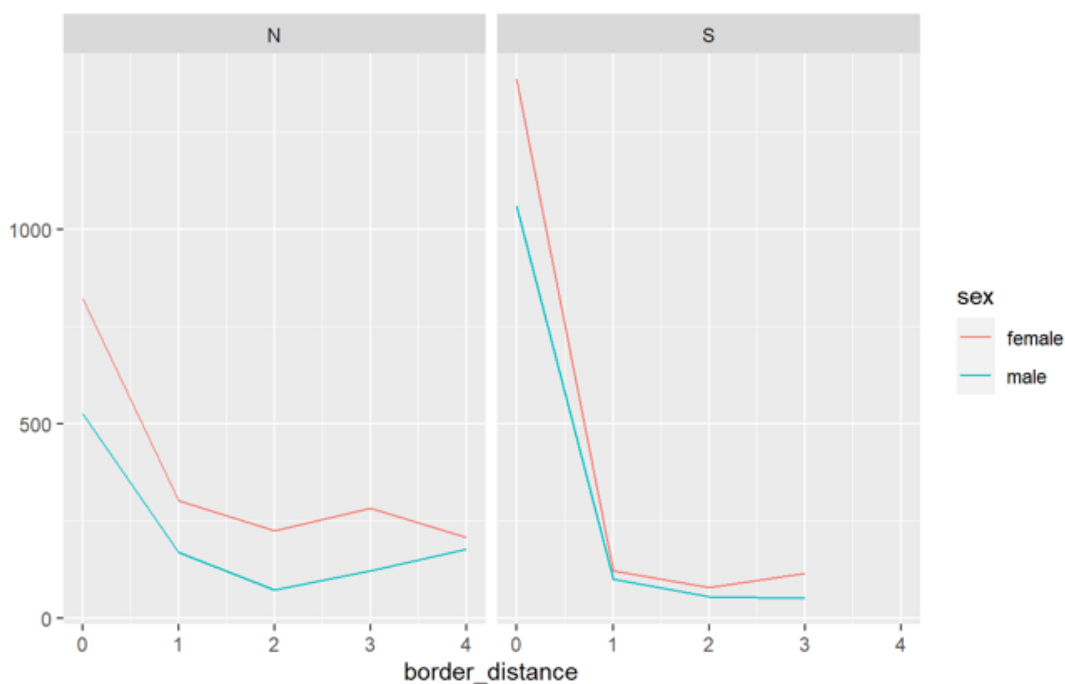
media registrata è stata pari a 19,4°C con U.R. di 81,6% e precipitazione media di 4,4 mm; in data 30 dicembre la temperatura media durante il è stata pari a 4,2°C con U.R di 61,1% e precipitazione media di 3,7 mm (Figura 25).

Durante lo studio è stato osservato che il periodo di massima catture nelle trappole (luglio) è coinciso con la maggiore disponibilità di frutti maturi (sulla pianta o caduti al suolo) all'interno del pescheto.



**Figura 25.** Andamento climatico nel pescheto A in località Montedinove dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Sull'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio; sull'asse delle ordinate a sinistra è indicata l'umidità relativa e sull'asse delle ordinate a destra sono indicate temperatura media e precipitazioni. La linea gialla indica l'umidità relativa, la linea verde indica la temperatura media e gli istogrammi blu indicano le precipitazioni.

Per quanto riguarda l'abbondanza delle catture all'interno delle trappole in funzione della distanza dai bordi del pescheto, è stato possibile osservare come queste siano state più abbondanti sui bordi o in prossimità di essi (Figura 26). E' inoltre possibile osservare come le maggiori catture si sono verificate nelle trappole posizionate sui bordi del transetto Sud dove era presente una siepe costituita da rovo e sambuco



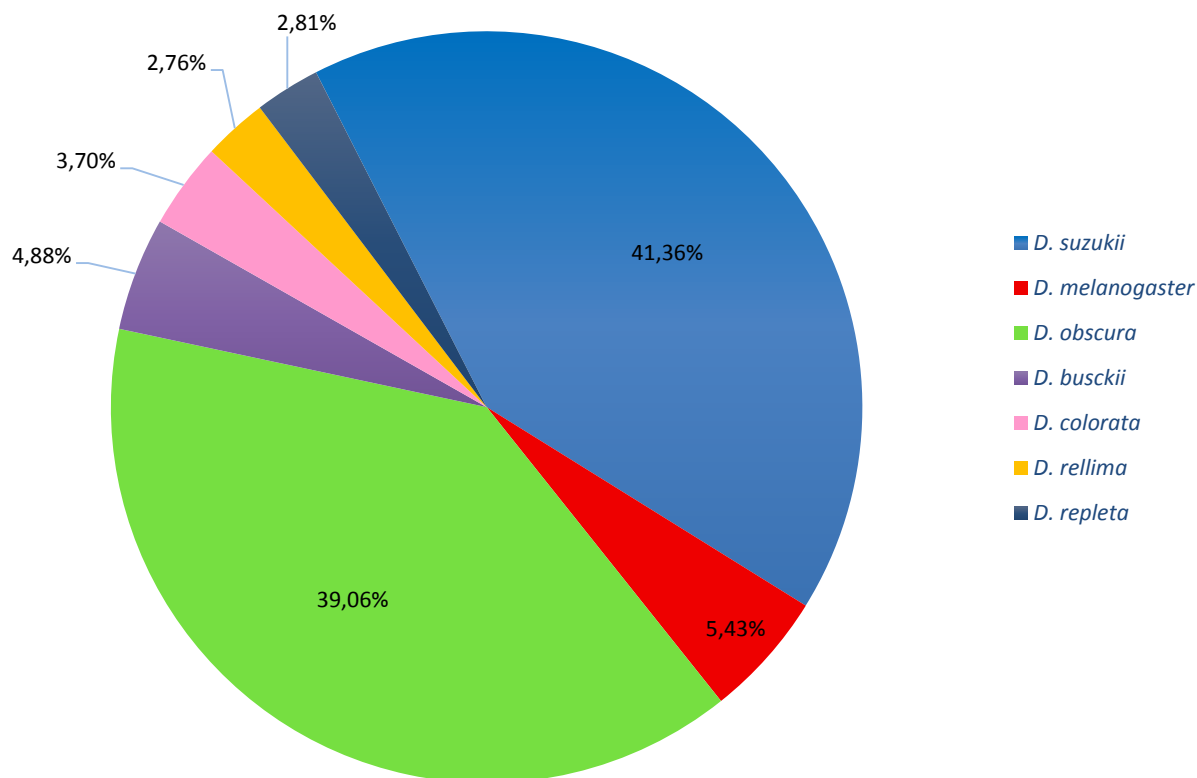
**Figura 26.** Abbondanza delle catture all'interno delle trappole in funzione della distanza dai bordi. Azienda Mazzoni – Montedinove (AP). N= transetto Nord, S= transetto Sud. Sull'asse delle ordinate gli individui catturati. La linea rossa rappresenta gli individui di sesso femminile mentre la linea blu quelli di sesso maschile

#### 4.1.2 Azienda Agricola Acciarri – Ortezzano (FE)

Nel Sito B, situato nel comune di Ortezzano, dal 18/02/2020 al 20/01/2021, mediante il monitoraggio effettuato con 10 trappole cromotropiche sono stati catturati un totale di 6.004 individui appartenenti a 7 differenti specie di Drosophilidae: il 41% di individui di *Drosophila suzukii* (n = 2483), il 39% di individui di *D. obscura* (n = 2345), il 5% di individui di *D. melanogaster* (n = 326), ed il 5% di individui di *D. busckii* (n = 293), il 4% di *D. colorata* (n = 222), il 3% di *D. rellima* (n = 166) ed il 3% di *D. repleta* (n = 169) (Figura 27).

La specie più catturata è stata *D. suzukii* e durante il periodo di studio sono stati catturati un totale di 2483 individui di cui 1501 femmine e 982 maschi (maschi : femmine = 1 : 1,5).

Nella Figura 28 sono evidenziati i 4 picchi di cattura registrati la cui curva di volo evidenzia quattro picchi di catture. Il primo picco è stato registrato l'08 maggio 2020 (199 individui: 17 maschi e 182 femmine), il secondo picco è stato registrato il 05 agosto 2020 (424 individui: 199 maschi e 225 femmine), il terzo picco è stato registrato l'08 ottobre (435 individui: 157 maschi e 278 femmine) e il quarto picco è stato registrato il 30 dicembre 2020 (739 individui: 373 maschi e 366 femmine).



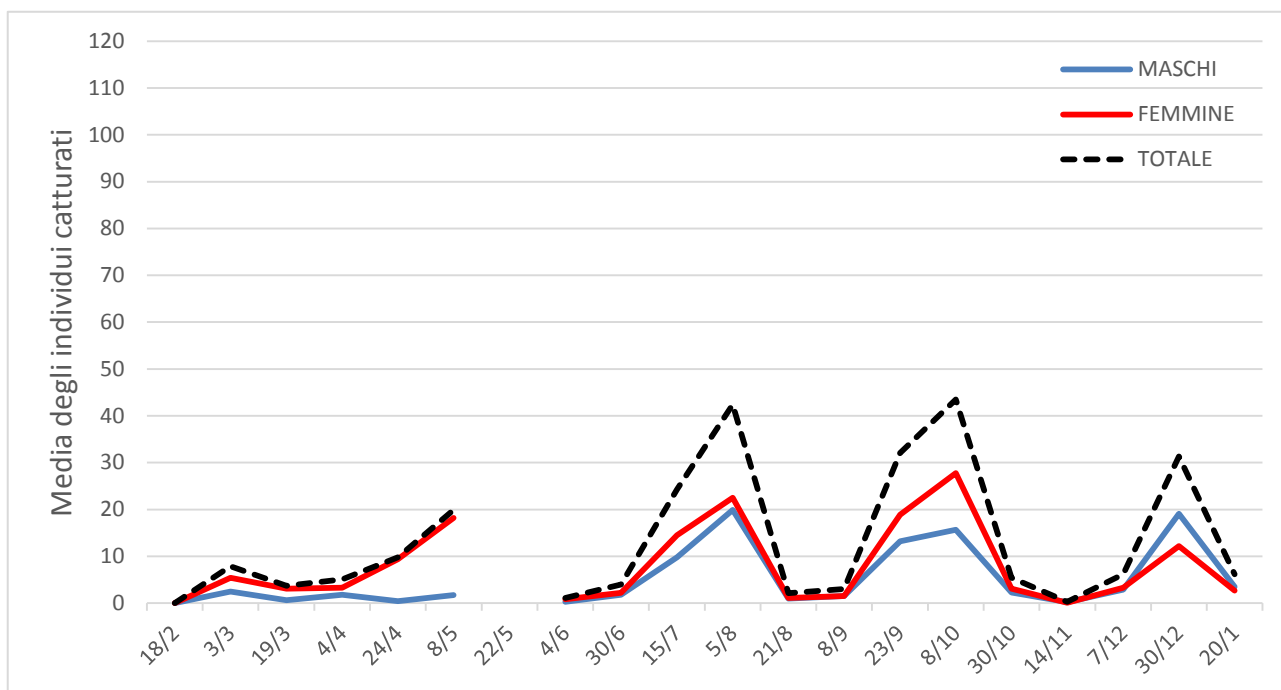
**Figura 27.** Ripartizione percentuale dei Drosofilidi catturati nel sito B mediante l'uso di trappole romotropiche nel periodo di campionamento che va dal 18/02/2020 al 20/01/2021.

In questo pescheto l'abbondanza della popolazione di *D. suzukii* è stata inferiore rispetto al pescheto A molto probabilmente a causa dei trattamenti insetticidi effettuati e anche dalla differente disponibilità di piante ospiti naturali del fitofago.

Nel sito B, come nel sito A, è possibile notare una prevalenza di individui di sesso femminile di *D. suzukii* da febbraio fino a giugno, mentre da giugno fino alla fine del periodo di osservazione sia i maschi che le femmine si equiparano.

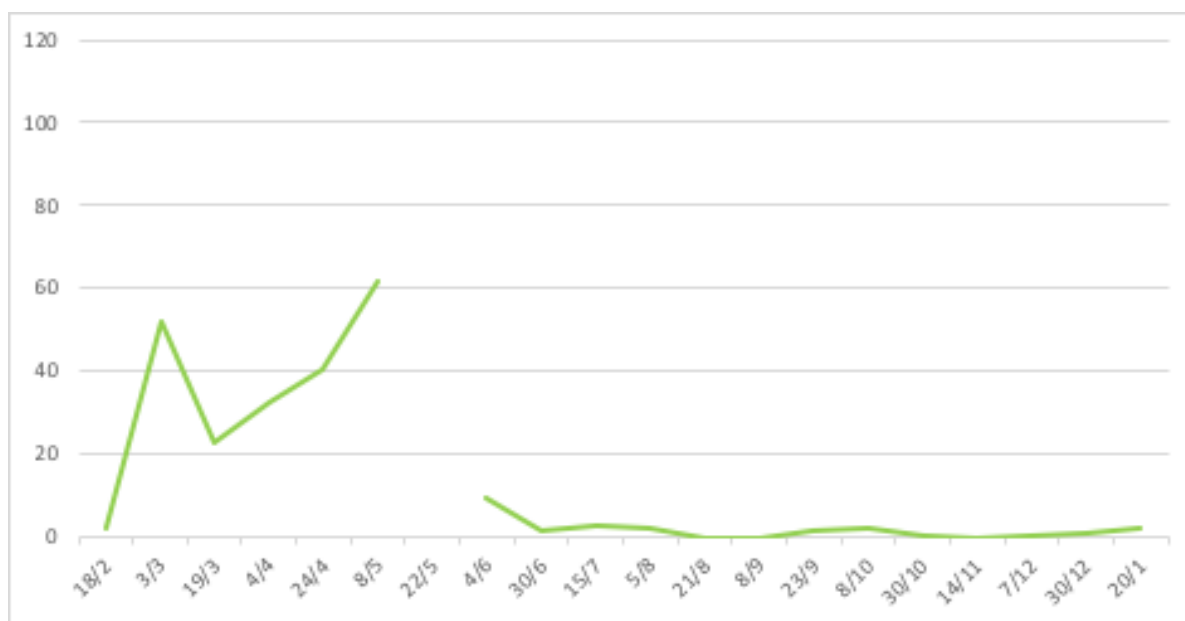
Andando ad analizzare i parametri climatici forniti dalla Stazione Meteorologica dell'azienda Acciarri, è possibile notare che le temperature medie, per tutto il periodo di volo di *D. suzukii*, sono state comprese fra 4 °C e 18,4°C mentre l'U.R. è variata dal 52,3% al 81,6% (Figura 30).

In particolare: la temperatura media registrata in data 8 maggio (primo picco di catture) è stata pari a 15,5°C, con U.R. pari a 62,1%; in data 5 agosto (secondo picco di catture) la temperatura media è stata di 18,4°C con U.R. pari al 86,4% e precipitazione pari a 20 mm; in data 8 ottobre (terzo picco di catture) la temperatura media registrata è stata pari a 15,3°C con U.R. di 70%; in data 30 dicembre la temperatura media durante il è stata pari a 4°C con U.R di 61,8%.

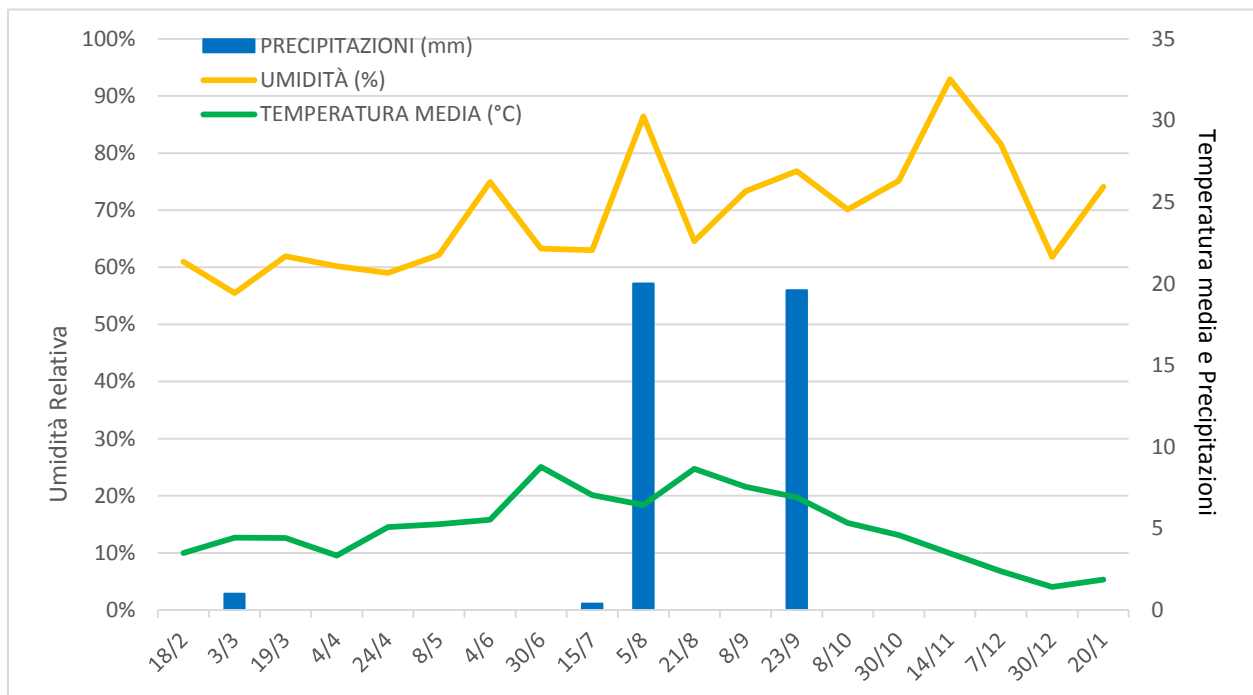


**Figura 28.** Dinamica della popolazione di *D. sukii* nel sito B in località Ortizzano dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati nelle 10 trappole. La linea tratteggiata indica la media degli individui catturati, la linea rossa indica le femmine, la linea blu indica i maschi.

La seconda specie più catturata nel sito B è stata *D. obscura*, la cui dinamica di popolazione (Figura 29) evidenzia due picchi di volo. Il primo picco è stato registrato il 03 marzo 2020 (518 individui) e il secondo picco è stato registrato l'08 maggio 2020 (617 individui).



**Figura 29.** Dinamica della popolazione di *D. obscura* nel sito B in località Ortizzano, dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Nell'asse delle ascisse sono indicati i giorni di rilievo, nell'asse delle ordinate la media degli insetti catturati nelle 10 trappole.



**Figura 30.** Andamento climatico nel sito B dal 18/02/2020 al 20/01/2021. Sull'asse delle ascisse sono indicati i giorni di monitoraggio; sull'asse delle ordinate a sinistra è indicata l'umidità relativa e sull'asse delle ordinate a destra sono indicate temperatura media e precipitazioni. La linea gialla indica l'umidità relativa, la linea verde indica la temperatura media e gli istogrammi blu indicano le precipitazioni.

## 4.2 Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *Drosophila suzukii*

### 4.2.1 Azienda Agricola Mazzoni -Montedinove (AP)

Nel sito A sono state analizzate 1091 femmine di *D. suzukii* nel periodo compreso tra il 18 febbraio 2020 e il 20 gennaio 2021.

Categoria “Uova libere mature”: in data 08/05/2020 rientra il 48% (n = 48) degli individui, in data 15/07/2020 il 36% (n = 36), in data 23/09/2020 il 41% (n = 41) e in data 26/01/2021, il 10% (n = 10)

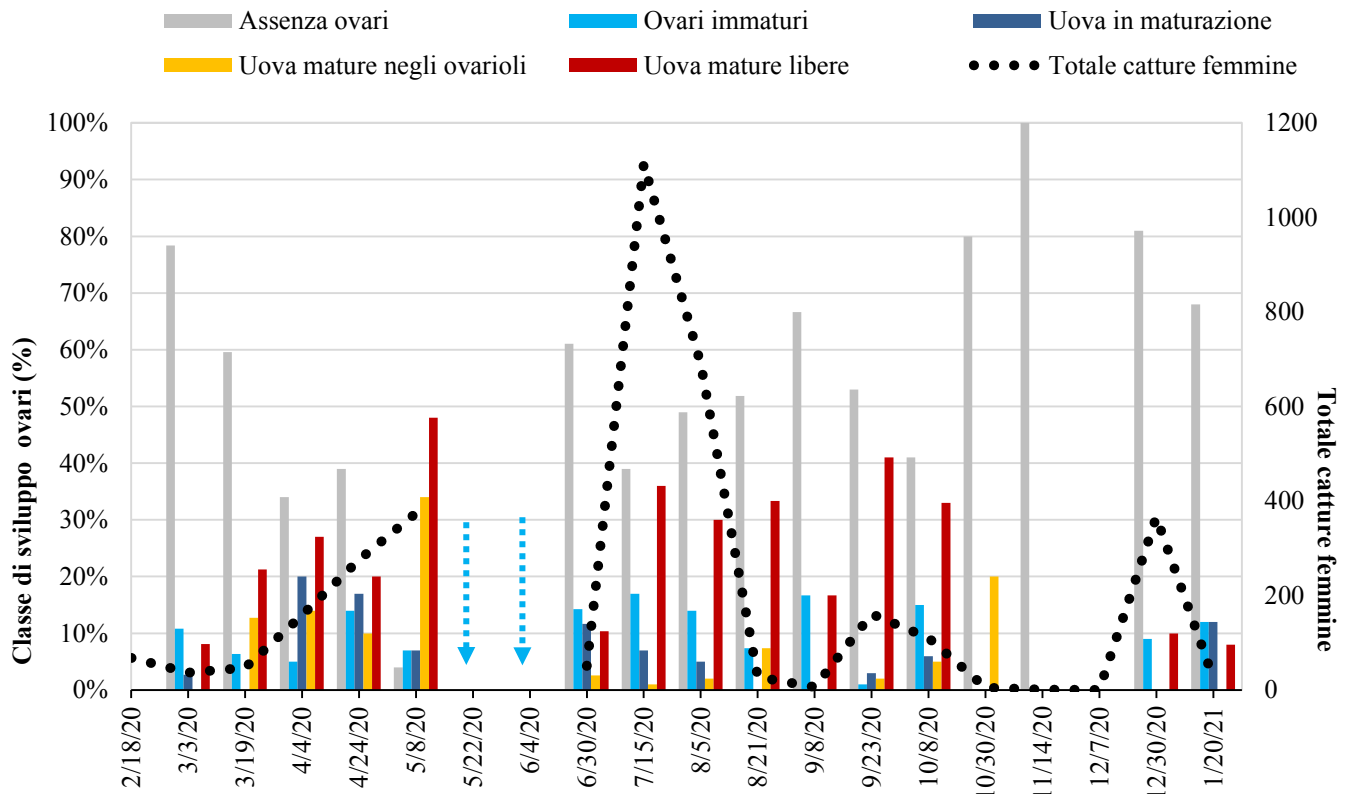
Categoria “uova mature negli ovaroli” in data 08/05/2020, rientra il 34% (n = 34) degli individui, in data 15/07/2020 l'1% (n = 1), 23/09/2020 il 2% (n = 2) e il 26/01/2021 lo 0% (n = 0).

Categoria “uova in maturazione” il 08/05/2020 rientra il 7% (n = 7) degli individui, il 15/07/2020 il 7% (n = 7), il 23/09/2020, il 3% (n = 3) e il 26/01/2021, lo 0% (n = 0).

Categoria “ovari immaturi” il 08/05/2020 rientra il 7% (n = 7) degli individui, il 15/07/2020, il 17% (n = 17), il 23/09/2020 l'1% (n = 1) e il 26/01/2021, il 9% (n = 9) (Figura 31).

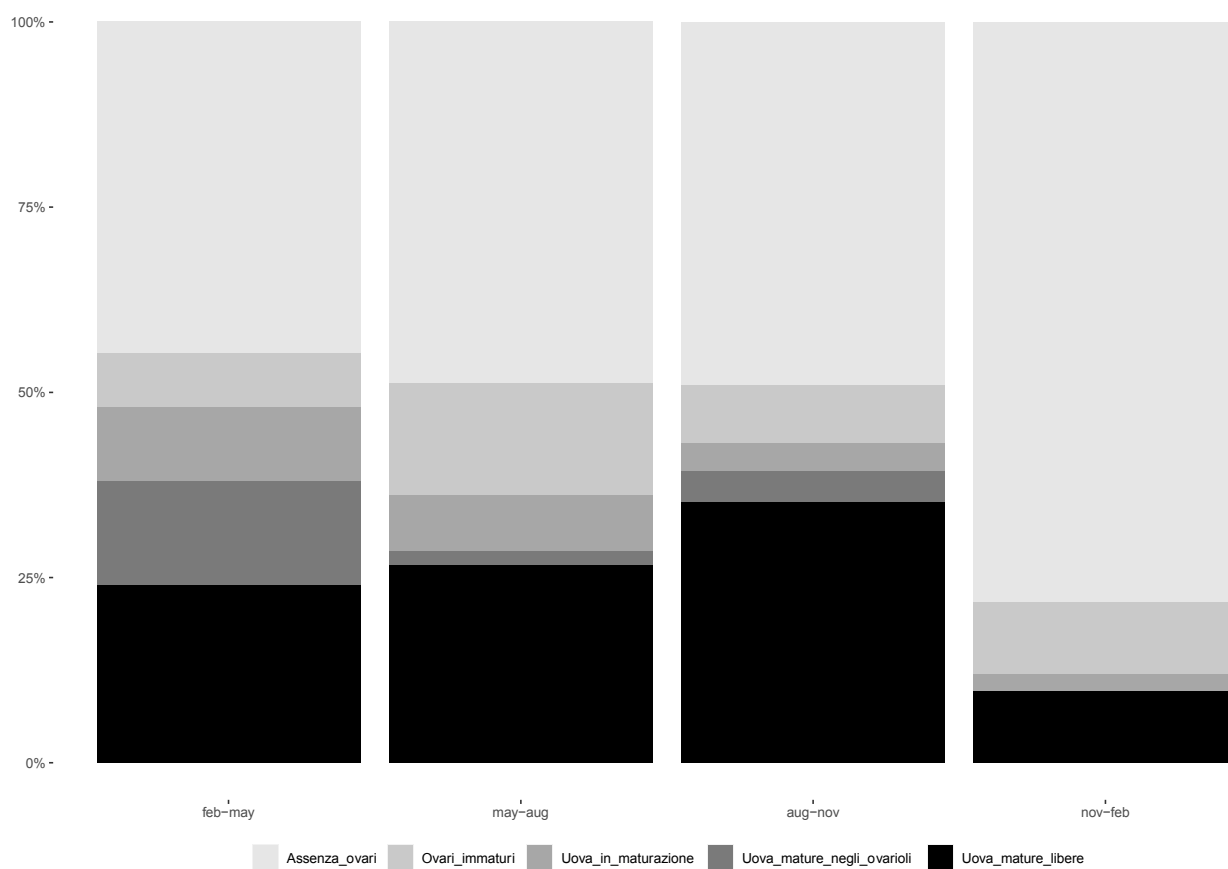


Categoria “assenza ovari” il 08/05/2020, rientra il 4% (n = 4) degli individui, il 15/07/2020 il 39% (n = 39), + il 23/09/2020, il 53% (n = 53) e il 30/12/2020, l’81% (n = 81).



**Figura 31.** Valutazione degli ovari di *D. sukukii* nel sito A. Nell’asse delle ascisse sono indicate le date di cattura, nell’asse delle ordinate la percentuale di femmine analizzate. L’istogramma rappresenta le cinque categorie di classificazione degli ovari. Le frecce azzurre indicano le date di monitoraggio che non hanno catturato nessun insetto causa grandine e sostituzione trappole.

Per quanto riguarda la valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *D. sukukii*, nel periodo febbraio 2020 - gennaio 2021, è possibile notare come durante il periodo autunno-invernale (novembre-febbraio) la maggioranza delle femmine è immatura sessualmente. Da notare che in tutto il periodo dell’anno sono presenti femmine ovideponenti ma nel periodo agosto-novembre la loro percentuale è più elevata rispetto agli altri periodi dell’anno (Figura 32).



**Figura 32.** Valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *Drosophila suzukii*, nel periodo febbraio 2020-gennaio 2021, Azienda Mazzoni – Montedinove (AP). Sull’asse delle ordinate sono riportati le percentuali di femmine nei cinque stati di riproduzione.

## 5. CONCLUSIONI

Nei due agroecosistemi pescheto della Val D’Aso oggetto di studio sono state catturate nelle trappole e identificate 7 specie di Ditteri Drosophilidi: *Drosophila suzukii*, *D. obscura*, *D. busckii*, *D. melanogaster*, *D. colorata*, *D. repleta* e *D. rellima*.

Nell’agroecosistema pescheto sito nel comune di Montedinove (Ascoli Piceno) la specie più abbondante è stata *D. obscura* mentre in quello sito nel comune di Ortezzano (Fermo) è stata *D. suzukii*.

Le catture nelle trappole sono state registrate durante tutto il periodo di studio (da febbraio 2020 a gennaio 2021) facendo registrare il picco massimo, nell’agroecosistema pescheto sito nel comune di Montedinove, durante il mese di luglio, in concomitanza con la maggiore disponibilità di frutti maturi (sulla pianta o caduti al suolo) all’interno del pescheto.

Durante il periodo febbraio-maggio la popolazione del fitofago è stata costituita prevalentemente da femmine. Questa osservazione concorda con quanto riportato in bibliografia in merito all’ipotesi che i maschi di *D. suzukii*, così come in altre specie dello stesso genere, potrebbero essere meno capaci delle femmine di sopravvivere alle condizioni invernali (Dalton *et al.*, 2011; Salminen e Hoikkala, 2013).

Nel pescheto di Montedinove pescheto la presenza di adulti di *D. suzukii* è stata di circa tre volte superiore rispetto al pescheto sito nel comune di Ortezzano. Molto probabilmente tale situazione è da attribuire al fatto che nel pescheto sito nel comune di Grottazzolina sono stati effettuati due interventi insetticidi durante il mese di giugno mentre nell’altro pescheto non è stato effettuato nessun intervento fitosanitario.

Gli agroecosistemi oggetto di studio, inoltre, sono inseriti in contesti agroecologici molto diversi. Nel sito di Montedinove, la presenza del fiume Aso crea un ambiente umido, fattore importante per la sopravvivenza di *D. suzukii* (Rossi Stacconi *et al.*, 2016). Ricordiamo che *D. suzukii* può infestare la maggior parte delle specie di frutta a polpa tenera nonché gran parte dei frutti selvatici. Il pescheto di Montedinove è contornato di siepi che ospitano piante di rovo e sambuco che sembra essere fra le piante ospiti predilette da questo insetto dannoso (Kenis *et al.*, 2016). Sempre in questo sito è presente l’edera che avvolge le siepi di bordo e che può fornire un ambiente dal microclima più favorevole per *D. suzukii*, andando a mantenere temperatura e umidità stabile e creare un punto di riparo per la sopravvivenza invernale (Ioriatti *et al.*, 2015). Durante questo studio, per quanto riguarda l’abbondanza delle catture all’interno delle trappole in funzione della distanza dai bordi del pescheto, è stato possibile osservare come queste siano state più abbondanti nelle trappole localizzate sui bordi o in prossimità di essi. *D. suzukii* grazie alla disponibilità di piante ospiti secondari ed al clima temperato, riesce a sopravvivere

anche durante i mesi più rigidi (Rossi Stacconi *et al.*, 2016). Nelle trappole le femmine sono state catturate 1,5 volte in più dei maschi suggerendo che l'agroecosistema di Montedinove potrebbe essere un sito favorevole allo svernamento dei Drosophilidi che si aggregano per sopravvivere al letargo, con una sex ratio pari ad un maschio per due femmine (Zerulla *et al.*, 2015).

Il pescheto sito nel comune di Ortezzano, presenta un agroecosistema più semplificato, con assenza di siepi di bordo e piante ospiti selvatiche.

Nel periodo invernale è stato osservato un picco di cattura. Studi condotti in vigneti del Trentino-Alto Adige, hanno evidenziato un numero limitato di catture di *D. suzukii* in estate e un aumento graduale da settembre, con un picco massimo a metà ottobre (Vitagliano *et al.*, 2013).

Nella Vald'Aso, l'inverno è molto più tiepido che in Trentino-Alto Adige. *D. suzukii*, infatti, rallenta il proprio metabolismo con temperature inferiori a 10°C (Vitagliano *et al.*, 2013), nel nord Italia questo valore si raggiunge già in autunno e permane fino alla primavera successiva.

La temperatura influisce molto sulla vitalità e fertilità di *D. suzukii* perché il ciclo di vita che va da uovo all'emergenza dell'adulto varia molto: può andare da 9 ai 10 giorni con una temperatura di 25°C oppure da 21 a 25 giorni con una temperatura di 15°C. *D. suzukii* ha una temperatura ottimale di sviluppo a 20°C. In bibliografia, sono state riscontrate diverse soglie di sterilità dovute alla temperatura e queste variano da 23°C per *Drosophila* spp. più sensibili al calore, a 31°C per specie più tolleranti al calore (Kanzawa, 1939; Cini *et al.*, 2012). *D. suzukii* rientra tra le specie più tolleranti al calore e resistenti al freddo. In questo studio le catture di *D. suzukii* sono avvenute con temperature medie comprese fra 4°C e 25°C mentre l'U.R. è variata dal 52,3% al 81,6%. I picchi con più catture, nel mese di luglio, sono stati registrati in con temperature medie tra i 15,5°C e i 18,4°C. Le osservazioni effettuate durante questo studio sono in accordo con quanto riportato da Walsh *et al.* (2011) sul fatto che a basse temperature *D. suzukii* è attiva.

La valutazione dello stato riproduttivo delle femmine di *D. suzukii* è in accordo con quanto riportato da Grassi *et al.* (2017), ovvero che l'aumento delle temperature porta anche all'aumento di maturità sessuale ed, in parte, conferma l'ipotesi che in inverno le femmine entrano in diapausa riproduttiva, ma non interrompono l'attività motoria e alimentare (Rossi Stacconi *et al.*, 2016).

Alla luce di questi studi è importante attuare dei sistemi preventivi che impediscano la diffusione di *D. suzukii* o più realisticamente, delle metodologie che permettano di tenere l'insetto al di sotto della soglia di danno.

In Trentino, dove si sono verificati i primi attacchi nel 2009, si sono ottenuti dei risultati importanti integrando alle reti antigrandine, delle reti anti-insetto a maglie più piccole.

Già da qualche anno, si stanno studiando in laboratorio, quindi con condizioni ottimali di temperatura e umidità, parassitoidi in grado di controllare le popolazioni di *D. suzukii* all'interno dell'agroecosistema frutteto ed i risultati più promettenti derivano dallo studio di *Ganaspis brasiliensis* (Hymenoptera: Tephritidae) e *Leptopilina japonica* (Imenottero: Figitidae).

*L. japonica* è un parassitoide esotico scoperto in Trentino nel 2019 e ora assai diffuso, mentre su *G. brasiliensis* sono stati condotti studi sulla sua capacità parassitizzante. Depone il proprio uovo dentro le larve di *D. suzukii* e lì si sviluppa, uccidendo il suo ospite. Ha una percentuale di parassitizzazione, a seconda dell'ambiente, fra il 40 e il 60%, depone su larve che si trovano sulla frutta ancora attaccata alla pianta e si riproduce ogni quattro settimane e ogni femmina depone quindici-venti uova al giorno ([www.agronotizie.org](http://www.agronotizie.org)).

Ad agosto, sempre in Trentino, sono stati fatti i primi lanci di *G. brasiliensis* in pieno campo.

Gli esiti del piano di monitoraggio e una dettagliata relazione saranno trasmessi al Ministero entro il mese di dicembre 2021 ([www.italiafruit.org](http://www.italiafruit.org)).

Anche altre regioni italiane come Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto, Valle D'Aosta e provincia di Bolzano sono interessate al lancio di *G. brasiliensis* negli anni futuri. In Campania, dove *D. suzukii* è stata segnalata per la prima volta nel 2012 ed ha causato ingenti danni a ciliegi e piccoli frutti coltivati in fuori suolo, sono stati fatti dei lanci di *G. brasiliensis* in siti autorizzati dal Ministero per la Transizione Ecologica in aree prossime alle colture bersaglio in seguito al Decreto di Autorizzazione n.33 del 17 agosto 2021.

## BIBLIOGRAFIA

- Alkema, J. T., Dicke, M., & Wertheim, B. (2019). Context-dependence and the development of push-pull approaches for integrated management of *Drosophila suzukii*. *Insects*, *10*(12), 454.
- Arnó, J., Solà, M., Riudavets, J., & Gabarra, R. (2016). Population dynamics, non-crop hosts, and fruit susceptibility of *Drosophila suzukii* in Northeast Spain. *Journal of Pest Science*, *89*(3), 713-723.
- Asplen, M. K., Anfora, G., Biondi, A., Choi, D.-S., Chu, D., Daane, K. M., . . . Desneux, N. (2015). Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*, *88*(3), 469-494.
- Boselli, M., Tiso, R., Nannini, R., Bortolotti, P., Caruso, S., & Dradi, D. (2012). Monitoring of *Drosophila suzukii* in Emilia Romagna. *Giornate Fitopatologiche 2012, Milano Marittima (RA), 13-16 marzo 2012.*, 429-432.
- Brown, P. H., Shearer, P. W., Miller, J. C., & Thistlewood, H. M. (2011). The discovery and rearing of a parasitoid (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. In Oregon and British Columbia. *ESA 59th Annual Meeting*, 13-16.
- Bruck, D. J., Bolda, M., Tanigoshi, L., Klick, J., Kleiber, J., DeFrancesco, J., . . . Spitler, H. (2011). Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of *Drosophila suzukii* in berry crops. *Pest management science*, *67*(11), 1375-1385.
- CABI. (2021). Invasive Species Compendium.
- Caruso, S., Vaccari, G., Lugli, S., Bellelli, S., Francati, S., Maistrello, L., . . . Cassanelli, S. (2017). *Drosophila*, le reti sono efficaci ma servono soluzioni più convenienti. *Frutticoltura*(4).
- Cini, A., Ioratti, C., & Anfora, G. (2012). A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*, *65*(1), 140-160.
- Civolani, S., Vaccari, G., Caruso, S., Finetti, L., Bernacchia, G., Chicca, M., & Cassanelli, S. (2021). Evaluation of insecticide efficacy and insecticide adaptive response in Italian populations of *Drosophila suzukii*. *Bulletin of Insectology*, *74*(1), 103-114.
- Dalton, D. T., Walton, V. M., Shearer, P. W., Walsh, D. B., Caprile, J., & Isaacs, R. (2011). Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. *Pest management science*, *67*(11), 1368-1374.

- dos Santos, L. A., Mendes, M. F., Krüger, A. P., Blauth, M. L., Gottschalk, M. S., & Garcia, F. R. (2017). Global potential distribution of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *PloS one*, *12*(3), e0174318.
- Ghidoni, F., Román, T., Guzzon, R., Ioratti, C., Mazzoni, V., & Anfora, G. (2018). *Drosophila suzukii* e marciume acido: un ruolo attivo nella diffusione?. *l'Enologo*, 101-105.
- Grassi, A., & Pallaoro, M. (2012). *Drosophila suzukii* (Matsumura), a revolution for soft fruits in Trentino. In *Ecofruit. 15th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the conference, Hohenheim, 2022*.
- Grassi, A., & Pallaoro, M. (2012). *Drosophila suzukii* (Matsumura), a revolution for soft fruits in Trentino. In *Ecofruit. 15th International Conference on Organic Fruit-Growing. Proceedings for the conference, Hohenheim, 2022*.
- Grassi, A., Giongo, L., & Palmieri, L. (2011). *Drosophila* (Sophophora) *suzukii* (Matsumura), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe. *IOBC/wprs Bull*, *70*, 121-128.
- Grassi, A., Gottardello, A., Dalton, D. T., Tait, G., Rendon, D., Ioratti, C., . . . Walton, V. M. (2017). Seasonal reproductive biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in temperate climates. *Environmental entomology*, *47*(1), 166-174.
- Grassi, A., Gottardello, A., Dalton, D. T., Tait, G., Rendon, D., Ioratti, C., . . . Walton, V. M. (2018). Seasonal reproductive biology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in temperate climates. *Environmental entomology*, *47*(1), 166-174.
- Hamby, K. A., Hernández, A., Boundy-Mills, K., & Zalom, F. G. (2012). Associations of yeasts with spotted-wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*; Diptera: Drosophilidae) in cherries and raspberries. *Applied and environmental microbiology*, *78*(14), 4869-4873.
- Hamby, K. A., Bellamy, D. A., Chiu, J. C., Lee, J. C., Walton, V. M., Wiman, N. G., . . . Biondi, A. (2016). Biotic and abiotic factors impacting development, behavior, phenology, and reproductive biology of *Drosophila suzukii*. *Journal of pest science*, *89*(3), 605-619.
- Hamm, C. A., Begun, D. J., Vo, A., Smith, C. C., Saelao, P., Shaver, A. O., . . . Turelli, M. (2014). *Wolbachia* do not live by reproductive manipulation alone: infection polymorphism in *Drosophila suzukii* and *D. subpulchrella*. *Molecular ecology*, *23*(19), 4871-4885.
- Hauser, M. (2011). A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest management science*(67), 1352-1357.
- Ioratti, C., Walton, V., Dalton, D., Anfora, G., Grassi, A., Maistri, S., & Mazzoni, V. (2015). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and its potential impact to wine grapes during harvest in two cool climate wine grape production regions. *ournal of Economic Entomology*, *108*(3), 1148-1155.

- Johnson, D. T., & O'Neill, J. (2013). Biology, Identification and Management of Spotted Wing Drosophila. *Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.*
- Kacsoh, B. Z., & Schlenke, T. A. (2012). High hemocyte load is associated with increased resistance against parasitoids in *Drosophila suzukii*, a relative of *D. melanogaster*. *PloS one*, *7*(4).
- Kanzawa, T. (1939). Studies on *Drosophila suzukii* mats. *Studies on Drosophila suzukii Mats.*
- Kenis M, T. L. (2016). Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science*, *89*(3), 735-748.
- Lee, J. C., Burrack, H. J., Barrantes, L. D., Beers, E. H., Dreves, A. J., Hamby, K. A., . . . Bruck, D. J. (2012). Evaluation of monitoring traps for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in North America. *Journal of economic entomology*, *105*(4), 1350-1357.
- Lee, J. C., Dreves, A. J., Cave, A. M., Shinji, K., Isaacs, R., Miller, J. C., . . . Bruck, D. J. (2015). Infestation of wild and ornamental noncrop fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, *108*(2), 117-129.
- Lee, J. C., Shearer, P. W., Barrantes, L. D., Beers, E. H., Burrack, H. J., Dalton, D. T., . . . Bruck, D. J. (2013). Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental entomology*, *42*(6), 1348-1355.
- Miller, M. E. (2017). A review of the Species of *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) and Genera of Drosophilidae of Northeastern North America. *Canadian Journal of Arthropod Identification*(31), 1-282.
- Poyet, M., Havard, S., Prevost, G., Chabrierie, O., Doury, G., Gibert, P., & Eslice, P. (2013). Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. *Physiological Entomology*, *38*(1), 45-53.
- Robe, L. J., Valente, V. L., Budnik, M., & Loreto, É. L. (2005). Molecular phylogeny of the subgenus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) with an emphasis on Neotropical species and groups: a nuclear versus mitochondrial gene approach. *Molecular Phylogenetics and Evolution*(36), 623-640.
- Rossi Stacconi, M. V., Kaur, R., Mazzoni, V., Ometto, L., Grassi, A., Gottardello, A., . . . Anfora, G. (2016). Multiple lines of evidence for reproductive winter diapause in the invasive pest *Drosophila suzukii*: useful clues for control strategies. *Journal of pest science*, *89*(3), 689-700.
- Sakai, M. (2005). Cherry *Drosophila suzukii*, in primary color pest and disease encyclopedia. *Apples, cherries, European pears and walnuts*(2), 489-492.
- Salminen, T. S., & Hoikkala, A. (2013). Effect of temperature on the duration of sensitive period and on the number of photoperiodic cycles required for the induction of reproductive diapause in *Drosophila montana*. *Journal of insect physiology*, *59*(4), 450-457.



- Shawer, R., Tonina, L., Tirello, P., Duso, C., & Mori, N. (2018). Laboratory and field trials to identify effective chemical control strategies for integrated management of *Drosophila suzukii* in European cherry orchards. *Crop protection*(103), 73-80.
- Siozios, S., Cestaro, A., Kaur, R., Pertot, I., Rota-Stabelli, O., & Anfora, G. (2013). Draft genome sequence of the Wolbachia endosymbiont of *Drosophila suzukii*. *Genome announcements*, 1(1).
- Tonina, L. G. (2018). Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. *Journal of applied entomology*, 148(12), 18-25.
- Tonina, L., Grassi, A., Caruso, S., Mori, N., Gottardello, A., Anfora, G., . . . Ioratti, C. (2018). Comparison of attractants for monitoring *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards in Italy. *Journal of Applied Entomology*, 142(1-2), 18-25.
- Vitagliano, S., Grassi, A., Anfora, G., & Angeli, S. (2013). L'insetto esotico *Drosophila suzukii*: ecologia e linee di difesa. *Italus Hortus*, 20(3), 3-17.
- Wallingford, A. K., Lee, J. C., & Loeb, G. M. (2016). The influence of temperature and photoperiod on the reproductive diapause and cold tolerance of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 159(3), 327-337.
- Walsh, D. B., Bolda, M. P., Goodhue, R. E., Dreves, A. J., Lee, J., Bruck, D. J., . . . Zalom, F. G. (2011). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*, 2(1), G1-G7.
- Walton, V., Lee, J., Bruck, D., Shearer, P., Parent, E., Whitney, T., & Dreves, A. J. (2010). Recognize Fruit Damage from Spotted Wing *Drosophila* (SWD).
- Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B., & Racca, P. (2020). A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology*(22), 179-192.
- Wolf, S., Boycheva-Woltering, S., Romels, J., & Collatz, J. (2020). *Trichopria drosophilae* parasitizes *Drosophila suzukii* in seven common non-crop fruits. *Journal of Pest Science*, 93(2), 627-638.
- Zindel, R., Gottlieb, Y., & Aebi, A. (2011). Arthropod symbioses: a neglected parameter in pest- and disease- control programmes. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 864-872.

## SITOGRAFIA

<https://it.wikipedia.org/wiki/Drosophilidae> (consultato il 27/07/2021)

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/109283> (consultato il 04/08/2021)

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/03/30/drosophila-suzukii-verso-il-rilascio-del-nemico-naturale-ganaspis-brasiliensis/69909> (consultato il 08/09/2021)

<https://www.italiafruit.net/DettaglioNews/62764/mercati-e-impres/ganaspis-brasiliensis-conclusi-i-lanci-in-trentino> (consultato il 08/09/2021)

<https://agronotizie.imaginenetwork.com/difesa-e-diserbo/2021/11/08/drosophila-suzukii-in-campania-iniziati-i-lanci-dell-antagonista-ganaspis-brasiliensis/73146> (consultato il 09/09/2021)

## RINGRAZIAMENTI

Come conclusione di questa tesi vorrei dedicare uno spazio a tutte quelle persone che, in un modo o nell'altro, mi hanno aiutata in questo percorso. È stato per me un viaggio difficile e tormentato, mi ha portato a scoprire i lati più deboli del mio carattere e tante volte mi ha messo nella condizione di voler rinunciare. Ma oltre le lacrime versate in questi anni ho imparato tanto e non posso non ricordare i sorrisi che mi hanno regalato le persone a me vicine. A voi devo molto.

Ringrazio la professoressa P. Riolo per avermi trasmesso tutta la sua passione per questa disciplina durante le sue lezioni e per tutta la disponibilità sempre dimostrata.

Ringrazio Matteo e Lorenzo che mi hanno accolta nel laboratorio di Entomologia nel migliore dei modi, spiegandomi e mostrandomi tutto ciò per cui mostravo interesse. Nello specifico, un enorme grazie va a Matteo per l'immensa gentilezza e disponibilità dimostrata e per avermi aiutata e supportata durante la stesura della tesi.

Ringrazio mia nonna Maria, non dimenticherò mai il giorno in cui mi hai detto: "Fammi ricordare la tua laurea". Una frase semplice arrivata in un momento molto buio che ha portato un po' di luminosità nella mia vita, donandomi forza e speranza, che mancavano ormai da tempo.

Ringrazio nonno Vincenzo, il professore più esigente che ho incontrato nel mio percorso, grazie per le interrogazioni e le spiegazioni. Ovviamente ringrazio anche nonna Marisa per avermi sempre compresa e giustificata, anche quando ero ingiustificabile, grazie per ogni "Sono orgogliosa" pronunciato.

Ringrazio mamma e papà, senza di voi niente sarebbe stato possibile. Grazie per tutti i sacrifici fatti, anche quando non li meritavo. Ogni esame passato, ogni sorriso, era solo e soltanto per voi. Non posso dimenticare Marco, stesso sangue eppur così diversi, ti ho sempre stimato più di quanto può essere descritto e ti ringrazio per esser stato per me un punto di riferimento.

Ringrazio le mie amiche di sempre, Mariachiara, Sara e Lorenza. Mi avete compresa e sostenuta senza mai farmi sentire sbagliata, con voi ogni problema scompare lasciando spazio a tanta spensieratezza. Mi auguro che la nostra voglia di parlare, ridere e ballare fino all'alba non finisca mai.

Ringrazio Vittoria, quasi una sorella. Grazie per avermi donato i tuoi migliori sorrisi quando ne avevo bisogno, grazie per avermi fatto ragionare quando ero in balia dei miei pensieri, grazie per ogni singolo messaggio quando eravamo lontane.

Ringrazio Lucia, una ragazza che il primo giorno di università cercava un posto in fondo all'aula, timida e sola quanto me. Grazie per esserti seduta accanto a me, sei la prima e unica vera amica che l'università mi ha donato. Abbiamo condiviso molti problemi, abbiamo gioito insieme nel passare esami, ci siamo confortate a vicenda quando questi non andavano come speravamo. Mi auguro di trovarti vicino a me, come il primo giorno, per il resto della vita. Sono fiera di te.

Ringrazio Arnaldo, Gianni, Cristian, Lorenzo F., Lorenzo S., ecc... per tutte le risate e il divertimento che mi avete donato. Avete reso questa esperienza indimenticabile.

Infine ringrazio Francesco, il mio più grande supporto. Hai creduto in me dal primo momento, mi hai incoraggiata a dare il meglio, mi hai aiutata a studiare, mi hai asciugato le lacrime e hai fatto esplodere i sorrisi migliori sul mio viso, mi hai tirata fuori da un baratro buio e freddo. Senza di te, molto probabilmente, il mio percorso universitario si sarebbe interrotto al primo anno. Grazie per tutto questo e tanto altro ancora.