

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

DAFNAE

TESI DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

Drosophila suzukii: monitoraggio e strategie di lotta integrata su ciliegio nel veronese

Drosophila suzukii: monitoring and integrated pest management on cherry fruit in Verona district

Relatore:

Prof. Nicola Mori

Candidato:

Andrea Nicolis

Matricola n. 1009307

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

INDICE

RIASSUNTO	7
ABSTRACT	9
CAPITOLO 1 - INTRODUZIONE	11
1.1. <i>Drosophila suzukii</i> (Matsmura)	12
1.1.1. Diffusione spaziale e temporale	15
1.1.2. Capacità di colonizzazione	18
1.1.3. Morfologia	18
1.1.4. Ecologia e condizioni di sviluppo	23
1.1.5. Ciclo biologico	25
1.1.6. Piante ospiti	26
1.1.7. Dannosità	28
1.1.8. Strategie di contenimento e difesa	30
1.1.8.1. Controllo agronomico	30
1.1.8.2. Controllo biologico	31
1.1.8.3. Controllo chimico	32
CAPITOLO 2 - SCOPO DEL PRESENTE LAVORO	35
CAPITOLO 3 - MATERIALI E METODI	37
3.1. Monitoraggio	37
3.1.1. Siti di indagine	37
3.1.2. Metodo di campionamento	40

3.1.3. Indagine sulla presenza e dannosità di <i>D. suzukii</i>	41
3.2. Prova di lotta	41
3.2.1. Monitoraggio degli adulti e selezione dell'appezzamento sperimentale	41
3.2.2. Sito di conduzione della prova	43
3.2.3. Strategie di difesa adottate	44
3.2.4. Applicazioni insetticide	46
3.2.5. Campionamenti dell'efficacia	46
CAPITOLO 4 - RISULTATI E DISCUSSIONE	49
4.1. Monitoraggio	49
4.1.1. Indagine sulla presenza e dannosità di <i>D. suzukii</i>	51
4.2. Prova di lotta	55
4.2.1. Monitoraggio sul campo sperimentale	55
4.2.2. Efficacia delle strategie di difesa adottate	56
4.2.2.1. Andamento infestazione di <i>D. suzukii</i>	56
4.2.2.2. Analisi dei residui dei fitofarmaci	60
4.3. Suscettibilità varietale	61
CAPITOLO 5 – CONCLUSIONE	63
ALLEGATI: DATI METEO (MARANO DI VALPOLICELLA)	65
BIBLIOGRAFIA	67
RINGRAZIAMENTI	73

RIASSUNTO

Dalla sua recente introduzione in Europa *Drosophila suzukii* ha creato gravi danni alle produzioni frutticole in quasi tutte le nazioni, soprattutto su ciliegio e piccoli frutti. La forte adattabilità ambientale, l'elevata fertilità e polifagia lo rendono un insetto molto dannoso alle colture agrarie. Allo stato attuale delle conoscenze l'unica forma efficace di contenimento di questo nuovo carpofago è la lotta chimica.

Nel presente lavoro è stata indagata la presenza di *D. suzukii* in un areale di coltivazione del ciliegio nel veronese e sono state studiate alcune strategie di lotta con gli insetticidi attualmente registrati sulla coltura.

Dal monitoraggio territoriale è emerso che l'insetto è ampiamente diffuso nella zona indagata e che la sua presenza è in relazione a temperatura ed altitudine.

Le indagini sul contenimento dell'insetto hanno evidenziato la necessità di intervenire in prossimità della raccolta, al limite dei tempi di carenza degli insetticidi, in quanto l'attacco del parassita è risultato imminente alla maturazione delle drupe. Inoltre dato il breve periodo di efficacia degli insetticidi emerge la necessità di coprire con interventi chimici tutto il periodo utile a partire dall'invasatura di e di completare le operazioni di raccolta nel più breve tempo possibile.

ABSTRACT

Since its introduction in Europe *Drosophila suzukii* has created serious damages to fruit production all over Europe, especially to cherry fruit and berries. Its strong environmental adaptability, its high fertility and its polyphagy make it a very dangerous insect for crops. At present, the only effective pest management is the chemical control.

In this research the presence of *D. suzukii* in the cherry production area in Verona district has been closely monitored and different pest management strategies with registered insecticides on the crops have been analysed.

As a result of this monitoring is evident that the insect is largely spread in the area and its presence depends on temperature and altitude.

The tests on pest control have highlighted the need for intervention until a few days before the harvest, in consideration of the time persistence of insecticides, as the pest attack has shown to be stronger when the cherries are ripe. Moreover, due to the short persistence of insecticides there is the need to cover the whole period of ripeness with chemicals products and to complete the harvest as soon as possible.

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE

Il ciliegio è una pianta arborea di origine asiatica, presente diffusamente in tutti gli areali di coltivazione europei.

Il ciliegio appartiene alla famiglia delle *Rosaceae*, sottogruppo *Prunoideae* (*Drupaceae*), e al genere *Prunus* L.). Tra le specie afferenti al genere *Prunus*, due sono quelle coltivate dall'uomo a scopo commerciale: il ciliegio dolce (*Prunus avium* L.) e il ciliegio acido (*Prunus cerasus* L.). Esse differiscono sia per il tipo di frutto sia per il portamento della pianta.

L'Italia è uno dei maggiori produttori a livello mondiale. Secondo l'elaborazione del Cso su dati Istat relativi al 2007, in Italia sono stati investiti a ciliegio 29.679 ettari per una produzione di 1.105.250 q. Verona è la provincia più produttiva a livello regionale, con una produzione che, nel 2007, era di 136.083 q.

La coltivazione del ciliegio a Verona e nel Veneto è rimasta limitata per molto tempo a produzioni famigliari. Piante di ciliegio erano spesso nel passato utilizzate come sostegni vivi in vigneto, e il prodotto veniva destinato ad un consumo limitato. Solo dagli anni 30' e 40' la coltivazione intensiva iniziò lentamente a diffondersi, soprattutto negli areali caratterizzati da terreni più "poveri" e di più difficile coltivazione, come le zone collinari.

Ad oggi, la quasi totalità della produzione della provincia è concentrata nei comuni a nord del capoluogo Verona, dove le ciliegie sono classificate come prodotto tipico "Ciliegia delle colline veronesi".

Il paesaggio sul territorio presenta una linea di demarcazione colturale: da un'altezza pedecollinare a circa 500-600 metri la monocoltura a vite è pressoché continua. Il ciliegio, un tempo la coltura più redditizia, è stato, negli anni, confinato ad altimetrie maggiori, a causa del ritorno economico inferiore rispetto a quello della coltivazione della vite. Ora la coltura del ciliegio è affermata nella fascia alto collinare, fino a giungere agli areali della bassa Lessinia.

Le cultivar più diffuse nell'areale sono Mora di Cazzano, Mora dalla punta, Burlat, Adriana, Giorgia, Ferrovia, Van, Lapins e Sweetheart. Nella maggioranza dei casi di coltura in collina, gli appezzamenti investiti a ciliegio, sono polivarietalità. Ciò è spiegato dalla necessità di presenza, nello stesso campo, di piante di varietà differenti, interfertili tra esse.

Dagli anni 70' in poi, la coltivazione del ciliegio è stata ritenuta una coltura di pregio, che permetteva di recuperare un elevato reddito. Negli ultimi anni tuttavia, la concorrenza spietata di

paesi produttori emergenti quali Turchia, Stati Uniti, Spagna, Cile, Iran, ha messo in difficoltà l'intero comparto di produzione.

Questo evento ha stimolato gli operatori del settore a valorizzare il prodotto attraverso marchi di qualità, ed ad adottare una serie di innovazioni di tipo agronomico, tra cui ad esempio potatura-raccolta meccanica, introduzione di portainnesti nanizzanti ed un ammodernamento dell'offerta varietale. Nonostante alcune novità agronomiche, la coltivazione del ciliegio nell'areale veronese è caratterizzata da tecniche per molti aspetti superate, soprattutto a causa della realtà agricola di alta collina e ai mezzi di produzione, spesso obsoleti, che determinano un aumento considerevole dei costi.

Alcuni caratteri intrinseci alla pianta quali elevata vigoria, acrotonia, periodo improduttivo relativamente lungo, resa non elevata sono tra i maggiori limiti riscontrati nella coltivazione del ciliegio, cui si aggiungono avversità abiotiche e biotiche. Tra queste ultime, con particolare riferimento agli insetti, oltre ai fitofagi più diffusi della coltura (*Rhagoletis cerasi*, *Myzus cerasi*, falene e cocciniglie), negli ultimi anni è stato rilevato in molti areali un danno importante di *Drosophila suzukii*.

1.1. *Drosophila suzukii* (Matsumura)



Foto 1. Adulti di *D. suzukii* (B.Gerdeman, WSU MT Vernon www.dddi.org)

Drosophila suzukii (foto 1) appartiene al vasto ordine dei ditteri, ordine con oltre 120.000 specie conosciute.

Classe	Insetti
Ordine	Ditteri
Sottordine	Brachiceri
Famiglia	Drosophilidi
Genere	<i>Drosophila</i>
Sottogenere	<i>Sophophora</i>
Gruppo di specie	<i>Drosophila suzukii</i>
Specie	<i>Drosophila suzukii</i> (Matsumura, 1931)

L'ordine dei ditteri viene suddiviso in 2 grandi taxa, secondo alcune chiavi morfologiche ben definite, come ad esempio l'apparato boccale.

I due sottordini sono: Nematocera (mosche) e Brachycera (zanzare)

Drosophila suzukii rientra nel sottordine dei Brachiceri (Brachycera, SCHINER, 1862).

La caratteristica di questo sottogruppo di appartenenza è quella per cui i suoi individui adulti sono costituiti di antenne aristate piuttosto corte, con un corpo più largo e grosso (Rondani, 1986).

Ad un livello tassonomico inferiore, il fitofago oggetto di tesi fa parte della famiglia dei drosofilidi (*Drosophilidae*) (figura 1). A tale famiglia corrispondono un grosso numero di specie, note comunemente come moscerini. Una specie di questo gruppo che fa parte della nostra esperienza comune è *Drosophila melanogaster*, meglio conosciuto come moscerino della frutta o dell'aceto.

Il fitofago appartiene al genere *Drosophila*, sottogenere *Sophophora* (Sturtevant, 1939).

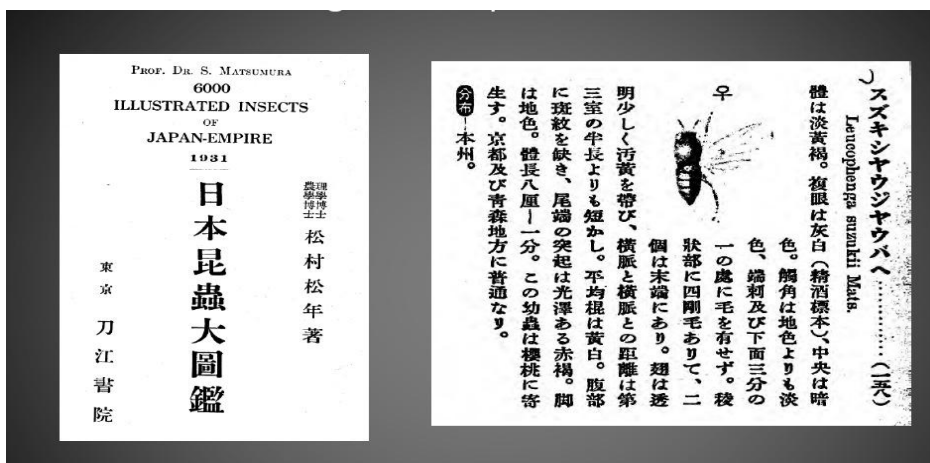


Figura 1. Illustrated insects of Japan Empire (Matsumura)

Il numero di specie di drosofilidi conosciute nel mondo si aggira intorno a 1500. In Italia, ad oggi, è stata documentata la presenza di 30 specie (O' Grady, 2002) (figura 2).

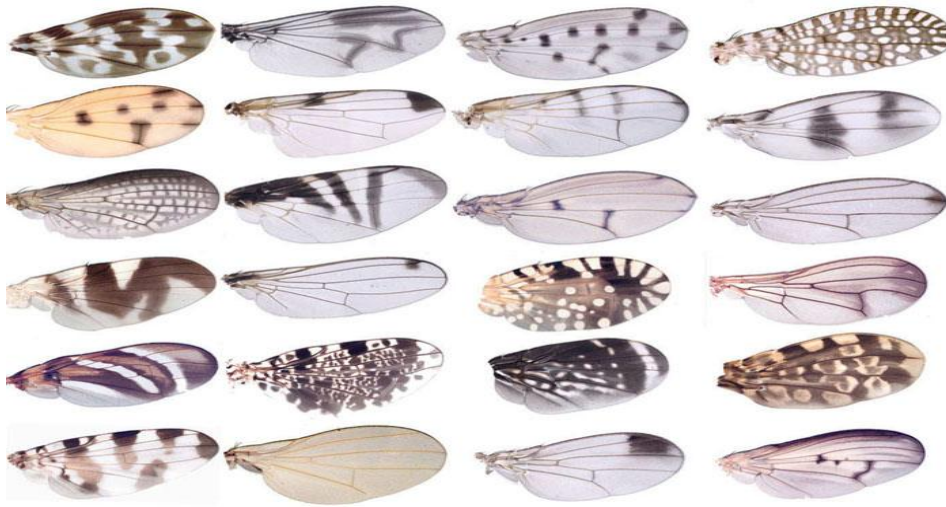


Figura 2. Confronto tra ali delle specie di drosofilidi più diffuse in Italia (Servizio Fitosanitario Veneto)

Tutta la mobilità di interesse, scientifico e mediatico, che recentemente coinvolge il tema *Drosophila suzukii*, trova una giustificazione a seguito delle distruzioni che tale animale ha arrecato negli ultimi anni su specie vegetali ospiti, anche molto diverse tra loro.

Tra le migliaia di specie di drosofilidi diffuse sul pianeta, *D. suzukii* è una delle poche, assieme a *Drosophila pulchrella*, in grado di attaccare frutta sana (Sasaki e Sato, 1995; 1996).

Due caratteristiche uniche rendono il fitofago molto temibile. Innanzitutto, la capacità di attaccare frutta sana, o apparentemente tale. La seconda è la preferenza documentata verso frutta di questo tipo. Differentemente dalle altre specie di drosofilidi, tale moscerino non necessita di tessuti marci o sovra maturi, anzi l'incidenza di *D. suzukii* in questi casi è minore. La sensibilità, secondo alcuni autori, sembra infatti diminuire su frutti acerbi o sovra maturi rispetto a frutti sani a maturazione (Mitsui *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2011). Tale caratteristica si traduce quindi nelle abitudini alimentari dell'animale, che attacca solitamente solo parti eduli della pianta (Cini *et al.*, 2012).

La potenzialità distruttrice del carpo-fago è immagine di alcune caratteristiche biologiche e morfologiche proprie della specie. Ciò che vale la pena di introdurre da ora è il robusto ovidepositore denticolato, in grado di lacerare i tessuti epicarpici della frutta in fase di

ovideposizione. Questo rappresenta l'arma di taglio mancante nelle altre specie comuni di drosofilidi (vedi paragrafo 1.1.3.).

1.1.1. Diffusione spaziale e temporale

Il dittero è in grado di muoversi per lunghe distanze in tempi ridotti. Gli spostamenti sono sia di tipo attivo, con distanze che possono raggiungere i 1400 km/anno, sia passivo attraverso la commercializzazione di prodotti eduli infestati (Calabria *et al.*, 2010). Questa premessa, alla luce dell'elevata capacità di adattamento dell'insetto ad ambienti sub-ottimali, è in grado di giustificare la rapidità di diffusione spaziale di questa specie (Cini *et al.*, 2012) (figura 3).

Drosophila suzukii è nativa del sud est asiatico, dove fu trovata per la prima volta nel 1916 su drupe di ciliegio in Giappone (Kanzawa, 1936) anche se alcuni lavori ipotizzano che l'insetto provenga da altri stati continentali dell'est asiatico quali Cina, India e Bangladesh (Kanzawa, 1936).

La specie fu descritta per la prima volta da Matsumura nel 1931 nell'isola di Honsu, città di Kyoto e di Aomori. Pochi anni dopo ne venne documentata la presenza anche in Korea e Cina (Kanzawa, 1939).

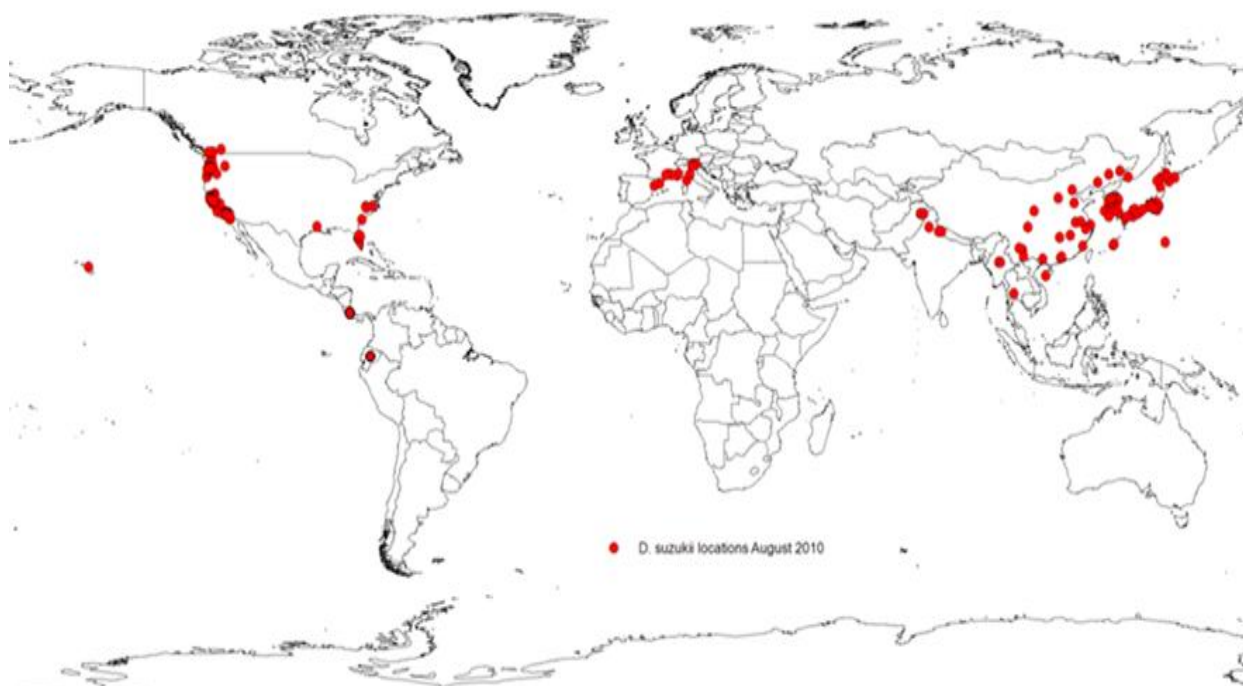


Figura 3. Presenza di *Drosophila suzukii* nel mondo (EPPO website)

Le segnalazioni in diverse regione dell'Asia furono numerose –Cina (Peng, 1937), Nord e Sud Corea (Chung, 1955), India (Parshad e Duggal, 1965), Thailandia (Okada, 1976), Taiwan (Lin *et al.*,1977), Myanmar(Toda, 1991) e Pakistan (Amin ud Din *et al.*, 2005).

Nel 1980 il fitofago venne trovato per la prima volta fuori dall'Asia, precisamente nelle isole Hawaii, dapprima sull'isola Oahu e successivamente su altre isole dell'arcipelago; nessun danno venne però segnalato (Kaneshiro, 1983; Beardsley *et al.*, 1999; O'Grady *et al.*, 2002).

Altri siti nel continente americano in cui la presenza dell'insetto venne resa nota sono la Costa Rica e l'Ecuador (Hauser, 2011).

Il primo rilevamento negli Stati Uniti è datato settembre 2008 in un campo di lamponi a Santa Cruz Country in California (Hauser, 2011). Solo un anno più tardi, nel 2009, il fitofago venne rilevato in più di 20 contee della costa ovest, da San Diego a Humboldt (Hauser *et al.*, 2009; Steck *et al.*2009).

Ancora nel 2009 fu segnalata la presenza dell'insetto in varie località della costa ovest (Santa Clara Valley, Yolo e Stanislaus) (Bolda *et al.*,2010), e in varie località in Canada e in Florida, dove non furono registrati danni sui frutti (Hauser, 2011)

Nel 2010 fu rilevata la specie in maniera diffusa negli Stati Uniti in South Carolina, North Carolina, Louisiana, Utah, Wisconsin e Michigan. Attualmente il fitofago è noto in 27 stati americani. In Canada venne documentata la presenza nello stesso anno in British Columbia, Manitoba, Ontario, Quebec.(Burrack, 2011; Isaac *et al.*, 2010; Hamilton, 2011; Hauser, 2011). La conoscenza di ambienti e di climi americani così diversi frequentati dall'animale, costituisce un'ennesima prova della forte adattabilità tipica della specie.

Nel 2008 le prime catture in Europa (figura 4a) vennero registrate a Rasquera, nella regione della Catalogna (Calabria *et al.*, 2010).

Nel 2010 l'insetto si era già espanso nella zona di Girona e Tarragona in Spagna, in buona parte delle regioni francesi e in Slovenia, nei pressi di Nova Gorica (EPPO b,2010).

Nel 2011 raggiunse zone tra le regioni più settentrionali dell'Europa, quali le valli svizzere nel Cantone Ticino e Cantone Grigione (Baroffio e Fisher, 2011), la Slovenia (Selijak, 2011), l'Austria (Lethmayer, 2011), la Croazia (Masten Milek *et al.*, 2011), la Germania (Vogt *et al.*, 2012) e il Belgio (EPPO).

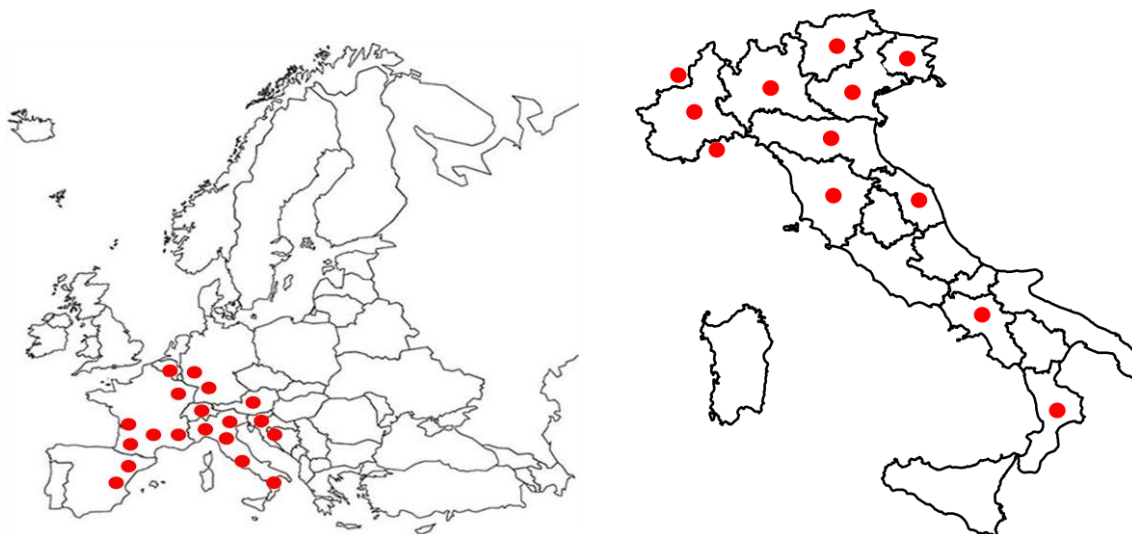


Figura 4a e 4b: Diffusione in Europa ed in Italia di *D. suzukii* (2012)
 (http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/Drosophila_suzukii)

Il territorio italiano non è sfuggito all'invasione dell'insetto (figura 4b). La prima segnalazione risale al settembre 2009 in Trentino, su frutti di lampone a Pergine Valsugana. Avvistato su lampone e mirtillo anche in Val di Cembra (Grassi, 2009), il fitofago raggiunse rapidamente Alto Adige, Toscana, Piemonte, Lombardia, Liguria, Emilia-Romagna, Veneto, Campania e Calabria (Franchi and Barani, 2011; Pansa *et al.*, 2011; Suss and Costanzi, 2011; Griffo *et al.*, 2012).

Infine nel 2012 *D. suzukii* fu ritrovato in Sicilia, Olanda, Portogallo, Croazia e Gran Bretagna (Mazzetto *et al.*, 2012).

La cronaca delle segnalazioni di danno imputabile al parassita ha seguito i suoi spostamenti spazio-temporali.

In Giappone, studi effettuati durante gli anni '30, riportarono danni fino al 100% su ciliegie e 80% su uva su vari appezzamenti in pochi anni (Kanzawa, 1939). Danni compresi tra 26% e 100% sono stati segnalati ancora in Giappone in tempi più recenti su alcune aree (Sasaki e Sato, 1995).

In nord America il dittero ha provocato danni su mirtillo, fragola e lampone (Bolda, 2009; Bolda *et al.*, 2010; Coates, 2009; Hauser *et al.*, 2009).

In Europa i danni documentati riguardano tutti i piccoli frutti e ciliegio in maniera importante in diversi areali. Segnalazioni sono state effettuate anche su alcune varietà di vite. In alcune regioni

della Francia, sono stati riportati danni su frutti di altre drupacee come albicocche e pesche (Mazzetto *et al.*, 2012).

1.1.2. Capacità di colonizzazione

L'insetto è in grado di muoversi molto velocemente per via attiva, ma soprattutto per via antropica. In assenza di dati sperimentali, è possibile che il dittero sia stato presente storicamente nei suoi areali di origine, in condizioni di equilibrio con il biosistema.

Il 2008 segna un evento di svolta nella diffusione di *Drosophila suzukii* (vedi paragrafo 1.1.1.). Una volta che il fitofago è giunto negli Stati Uniti, il commercio import-export legato alla filiera agroalimentare americana ha fatto sì che, in un biennio, il parassita si sia diffuso in tutti i paesi importatori, e così anche in Europa attraverso i fitti scambi trans-oceanici (Anfora *et al.*, 2012).

È lecito aspettarsi una completa colonizzazione di tutte le regioni, in presenza di acqua, della fascia temperata del pianeta nel giro di pochi anni. Ciò è dovuto in modo particolare a tre fattori ecologici propri della specie, che fanno di *D. suzukii* oggetto di forte preoccupazione per la frutticoltura mondiale. In particolare (Cini *et al.*, 2012):

- Adattabilità alle condizioni ambientali
- Elevata fecondità
- Abitudini alimentari

Dato l'alto potenziale di diffusione e di danno economico alla produzione mondiale che può creare questo insetto, il consiglio EPPO ha deciso nel 2010 di inserire *Drosophila suzukii* nella lista d'allerta. In seguito esso è stato spostato nella lista A2 (<http://www.Eppo.int>).

1.1.3. Morfologia

Di seguito verranno esposte le principali caratteristiche morfologiche della specie. Data l'elevata presenza di *Drosophila melanogaster* nelle stesse nicchie ecologiche di *D. suzukii* e la loro forte somiglianza, le due specie verranno prese come elementi di riferimento e di confronto (foto 2).

Adulto

Di lunghezza pari a 2-3 mm, *D. suzukii* ha un apertura alare di 6-8 mm (Kanzawa,1939; Kawase e Uchino,2005).

La dimensione del corpo è mediamente più grande e il colore è più chiaro rispetto a *Drosophila melanogaster* e altre specie della famiglia.



Foto 2a.(a sinistra) *Drosophila melanogaster* (foto di Miroslav Deml, 2009)

Foto 2b.(a destra) *Drosophila suzukii* (foto Fondazione Mach- Istituto Agrario di San Michele all'Adige)

Il dimorfismo sessuale è evidente, come verrà esposto nella descrizione dei caratteri (tabella 1). Di norma gli individui femmine sono mediamente più grandi degli individui maschi (foto 3).



Foto 3. Confronto tra maschio e femmina di *D. suzukii* (http://www.enetpress.com/drosophila/swd_index.html)

Il capo presenta due occhi molto grandi, di colore rosso acceso, caratteristica comune dei drosofilidi (foto 4a). Antenne corte, tozze e aristate sono tipiche di *D. suzukii*. In particolare, le antenne hanno una lunghezza massima di 4 mm.



Foto 4a: Capo e antenne



Foto 4b: Ovidepositore



Foto 4c: Addome



Foto 4d: Zampa



Foto 4e: Apparato genitale maschile



Foto 4f: Ala di adulto maschio

Foto di Steve Valley, Oregon Department of Agriculture

Il torace è di colore marrone chiaro-giallo. Esso presenta due ali e due bilancieri, come tutti i ditteri.

La caratteristica più immediata per il riconoscimento dell'individuo maschio sono delle macchie scure e piuttosto ampie vicino alla punta dell'ala, sul bordo superiore della stessa. La macchia è centrata sulla prima vena superiore (foto 4f).

La sola assenza di macchie sulle ali non deve essere discriminante nell'attribuzione della specie. Negli individui maschi giovani infatti, per le prime 24-48 ore, non sono presenti macchie, che si formeranno solo successivamente.

Nelle femmine non è presente alcuna macchia sulle ali.

Nei maschi adulti, differentemente da altre specie, si possono notare due pettini di colore scuro sul primo e sul secondo pretarso protoracico delle zampe anteriori (foto 4d). Il numero di denti su ogni pettine varia da tre a sei. L'orientamento dei denti è parallelo a quello delle zampe.

Le femmine invece non presentano alcun pettine sulle zampe.

L'addome è caratterizzato da un colore giallo piuttosto pallido, presenta bande scure trasversali e continue sulla parte dorsale alla fine di ogni urite (foto 4c).

Carattere distintivo della specie è anche l'apparato genitale maschile (foto 4e).

Prerogativa della femmina di *D. suzukii* nella parte addominale è un robusto ovidepositore denticolato (foto 4b). Il colore è molto scuro e presenta una seghettatura serrata. I denti sono scuri e sclerificati. Differentemente, altri drosofilidi possono presentare ovidepositore liscio, poco seghettato e chiaro.

I dati sono stati presi da "Identifying of *Drosophila suzukii*" di Vlach (2010).

Sommario dei caratteri dell'adulto:

Maschio	Femmina
Presenza di occhi rossi	Presenza di occhi rossi
Presenza di antenne lunghe e aristate	Presenza di antenne lunghe e aristate
Presenza di macchie scure sulle ali	Assenza di macchie sulle ali
Presenza di bande scure intere sull'addome	Presenza di bande scure intere sull'addome
Presenza di due pettini sulle zampe anteriori	Assenza di pettini sulle zampe anteriori
Assenza di ovidepositore sclerificato	Presenza di ovidepositore sclerificato

Tabella 1: Differenze morfologiche tra adulto maschio e femmina di *D. suzukii*

Stadi preimmaginali

Larve, pupe e uova, gli stadi giovanili dell'insetto oggetto di tesi, hanno caratteristiche comuni a tutti i drosofilidi.

Le uova sono piccole, difficilmente visibili ad occhio nudo. Esse sono bianche traslucide con una dimensione media di 0,62 x 0,18 mm (foto 5b). Possiedono processi respiratori, estensioni filiformi che, partendo dalla superficie dell'uovo, restano all'esterno dell'epicarpo. Attraverso tali strutture, l'apporto d'ossigeno all'embrione è garantito (Kanzawa, 1939) (foto 5a e 5c).



Foto 5a. Ovideposizione Ucanr.edu

Foto 5b. L'uovo

Foto 5c. Spiracoli tracheali www.maine.gov

La larva, tipicamente, è apoda, di colore bianco-crema e di forma cilindrica (foto 6a). Data la colorazione chiara, è possibile riconoscere gli organi interni dell'animale, tra cui l'apparato boccale, di colore nero. La larva si presenta di lunghezza variabile da 0,5 a 4 mm, in base all'età della stessa (Kanzawa, 1939).

Caratteristica degli stadi larvali dei drosofilidi è la presenza di spiracoli tracheali, o processi, nella parte terminale del corpo. Questi hanno la funzione vitale di respirazione in un ambiente solitamente scarso di ossigeno, come quello dei tessuti poltigliosi in fase di marcescenza (foto 6b).



Foto 6a. Larva; Foto 6b. Larve su ciliegia <http://www.virginiafruit.ento.vt.edu/SWD.html>

Prima dell'impupamento, che può verificarsi all'esterno del frutto così come internamente ad esso, *D. suzukii* passa attraverso tre stadi larvali.

La pupa di *D. suzukii* è sottile ed allungata, anch'essa molto simile alle proprie specie afferenti. Le pupe sono lunghe circa 3-3,3 mm e larghe 1 mm (Kanzawa, 1939) (foto 7a). Se ancora giovani, hanno un colore giallo-dorato, che gradualmente vira al rosso opaco ed infine al rosso scuro. Si possono facilmente intravedere alcune strutture dell'adulto, tra cui gli occhi e le ali. La presenza dei due processi respiratori, giustifica l'attività respiratoria. Essi hanno una lunghezza di circa 0,3 mm (Kanzawa, 1935) (foto 7b).



Foto 7a. Pupa www20.gencat.cat Foto 7b. Pupa su ciliegia jenny.frec.wsu.edu

1.1.4. Ecologia e condizioni di sviluppo

L'intervallo di altitudine, in diverse località in tutto il mondo, dove ne è stata documentata la presenza, si aggira tra 27 e 1550 metri s.l.m. (Calabria *et al.*, 2010).

Il range di temperature che permette la riproduzione è piuttosto ampio e si aggira tra i 10°C e i 30 °C. Usciti da questi limiti, la capacità di riprodursi scende vertiginosamente al variare della temperatura. Questo calo di ovideposizioni è dovuto in particolar modo alla mancata fertilità del maschio adulto a tali condizioni sub-ottimali. Per contro, la più elevata fertilità è stata registrata intorno ai 20-25°C (Walsh *et al.*, 2011).

D. suzukii si colloca, pertanto, insieme alle specie tolleranti, verso il limite superiore dello spettro (23-31°C) di temperature determinanti sterilità in *Drosophila spp*, individuato da David *et al.* (2005).

In condizioni sperimentali, il tempo di sviluppo generazionale da uovo a uovo è direttamente dipendente dalla temperatura (Walsh *et al.*,2011):

T = 12°C 50 giorni

T = 18°C 19 giorni

T = 28°C 7 giorni

Svariati sono i luoghi alternativi dove il parassita può svernare; per esempio siti naturali come boschi e vegetazione sono riparati.

Anche migrazioni stagionali di altitudine sono frequenti (Cini *et al.*,2012).

Tra gli stadi vitali, l'adulto è quello meno sensibile agli sbalzi termici (Kimura, 1998). Uova, larve ed adulti possono morire a seguito di condizioni di congelamento. Ciò non significa che una popolazione possa venire eradicata solo esponendola a basse temperature, come viene confermato dalla presenza di *D. sukii* in siti dove le T° medie invernali sono comprese tra i -12°C e i -4°C (Isola di Hokkaido in Giappone) (Walsh *et al.*,2011).

Studi effettuati in Oregon nell'inverno 2009-2010 hanno evidenziato che una percentuale di larve, pupe ed adulti è in grado di sopravvivere a condizioni climatiche sfavorevoli, per un periodo di 60 giorni, durante i mesi invernali (Walsh *et al.*, 2011).

La temperatura, l'elemento maggiormente influente sullo sviluppo delle popolazioni locali di *Drosophila sukii*, è strettamente condizionato dall'altimetria e dalla latitudine della zona di produzione, dall'andamento climatico stagionale, dal periodo dell'anno, dall'orografia del territorio e da altri fattori.

Oltre alla temperatura, altri elementi contribuiscono alle ottimali condizioni di crescita dell'animale. Un'umidità relativa piuttosto elevata, un clima afoso, permettono all'insetto di vivere senza disidratarsi eccessivamente. Spesso la presenza di piccoli corsi d'acqua favorisce le condizioni di sviluppo. L'insetto oggetto di tesi è infatti piuttosto sensibile alla siccità. In assenza di acqua gli individui muoiono nel giro di 24 ore (Walsh *et al.*, 2011).

1.1.5. Ciclo biologico

Il ciclo di sviluppo di una generazione dell'insetto è piuttosto breve e di durata complessiva media intorno ai 15 giorni (figura 5). Gli adulti, che vivono tra le 3 e le 9 settimane, divengono sessualmente maturi dopo un intervallo di tempo che, di norma, dura 1 o 2 giorni, anche se sono stati segnalati casi in cui sono stati necessari 13 giorni (Kanzawa, 1939).

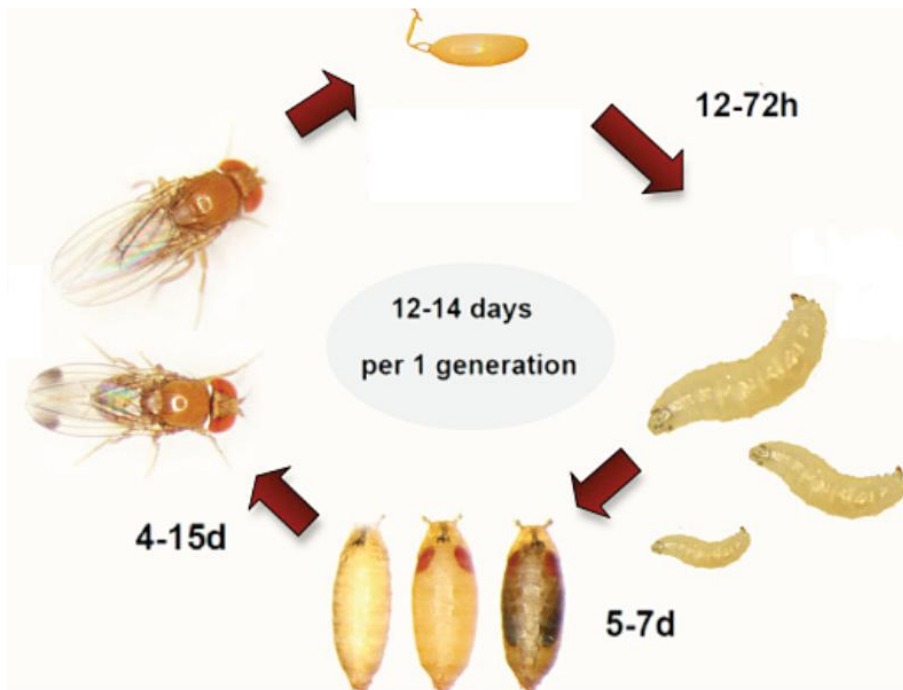


Figura 5. Ciclo biologico di *D. suzukii* www.mountverdon.wsu.edu

I tempi di sviluppo di uova, larve e pupe sono inversamente proporzionali alle temperature locali. Nei mesi estivi si registrano i periodi più brevi.

Come abbiamo visto nel paragrafo 1.1.4., lo sviluppo generazionale, da uovo a uovo, può variare da un minimo di una settimana a più di un mese, in base alle condizioni ambientali.

L'ovideposizione è di norma copiosa, le femmine depongono tra le 7 e le 16 uova al giorno. Su ogni frutto vengono deposti di media 1-3 uova, per un totale di 350-400 ovature nella vita della femmina. Sono stati registrati picchi di 600 ovideposizioni (Kanzawa, 1939; Grassi *et al.*, 2009).

Diversamente da altre specie di fitofagi, nel caso di *D. suzukii*, diversi individui femmine possono ovideporre nello stesso frutto, con conseguente nascita di numerose larve (Smith e Saverimuttu, 2010).

Una volta schiuse le uova in un intervallo stretto di 12-72 ore, le larve inizieranno a cibarsi veracemente del substrato a disposizione. La vita delle larve ha una durata elastica che va dai 3 ai 13 giorni, in base alle condizioni di sviluppo.

Esse costituiscono gli stadi dannosi dell'insetto: l'attività trofica delle larve infatti, grazie all'apparato masticatore tipico degli stadi giovanili, può danneggiare fortemente le parti eduli della pianta.

L'impupamento può avvenire sia all'interno che all'esterno della drupa. Anch'esso ha durata variabile tra 4 e 15 giorni.

Nonostante i tempi di crescita preimmaginali siano fortemente variabili in base alle condizioni climatiche e in modo particolare alla temperatura, è noto che un periodo minimo di 8 giorni deve passare tra l'ovideposizione e il volo dell'adulto.

Allo stadio dormiente di pupa, segue l'evento di sfarfallamento, che darà origine all'individuo adulto. L'immagine richiede un intervallo di tempo di circa 24-48 ore per il raggiungimento dello stato di maturazione, che corrisponde con la fertilità degli organi sessuali. Morfologicamente esso si manifesta negli individui maschi con la comparsa delle macchie sulle ali (Dreves *et al.*, 2009).

L'adulto è lo stadio durevole più frequente di questa specie, nella maggior parte degli areali dove esso è conosciuto (Kanzawa, 1939). Si ritiene che gli insetti sfarfallati nella tarda estate o a inizio autunno svernino. Essi deporranno le uova, nella stagione successiva, su frutti che maturano precocemente (Dreves *et al.*, 2009). Durante l'autunno, al decrescere delle temperatura alla soglia di 5°C, gli adulti entrano in diapausa, bloccando parzialmente le loro attività metaboliche e riproduttive. Si tratta comunque di una diapausa piuttosto leggera: è risaputo infatti che l'insetto è in grado di volare anche in giornate soleggiate e miti d'inverno (Kanzawa, 1939).

Considerando i tempi richiesti per la maturazione fisiologica di altre specie di insetti, quello delle drosofile è un range temporale stretto. Questo tempo generazionale implica che *D. suzukii* sia in grado di compiere un numero variabile di cicli in unica stagione che sono compresi tra 7 e 16 generazioni (Kanzawa, 1939; Grassi *et al.*, 2009).

1.1.6. Piante ospiti

Un' importante caratteristica è l'elevata polifagia di questa specie. *D. suzukii* è infatti in grado di attaccare diversi tipi di frutta, sia coltivata che spontanea (Walsh, 2011). L'adattamento

alimentare dell'insetto a vari ospiti è la chiave per comprenderne la diffusione. L'attitudine a una dieta rustica è un punto a favore della conservazione della specie: il parassita, data l'epoca di maturazione piuttosto differente degli ospiti, ha la possibilità di cibarsi, per buona parte dell'anno, cambiando dieta a seconda del variare della stagione. Accumulate le riserve nutritive, l'insetto è così in grado di sopravvivere in diapausa ai freddi invernali.

A scopo conservativo, è evidente l'importanza della presenza di piante spontanee per la sopravvivenza della specie: queste rappresentano un vero e proprio focolaio di infestazione; da una parte sono un'importante nicchia ecologica lontana dalle attività antropiche di difesa delle colture, dall'altra costituiscono un serbatoio di materia prima (bacche) a differente epoca di maturazione interspecifica, dato l'elevato numero di specie che popolano questi ambienti (considerazione personale).

Di seguito vengono elencate le piante, da reddito e spontanee, divise per taxa, su cui, ad oggi, è stata documentata la presenza di *Drosophila suzukii*:

- *Rosaceae* - *Fragaria ananassa* (fragola), *Rubus idaeus* (lampone), *Rubus laciniatus*, *Rubus armeniacus*, *Rubus ursinus* e altri;
- *Drupaceae* - *Prunus avium* (ciliegio), *Prunus armeniaca* (albicocco), *Prunus persica* (pesco), *Prunus domestica* (prugno), *Eriobotrya Japonica* (nespolo del Giappone);
- *Grossulariaceae* - *Ribes Nigrum* (ribes);
- *Moraceae* - *Morus spp* (mora), *Ficus carica* (Fico);
- *Ericaceae* - *Vaccinium* (mirtillo) e altre specie simili;
- *Rhamnaceae* - *Rhamnus alpinia* (alaterno), *Rhamnus frangula* (frangola);
- *Cornaceae* - *Cornus spp*;
- *Actinidiaceae* - *Actinidia arguta* (kiwi);
- *Ebenaceae* - *Diospyros kaki* (caco);
- *Myrtaceae* - *Eugenia uniflora* (pitanga);
- *Rutaceae* - *Murraya paniculata* (orange jasmine);
- *Myricaceae* - *Myrica rubra* (Chinese bayberry);
- *Caprifoliaceae* - *Lonicera spp.* (honeysuckle);
- *Elaeagnaceae* - *Elaeagnus spp.*;
- *Adoxaceae* - *Sambucus nigra* (sambuco);
- *Vitaceae* - *Vitis vinifera*, *Vitis labrusca*.

(Kanzawa, 1939; Grassi *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2011b; Seljak, 2011; Walsh *et al.*, 2011).

Come già affermato, la preferenza per un ospite piuttosto che un altro, è fortemente condizionata dall'abbondanza di specie vegetali presente nel territorio locale (Cini *et al.*, 2012).

L'elevata flessibilità è dimostrata dalla capacità di ovideporre anche su pomodoro, se l'insetto è posto in gabbia a contatto unicamente con tale pianta (www.eppo.org).

Sono stati osservati persino adulti di *D. suzukii* che, in assenza di ospiti, si nutrono e depongono uova su alcune specie di fiore (Mitsui *et al.*, 2010).

Un discorso a parte, data l'importanza economica che ha nel settore della trasformazione, deve essere fatto nel caso di *Vitis vinifera*. Diversi lavori sono in corso per quantificare la presenza dell'insetto in vigneti di molte aree viticole, e in molti di questi casi i monitoraggi hanno dato esito positivo. L'attacco reale sull'uva, al momento, sembra rimanere piuttosto limitato sulla maggior parte dei vitigni, mentre è documentato con danni piuttosto evidenti solo su alcune cultivar, tra cui Schiava, in Trentino (Rapporto eufresco di P. Kerlhi, 2013).

1.1.7. Dannosità

Come esposto nel paragrafo 1.1., *D. suzukii* è una delle pochissime specie della famiglia dei drosofilidi in grado di infestare frutta sana.

Se tralasciamo una limitata attività trofica dell'adulto, il danno è causato in primo luogo dalle larve che, una volta nate, si cibano dei tessuti endocarpici del frutto. Grazie al potente apparato masticatore esse sono infatti in grado di nutrirsi scavando gallerie, di dimensione piuttosto limitata ed impercettibile in un primo momento, sempre maggiori al crescere del carpofoago. Attraverso l'attività trofica, le larve si muovono all'interno della soluzione zuccherina, riducendo in pochi giorni in poltiglia il prodotto edule (foto 8a, 8b, 8c e 8d). Il numero di larve che attacca un frutto può essere anche di 6-7 unità. Dopo qualche giorno dall'ovideposizione i tessuti del frutto risultano molli, lesionati dapprima nel punto sottostante all'ovatura, per risultare tali poi sull'intero frutto. La polpa, prima abbastanza rigida, viene degradata (Grassi *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011; EPPO, 2010 a). Quando il danno diventa importante, sulla frutta infestata partono fermentazioni acetiche, che sono la causa della tipica puzza d'acido.

L'attacco provoca danni ingenti. In primo luogo un danno commerciale, dovuto sia all'aspetto sia alla consistenza della frutta stessa, così come all'odore di acido emanato dai tessuti lesionati.

Un danno indiretto di *D. suzukii* è scatenato dall'attacco di microrganismi, soprattutto funghi filamentosi necrotrofi e batteri, che penetrano attraverso le ferite e le gallerie create dal fitofago. L'attacco fungino accelera quindi il processo di marcescenza dei tessuti (Grassi *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2011).

Foto 8a



Foto 8b



Foto 8c



Foto 8d

Foto 8a. Larva su ciliegia, University of California

Foto 8b. Danno su ciliegia <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/doc/catalogo-avversita-delle-piante/avversita-per-nome/moscerino-della-frutta>

Foto 8c. Danni su ciliegia

Foto 8d. Ciliegie infestate, Veronasera.it

La conseguenza di un infestazione importante è un deprezzamento totale del valore commerciale della frutta attaccata (Bolda *et al.*, 2010).

Nelle prime ore dopo la schiusura delle uova, il danno è ancora piuttosto limitato. Ciò può indurre in inganno molti agricoltori che, raccogliendo frutta senza un'attenta analisi, possono creare delle partite di frutta in cui prodotto sano è unito con il prodotto infestato. È facile intuire come, nel giro di poche ore, tutto il substrato disponibile possa venire attaccato dal carpofoago e che, degenerando, possa dare origine a muffe. È dunque evidente l'importanza di una cernita della frutta sana, in fase di raccolta, al fine di garantire la commercializzazione dell'intero prodotto (Grassi *et al.*, 2010; Baufeld *et al.*, 2010; EPPO, 2010a).

Preoccupanti sono le perdite dirette ed indirette che il fitofago può determinare, tra queste: minore produzione e conseguente danno economico, aumento dei costi per la raccolta dovuti ai tempi di cernita di frutta sana, aumento di costi fissi sia a livello di cooperativa sia di azienda agricola, aumento dei costi relativi alla difesa fitosanitaria del frutteto (prodotti fitosanitari, trappole..), aumento dei costi di commercializzazione del prodotto dovuti alla probabilità di contestazione di partite infestate (Maistri, 2011).

1.1.8. Strategie di contenimento e difesa

Drosophila suzukii, come già enunciato dall'ente europeo per la protezione delle piante, è un insetto che già si è insediato all'interno di molti areali della fascia temperata del mondo. Detto ciò, appare evidente come sia impossibile eliminare il fitofago dagli ambienti ove esso è già presente (www.Eppo.org).

Le tecniche di difesa dovranno dunque essere integrate in un'attività atta a prevenire o ad abbassare la popolazione del parassita in modo continuativo, al fine di ridurre l'infestazione del dittero.

1.1.8.1. Controllo agronomico

Gli accorgimenti, che dovrebbero essere adottati nei singoli appezzamenti, finalizzati a una riduzione dell'inoculo ed a evitare il contatto fisico tra fitofago e frutta sono molteplici.

a) Nei campi infestati, o potenzialmente tali, è necessario un monitoraggio dei voli della popolazione adulta, da inizio stagione. Rilievi tardivi, effettuati quando la larva ha iniziato l'attività trofica, rendono inutile qualsiasi tipo di intervento sulla frutta (Ioratti, 2011).

b) Raccolta ed eliminazione della frutta infestata, attraverso sepoltura o bruciatura. Il fine è quello di limitare l'attacco su frutta ancora sana, attraverso la distruzione di uova e larve presenti in campo. È stato dimostrato che tecniche di compostaggio di frutta infestata non risulta affidabile (www.eppo.int).

c) Il controllo della vegetazione spontanea, in prossimità dell'apezzamento, agisce riducendo i focolai di infestazione più vicini.

d) Utilizzo di reti anti-insetto, in campo o in serra, che possano impedire il contatto fisico tra ospite e fitofago (Cini *et al.*, 2012).

1.1.8.2. Controllo biologico

Diversi sono gli agenti di biocontrollo (funghi, batteri, virus e insetti predatori o parassitoidi) in grado di moderare lo sviluppo di *D. suzukii* (Cross *et al.*, 2011).

Tra i parassitoidi che possono avere un'importanza per il contenimento delle specie oggetto di tesi troviamo individui appartenenti a famiglie di insetti quali Braconidae e Cynipidae. Esperimenti di laboratorio hanno dimostrato inoltre, che *Orius insidiosus* (Hemiptera, Anthocoridae) è in grado di nutrirsi di larve di *D. suzukii* infestanti bacche di mirtillo (Walsh *et al.*, 2011). I primi esperimenti su specie di imenotteri hanno testato l'efficacia di *Phaenopria spp.* (Hymenoptera, Diapriidae) in condizioni di laboratorio, tuttavia, i risultati sono stati poco soddisfacenti (Kanzawa, 1939). Studi più recenti hanno indagato il comportamento di diversi parassitoidi di *D. suzukii* in Giappone (Ideo *et al.*, 2008; Mitsui *et al.*, 2007) ed alcune specie del genere *Ganaspis* (Hymenoptera, Figitidae) hanno dimostrato alto tasso di parassitismo con valori compresi tra 2-7%. Queste specie depongono uova nelle larve che si nutrono di frutta e sono caratterizzate da alto livello di specificità. Altre due specie, *Leptopilina japonica* e *Asobara japonica*, rispettivamente appartenenti alla famiglia Figitidae e Braconidae, sono in grado di attaccare larve e pupe su frutta marcescente e hanno come ospiti varie specie di drosofilidi (Mitsui e Kimura, 2010).

Oltre allo studio di parassitoidi specifici, concentrati nelle zone d'origine del fitofago, importanti ricerche stanno procedendo al fine di identificare il comportamento di parassitoidi aspecifici nelle aree di nuova diffusione di *D. suzukii*. Un comune parassitoide di pupe di dittero, *Pachycrepoideus vindemmiae*, è stato scoperto essere associato anche al parassita in Usa (Brown *et al.*, 2011). Importanti specie sono anche *Asobara tabida* e *Asobara rufescens* (Hymenoptera, Braconidae), tra i più comuni parassitoidi in Europa (Vet *et al.*, 1984).

Per quanto concerne i predatori, attività trofiche al riguardo sono state scoperte per specie di emitteri quali *Orius laevigatus*, *Cardiastethus nazareus*, *Cardiastethus fasciventris* e *Dicyphus tamaninii* (Arno *et al.*, 2012).

A proposito dell'attività dei microrganismi, recentemente tratti DNA di virus virali, che potrebbero avere un potere di biocontrollo, sono stati isolati da specie di *Drosophila*. Studi stanno procedendo verso questa direzione (Unkless, 2011).

Un metodo efficace di lotta risulta essere lo sfruttamento della relazione stretta tra la specie dannosa e i suoi endosimbionti, tra cui quelli del genere *Wolbachia* (Zindel *et al.*, 2011).

Infine, è possibile ridurre le popolazioni del carpo-fago anche attraverso l'introduzione inondativa di individui sterili. Lo sviluppo della TIS, o tecnica dell'autocidio, rappresenta un importante strumento di contenimento del parassita. Integrata ad altre attività di controllo, tale tecnica potrebbe portare numerosi vantaggi, agendo in maniera specifica e secondo un meccanismo non densità dipendente (Vreysen *et al.*, 2006).

Una tecnica, già largamente diffusa sul territorio, rimane quella dell'utilizzo in campo di trappole colorate. La pratica di controllo biologico, che prevede l'addescamento di individui adulti di *D. suzukii* tramite un attrattivo alimentare, prende il nome di cattura massale.

1.1.8.3. Controllo chimico

Sebbene le esperienze al riguardo non siano tra le più positive, la difesa chimica costituisce ancora il maggiore strumento di contenimento della specie.

Sfortunatamente gli insetticidi utilizzati, ad oggi, non consentono un'efficacia completa, a causa di fattori diversi. I principali problemi emersi al riguardo dell'utilizzo di prodotti fitosanitari sono

legati alle caratteristiche del fitofago. In particolare, la polifagia dell'insetto, l'attacco in prossimità di maturazione della frutta, la durata del periodo di raccolta e la compresenza di colture e varietà ospiti limitano molto le capacità di contenimento dei prodotti, tanto da arrivare, negli Stati Uniti, ad indurre una difesa territoriale mediante trattamenti aerei con Malation (Ioratti *et al.*, 2011).

Inoltre, per molte colture, dato soprattutto il recente arrivo del fitofago, non esiste un numero adeguato di formulati commerciali consentiti per il target. Nel particolare caso del ciliegio, non esistono principi attivi registrati per la difesa da attacchi di *D. suzukii*.

Problematiche che seguono indicano ulteriori disagi riguardo all'applicazione dei trattamenti. Tra queste, le più importanti sono tempi di carenza dei formulati, possibilità di presenza di residui di p.a. sulla frutta fresca, aumento dei costi di produzione, effetto negativo su pronubi ed altri insetti impollinatori ed aumento delle possibilità di induzione di resistenza, peraltro piuttosto comune tra le specie di drosofilidi.

A causa della mancanza di prodotti efficaci sugli stadi larvali, l'attenzione delle aziende agrochimiche e dell'utilizzatore si sono spostate verso prodotti adalticidi.

Gli insetticidi di nuova generazione, caratterizzati da selettività di azione nei confronti degli insetti bersaglio, si sono rivelati di scarsa efficacia nel contenere il danno da *D. suzukii* (Cini *et al.*, 2012).

Studi recenti in Europa e in Usa hanno rivelato che, accanto a prodotti fosfororganici, applicazioni continuative con piretrine e spinosine hanno dato buoni risultati in quanto a funzionamento dell'attività di contatto sulla popolazione adulta e impatto residuale per 12-14 giorni (Beers *et al.*, 2011; Bruck *et al.*, 2011; Profaizer *et al.*, 2012). Un efficace metodo di utilizzo di questi p.a. è risultato essere l'alternarsi degli stessi nel breve periodo (Grassi *et al.*, 2012).

Al contrario, il controllo da parte di prodotti neonicotinoidi sugli individui adulti è risultata poco soddisfacente (Bruck *et al.*, 2011). Altre prove di contenimento indicano Lambda-cialotrina come un buon prodotto di controllo della specie (Grassi *et al.*, 2012).

La produzione biologica sembra risentire in maniera ancora peggiore della scarsità di prodotti autorizzati per il target, la cui persistenza spesso risulta più debole degli insetticidi convenzionali. Tra quelli in uso, al momento attuale, Spinosad sembra rimanere quello che fornisce i migliori risultati (Walsh *et al.*, 2011).

Per quanto riguarda la nuova produzione di formulati commerciali, due molecole sembrano essere interessanti: Cynazipir e Spinetoram.

Ambedue le sostanze attive sono in corso di registrazione per la loro immissione in commercio a livello comunitario.

Alcune precisazioni circa le tecniche di utilizzo dei formulati sono necessarie.

In primo luogo, la rotazione degli insetticidi al fine di evitare fenomeni di resistenza è notoriamente buona pratica agronomica. È inoltre consigliato trattare con continuità l'appezzamento, in caso di infestazione, al limite dei tempi di carenza, a partire dall'invasatura. Di frequente, per un'efficace strategia di contenimento, è consigliato più di un intervento (Cini *et al.*, 2012).

Inoltre, l'effetto dilavante delle piogge poco dopo il trattamento può limitare fortemente il potere di controllo dello stesso (Van Timmeren e Isaacs, 2013).

Infine, una tecnica efficace e innovativa che rientra nella lotta chimica è l'Attract and kill, pratica eseguita attraverso l'utilizzo di esche in campo, contenenti una molecola insetticida.

CAPITOLO 2 – SCOPO DEL PRESENTE LAVORO

Dall'anno della sua prima segnalazione in provincia di Verona (Bollettino SFR, 2010), *D. suzukii* si è ampiamente diffusa in tutti gli areali di coltivazione veneti. Tra le colture agrarie, il ciliegio è la pianta arborea maggiormente colpita. Dai dati forniti dall'organizzazione produttori OP nordest e dal mercato cerasicolo del comune di Marano di Valpolicella (Verona) è emerso che *D. suzukii* è in grado di distruggere l'intero raccolto delle cv tardive coltivate in collina. Al fine di conoscere la reale distribuzione e dannosità del drosofilide, durante la stagione vegetativa 2013 è iniziata una collaborazione tra il Dipartimento DAFNAE di Padova e gli enti preposti sul territorio.

Due sono state le attività principali del presente lavoro. Anzitutto è stato realizzato un monitoraggio territoriale, in collaborazione con l'OP nordest e, in una delle aziende maggiormente colpite è stata eseguita una prova di lotta integrata in collaborazione con il Servizio Fitosanitario regionale del Veneto.

L'utilità del monitoraggio è quello di seguire, in siti ad orografia differenziata sul territorio, la popolazione adulta. L'obiettivo dello stesso è dunque quello di conoscere quei fattori ambientali (biotici ed abiotici) ed antropici che possono limitare piuttosto che favorire la popolazione della specie. Tale tipo di lavoro, fornisce importanti indicazioni e linee guida alla strategia di difesa da adottare, ottimizzando l'efficacia e minimizzando i costi sostenuti.

Obiettivo della prova di contenimento è stata quella di testare strategie di difesa diverse, di tipo chimico, integrate a mezzi agronomici.

CAPITOLO 3 - MATERIALI E METODI

3.1. Monitoraggio

Una delle attività che hanno caratterizzato l'intera ricerca è stata l'azione di monitoraggio dell'adulto. Il lavoro è stato condotto in collaborazione con i tecnici del Mercato Frutticoltori di Marano. Un ruolo essenziale è stato quello degli agricoltori soci del mercato, che, con la loro disponibilità e conoscenza del territorio, hanno reso attuabile l'indagine. Oltre all'adulto, sono state osservate anche ciliegie ed altra frutta potenzialmente ospite del carpofago. Il monitoraggio è durato circa 3 mesi, da metà maggio a metà agosto.

3.1.1. Siti di indagine

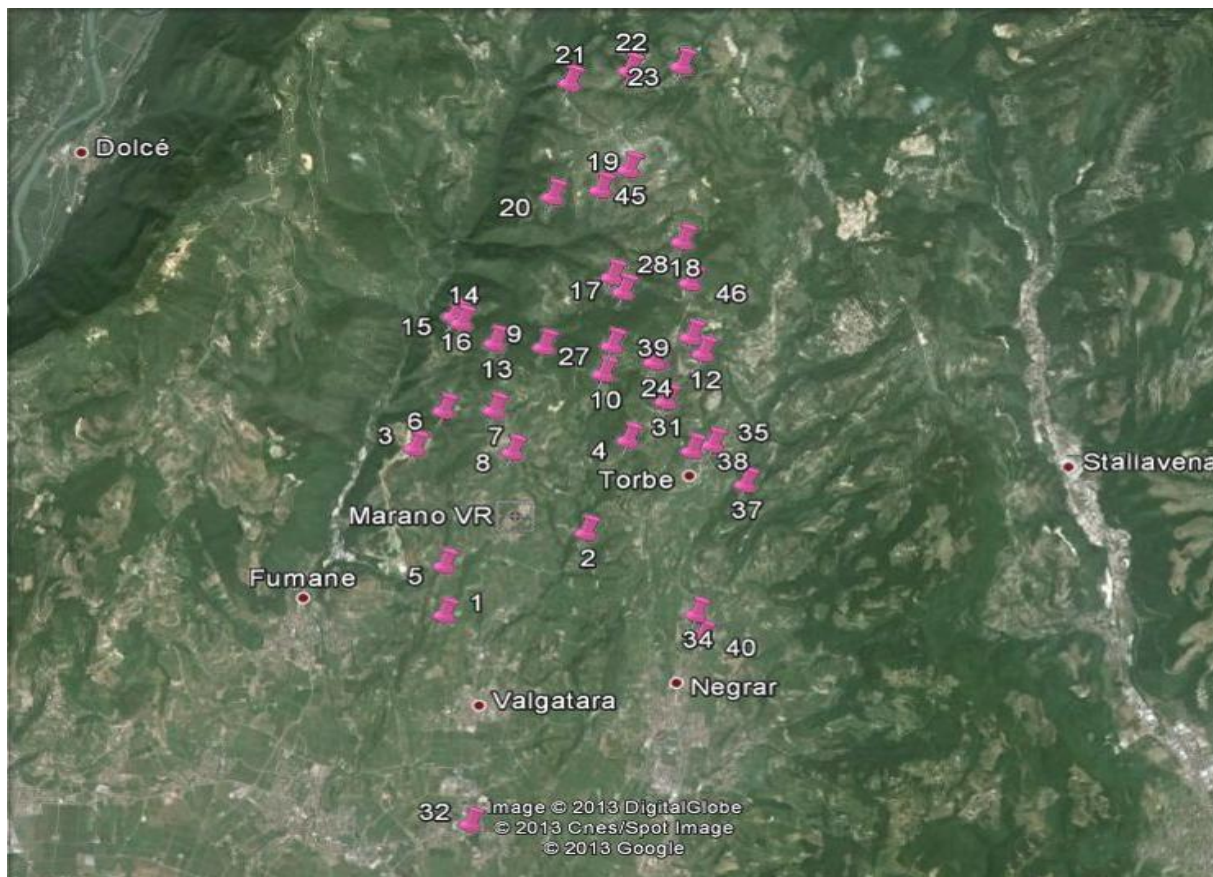


Figura 6: Localizzazione siti indagati nel 2013

I siti monitorati sono stati 46, localizzati per la maggior parte nei comuni di Marano, Sant'Anna d'Alfaedo e Negrar, ad un'altimetria variabile, con qualche eccezione, tra circa 250 metri e 800 metri di altitudine (figura 6).

Sito	Comune	Località	m.s.l.m
1	Marano	Tenda Coston	348
2	Marano	Piassaron	335
3	Marano	Salto Purano	425
4	Marano	Camporal Vajo	453
5	Marano	Monte Tenda	406
6	Marano	Santa Maria	540
7	Marano	Sotto San Rocco	498
8	Marano	Campolongo	486
9	Marano	Girondole	686
10	Marano	Vajalta	541
12	Marano	Pontarola	624
13	Marano	Toredan II	603
14	Marano	Tezze case uove	564
15	Marano	Massarin	528
16	Marano	Biaghe Giroto	579
17	Marano	Sotto Noroni	630
18	Marano	Sopra Mondrago	564
20	Sant'Anna	Boschi di Cerna	664
21	Sant'Anna	Lavanto	650
22	Sant'Anna	Spiazzi	688
23	Sant'Anna	Cava Casalino	830
sito	comune	località	m.s.l.m
25	Marano	La Mare	622
27	Marano	Canai	660
28	Sant'Anna	Sopra S. Cristina	753
29	Marano	Crosara	621
31	Sant'Anna	Ca del gallo	551
32	San Pietro	San Floriano	138
33	Marano	Prognol	230
34	Negrar	Martiri di sotto	418
35	Negrar	Spighetta	400
36	Negrar	Via Malanchini	712
37	Negrar	Maiago Negrar	398
38	Negrar	Cengio di Torbe	461
39	Negrar	Martini di sopra	651
40	Negrar	Via Vallecchia 12	628
41	Negrar	Sengia sbusa	434
42	Grezzana	Saline Rubele	n.c.
43	Grezzana	Falzi	n.c.
44	Marano	7048 Vitto	n.c.
45	Sant'Anna	Costa dosso	673
46	Marano	Noroni chiesa	n.c.
24	Marano	Magine	616

Tabella 2: siti indagati nel 2013

n.c. = non conosciuto

Tutti gli appezzamenti selezionati sono di proprietà dei soci del Mercato Cerasicolo (tabella 2).

I siti di monitoraggio sono stati scelti considerando diversi fattori, tra i quali l'altitudine, l'orografia del territorio e la presenza di un frutteto regolare, nei limiti dell'agricoltura di collina. Inoltre anche l'accessibilità all'appezzamento e la disponibilità dell'agricoltore sono stati considerati nella scelta.

I campi selezionati sono stati caratterizzati da una buona regolarità di produzione annuale. Gli appezzamenti sono stati scelti tra campi aventi piante di età media, che avessero già concluso 4 o 5 anni di produzione regolare (foto 10).

Un limite riscontrato nella scelta degli appezzamenti è stato quello di trovare campi investiti a ciliegio di una medesima varietà. Ad eccezione di taluni giovani impianti monovarietali infatti, nella quasi totalità dei casi, nei campi considerati si trovavano cultivar di ciliegio diverse sia per forma e dimensione ma, più importante al fine della nostra ricerca, per precocità di maturazione.

Il monitoraggio settimanale, dato l'elevato numero di siti in esame, è stato svolto dagli agricoltori in prima persona. Per facilitare le attività di controllo, gli agricoltori avevano, infatti, l'impegno di portare la loro trappola alimentare all'osservatorio.

Le trappole sono state identificate con un numero. Ad ogni numero corrispondeva dunque il preciso riferimento all'appezzamento tramite coordinate GPS, nome e contatto del titolare del campo.

Le esche sono state posizionate al centro di ogni appezzamento considerato.



Foto 9. Le trappole utilizzate caricate con aceto di mele;

Foto 10. Un tipico frutteto di collina

Le trappole utilizzate erano molto semplici ed economiche. Si trattava di bottiglie di plastica da 1 litro colorate di rosso, sulla cui superficie sono stati fatti dei piccoli fori, nella parte superiore, della grandezza di 4-5 mm (foto 9).

In mancanza di una sostanza ormonale specifica per la specie di interesse (cariomone) (vedi paragrafo 4.1.), le trappole venivano caricate con un attrattivo alimentare. Conoscendo le abitudini alimentari dell'insetto, si è deciso che un attrattivo adatto e universalmente riconosciuto potesse essere aceto di mele. Esso è stato preferito rispetto ad altri preparati commerciali per le sue caratteristiche di economicità ed accessibilità a tutti gli attori del monitoraggio.

3.1.2. Metodo di campionamento

Date le limitate dimensioni dell'animale e le forti somiglianze presenti con le altre specie di drosofilidi, l'attività di identificazione in campo della specie risulta essere delicata e spesso imprecisa. Il lavoro necessita di un'analisi di laboratorio.

Una volta giunte le trappole alimentari al Mercato Cerasicolo, il controllo avveniva settimanalmente all'osservatorio comunale di San Rocco (Marano di Valpolicella).

Il contenuto delle bottiglie veniva setacciato e depositato in piccole vaschette. Così, attraverso l'ausilio di un microscopio stereoscopico, veniva analizzato.

Il metodo di campionamento utilizzato implica il riconoscimento della specie, reso possibile attraverso le chiavi dicotomiche già esposte nel paragrafo 1.1.3.

Gli adulti di *Drosophila suzukii* venivano isolati, in un primo momento, dalle altre specie di insetti.

Adulti maschi e adulti femmina dell'insetto, che presentano forte dimorfismo sessuale, venivano dunque numerati separatamente. Essi venivano quindi conservati in provette, etichettate correttamente, contenenti alcool 70°.

Chiavi dicotomiche per riconoscere la specie sono conosciute dal mondo scientifico solo nel caso dell'adulto. Nessuna chiave è invece presente nel caso di stadi preimmaginali come uova, larve e pupe. Non è quindi possibile in alcun modo identificare visivamente stadi giovanili di *D. suzukii* rispetto ad altre specie della stessa famiglia.

Presso il dipartimento DAFNAE di Padova sono state eseguite delle analisi molecolari, che hanno confermato la specie di interesse.

Il dinamismo del gruppo di tecnici, ha permesso, in più di un'occasione, l'analisi di frutta di altro tipo: fico, prugna o uva di differenti varietà che manifestava danno di *Drosophila suzukii*. Il gruppo di lavoro è diventato così un punto di riferimento per operatori nella produzione frutticola della Valpolicella.

3.1.3. Indagine sulla presenza e dannosità di *D. suzukii*

Al fine di rendere più efficace lo studio della problematica, ed avere un riscontro reale da parte degli operatori della produzione, a fine raccolta, tutti i soci del Mercato Frutticoltori di Marano sono stati invitati a compilare una sorta di questionario semplice e anonimo (figura 7).

MONITORAGGIO DROSOPHILA SUZUKII

SCHEDA NUM. _____

LOCALITA' CONFERITORE _____

VARIETA' _____

ATTACCO DI *D. SUZUKII*

nessuno scarso medio alto

Data	Insetticida usato	Dose	Volume d'acqua impiegato

Figura 7: Il questionario

Il questionario, a fianco della località dell'appezzamento, ha richiesto di fornire una stima del danno diretto sulle proprie ciliegie, imputabile a *Drosophila suzukii*. Di seguito, doveva essere

completata una semplice tabella inserendo il piano di lotta adottato dagli agricoltori, i principi attivi insetticidi utilizzati e le date degli eventuali trattamenti di difesa.

3.2. Prova di lotta

La prova di efficacia di varie strategie di difesa su target *Drosophila suzukii* è stata seguita dal Servizio Fitosanitario della regione Veneto e dalla società Agrea Centro Studi srl., che ha effettuato i trattamenti.

3.2.1. Monitoraggio degli adulti e selezione dell'appezzamento sperimentale

La selezione dell'appezzamento è stata portata avanti tramite un monitoraggio dei voli ad inizio stagione. Il fine è stato quello di scegliere un campo che permettesse di poter estendere i risultati della prova al di fuori del campo sperimentale, considerando il limite ambientale. Esso doveva quindi rappresentare un vero e proprio appezzamento standard (foto 11).

Oltre all'inoculo potenziale di attacco, visibile attraverso il monitoraggio, sono stati considerati fattori che hanno contribuito alla scelta dell'appezzamento. Tra questi: ampiezza del campo, il numero di piante e l'intensità di coltivazione, l'orografia e l'altitudine dello stesso, temperature

medie e vicinanza al bosco, presenza di varietà diffuse sul territorio, produzione media annua, l'età delle piante, la forma di allevamento e lo stato sanitario della coltura.



Foto 11. L'appezzamento in prova

Selezionato il campo sperimentale, il monitoraggio dei voli del fitofago è stato condotto per tutta la durata della prova, fino alla sua conclusione, fornendo importanti indicazioni per l'interpretazione dei risultati finali. Il monitoraggio, durato da circa metà maggio e terminato nel mese di settembre, ha avuto cadenza settimanale.



Foto 12: trappola *D. suzukii*



Foto 13: Trappola cromotropica *R.cerasi*

Le trappole, uguali a quelle utilizzate per il monitoraggio esteso a tutto il territorio e presentate nel paragrafo 3.1., contenevano aceto di mele, come attrattivo alimentare (foto 12).

Esse erano posizionate, strategicamente, all'interno del perimetro dell'appezzamento sperimentale. In particolare, una era localizzata a lato del campo, sulla prima pianta del filare, a contatto con un ambiente non coltivato e prevalentemente boschivo, una era invece posizionata centralmente all'appezzamento.

All'interno del perimetro, è stato eseguito anche un monitoraggio del volo dell'altro principale fitofago di interesse per la coltura: *Rhagoletis cerasi* (foto 13).

Il controllo della popolazione veniva effettuato con trappole cromotropiche gialle e collate, cui era appeso un feromone specifico della specie.

3.2.2. Sito di conduzione della prova

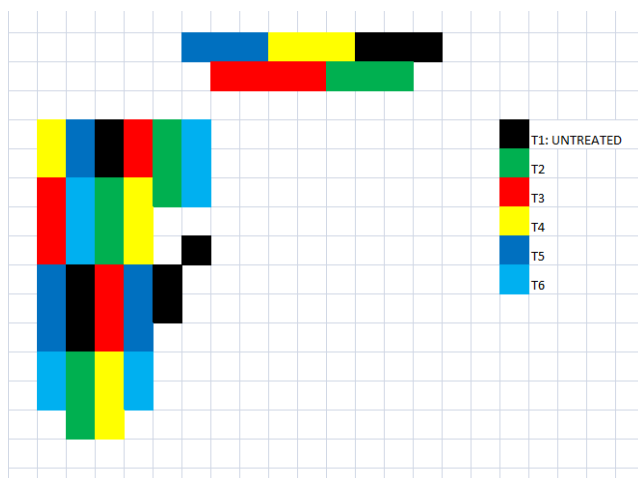


Figura 8: Mappa del campo prova



Foto 14: Appezzamento sperimentale

Il campo è localizzato nel comune di Sant'Anna d'Alfaedo (Verona) a 710 m.s.l.m. Il numero di piante ospiti della prova è 67. L'età media delle piante è di 10 anni. La forma di allevamento è il vaso veronese. Il sesto d'impianto è 4m (intrafila) x 6m (interfila).

Le varietà sono tipiche a maturazione medio-tardiva: Mora, Sweetheart, Lapins, Ferrovia, Van, Adriana.

Il campo sperimentale è stato suddiviso in 24 parcelle (figura 8) . Ogni parcella è stata costituita di 2-3-4 piante sane ed in piena produzione (foto 14).

3.2.3. Strategie di difesa adottate

Lo scopo della prova è stato quello di valutare l'efficacia di diverse strategie insetticida di difesa della coltura. Ognuna di queste identifica una tesi. Ogni tesi è stata ripetuta 4 volte, secondo una modalità a blocchi randomizzati. Le ripetizioni necessariamente sono state posizionate in punti differenti e casuali del campo, al fine di minimizzare gli errori dovuti a variabili ambientali. Diverse cultivar erano presenti e la randomizzazione delle parcelle è stata eseguita anche tenendo conto delle stesse.

Sei strategie sono state messe a confronto:

Tesi		Applicazione da raccolta (giorni)			
		21	14	7	0
1	Testimone				
2	Ammessa nei disciplinari di lotta biologica	Spinosad	Spinosad	Spinosad	Piretro
3	Impiego elevato insetticidi	Acetamiprid		Etofenprox	Piretro
4	Impiego medio insetti dici	Acetamiprid	Phosmet	Tiamethoxam	Piretro
5	Integrata 1	Acetamiprid		Etofenprox	
6	Integrata 2	Spirotetramat	Tiacloprid	Lambda Cialotrina	

Tabella 3. Le tesi allo studio

Di seguito verrà riportata una breve appendice sui prodotti utilizzati nella prova, al fine di comprenderne le modalità di azione.

a) Spinosad: Prodotto non sistemico derivato da un batterio naturalmente presente nel suolo: *Saccharopolyspora spinosa*. I due metaboliti naturali (Spinosyn A e D), prodotti dalla fermentazione del microrganismo, costituiscono il principio attivo, che agisce per ingestione e per contatto sugli stadi larvali e sull'adulto. L'insetticida non ha effetto trans-laminare. Il p.a. possiede

un buon potere abbattente. Essendo un prodotto di origine naturale, ne è permesso l'utilizzo in agricoltura biologica.

b) Acetamiprid: Insetticida sistemico appartenente alla classe dei neonicotinoidi. Il principio attivo agisce a livello di apparato nervoso bloccando i recettori di acetilcolina. È efficace per ingestione e contatto sui principali fitofagi ad apparato boccale pungente succhiante e masticatore. La molecola è caratterizzata da rapidità d'azione e persistenza in campo.

c) Etofenprox: Prodotto esofarmaco il cui principio attivo funziona inibendo il trasporto di sodio, a livello di sinapsi. Agisce per contatto e ingestione contro vari fitofagi. Sui diversi insetti esplica un buon potere abbattente e una moderata azione residuale.

d) Phosmet: Insetticida fosfororganico che agisce per contatto e ingestione. La molecola dimostra azione rapida nei confronti di numerosi fitofagi ad apparato masticatore e succhiatore. Può dare problemi di fitotossicità su alcune CV di ciliegio. Il p.a. possiede notevole effetto citotropico, viene assorbito dagli organi verdi, diffondendosi negli strati più superficiali dell'epidermide.

e) Thiamethoxam: Insetticida sistemico che agisce per contatto ed ingestione su insetti ad apparato boccale succhiante-pungente e masticatore. Sulle lamine fogliari, dopo l'assorbimento dei tessuti del parenchima, si diffonde per via xilematica verso tutti i tessuti vivi della pianta, in modo uniforme, ed in senso acropeto. La molecola manifesta completa attività trans-laminare. Può presentare rischio di sviluppo di resistenza da parte dei fitofagi.

f) Tiacloprid: Prodotto sistemico che si muove nei tessuti vascolari in senso acropeto. Possiede attività trans-laminare. Il p.a. agisce per contatto ed ingestione su larve e uova. Può essere applicato sia come un insetticida preventivo, che come curativo, sugli stadi preimmaginali.

g) Spirotetramat: Agisce principalmente sugli stadi giovanili degli insetti, impedendone il completamento della muta. Il meccanismo di sistemica è duplice, il prodotto circola infatti sia per via floematica che xilematica. Il p.a. funziona per ingestione e non ha azione di contatto. L'attività insetticida si manifesta esclusivamente dopo l'assorbimento fogliare e la penetrazione del prodotto nei tessuti fogliari, dove gli insetti trovano nutrimento. La molecola possiede inoltre elevata persistenza.

h) Lambda cialotrina: Insetticida piretroide attivo sugli insetti per contatto e, secondariamente, per ingestione. Si caratterizza per un elevato potere abbattente e persistente capacità protettiva. La sostanza attiva possiede inoltre attività repellente e bassa specificità.

i) Piretro: Prodotto naturale ottenuto dalla macinazione di capolini di alcune piante del genere *Chrysanthemum*. La molecola agisce per contatto, con azione neuro-tossica molto rapida. Il p.a. esprime potere abbattente, bassa tossicità e bassa persistenza ad alte temperature. Nei formulati commerciali viene solitamente mischiato con coformulanti, che hanno la funzione di prolungarne l'efficacia. È permesso in agricoltura biologica.

3.2.4. Applicazioni insetticide

Gli Interventi fitosanitari venivano eseguiti dal personale autorizzato Agrea. L'attrezzatura impiegata era una motopompa a spalla, equipaggiata da lancia a 3 ugelli, 8 bar di pressione. Il volume d'acqua teorico era di 1000 L/ha (foto 15).



I trattamenti sono stati effettuati nel pomeriggio di ogni data prefissata. Non sono avvenute precipitazioni durante e poco dopo gli interventi .

Foto 15. Trattamento a lancia

Essendo la vegetazione asciutta, si considera dunque che il dilavamento di principio attivo, per pioggia, sia stato nullo.

3.2.5. Campionamenti dell'efficacia

I campionamenti, in numero di 4, sono stati decisi ad inizio stagione rispettivamente a -7, 0, +7 e +14 giorni dalla raccolta.

Il giorno di inizio raccolta, anch'esso prefissato ad inizio stagione con l'agricoltore concedente l'appezzamento, era stato indicato per il 9 luglio.

Il prelievo dei frutti veniva sempre effettuato dal personale Agrea (foto 16). 100 drupe venivano raccolte asciutte e conservate in un sacchetto, a temperatura costante. Le drupe, all'interno della stessa parcella, venivano prelevate in modo volutamente casuale.

Durante il prelievo dei frutti per il campionamento alla raccolta (T-0), sono stati asportati dal campo 100 gr di ciliegie per ogni parcella, utilizzati per l'analisi residuale in laboratorio.

Foto 16. Prelievo drupe



Foto 17. Lo sfarfallamento



Foto 18. Salamoia

Segnalati i sacchetti di ogni parcella, il lavoro di campionamento veniva effettuato in laboratorio. L'attività certosina di aprire le ciliegie è stata piuttosto complessa ed onerosa, in termini di tempo.

Ogni ciliegia doveva essere aperta a metà, poichè solo in questo modo era possibile notare il numero e la specie delle larve, se presenti. Attraverso tale attività, il tecnico di laboratorio aveva il compito di riconoscere la larva del drosofilide, e di segnalare il danno imputabile ad essa, ove presente.

Talvolta il lavoro di identificazione della larva risultava piuttosto difficile, date le dimensioni molto piccole delle larve più giovani. Per questo motivo, il lavoro di ricerca del fitofago continuava, attraverso un secondo processo fisico. Le drupe, già sgusciate, venivano raccolte e separate in ogni parcella, all'interno di una vaschetta di alluminio (foto 18). Essa veniva poi riempita d'acqua e la soluzione veniva saturata con una sostanza osmotica, quale il sale da cucina. Dopo 24 ore, il controllo delle vaschette portava alla luce altre larve che non erano state possibili da identificare ed isolare dalla ciliegia, in fase di campionamento.

Il risultato ottenuto dalla somma del numero di larve rilevato attraverso il campionamento a vista e quello ottenuto tramite la conta delle larve giunte a galla dopo la salamoia, rappresentava il dato di pressione del carpofago sulla frutta.

Oltre a ciò, durante il campionamento a vista, venivano segnalate e registrate numericamente le ciliegie che presentavano danno di *Drosophila suzukii*.

Parallelamente al campionamento, veniva eseguita una raccolta di 50 drupe per parcella, in campo, mantenute in una bottiglia di plastica, su cui veniva applicata una garza traspirativa (foto 17). Le bottiglie venivano in seguito riportate in laboratorio, dove venivano conservate circa una settimana, a temperatura ambiente. Dopo tale intervallo di tempo, il prodotto veniva analizzato.

CAPITOLO 4 - RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. Monitoraggio

La presenza dell'insetto, seppur tardiva rispetto agli anni precedenti, è stata abbondante: le condizioni ambientali sono state, infatti, favorevoli. Una certa presenza del dittero è stata registrata a tutte le altitudini.

Notevoli differenze nelle catture sono state individuate in ambienti diversi (grafico 1).

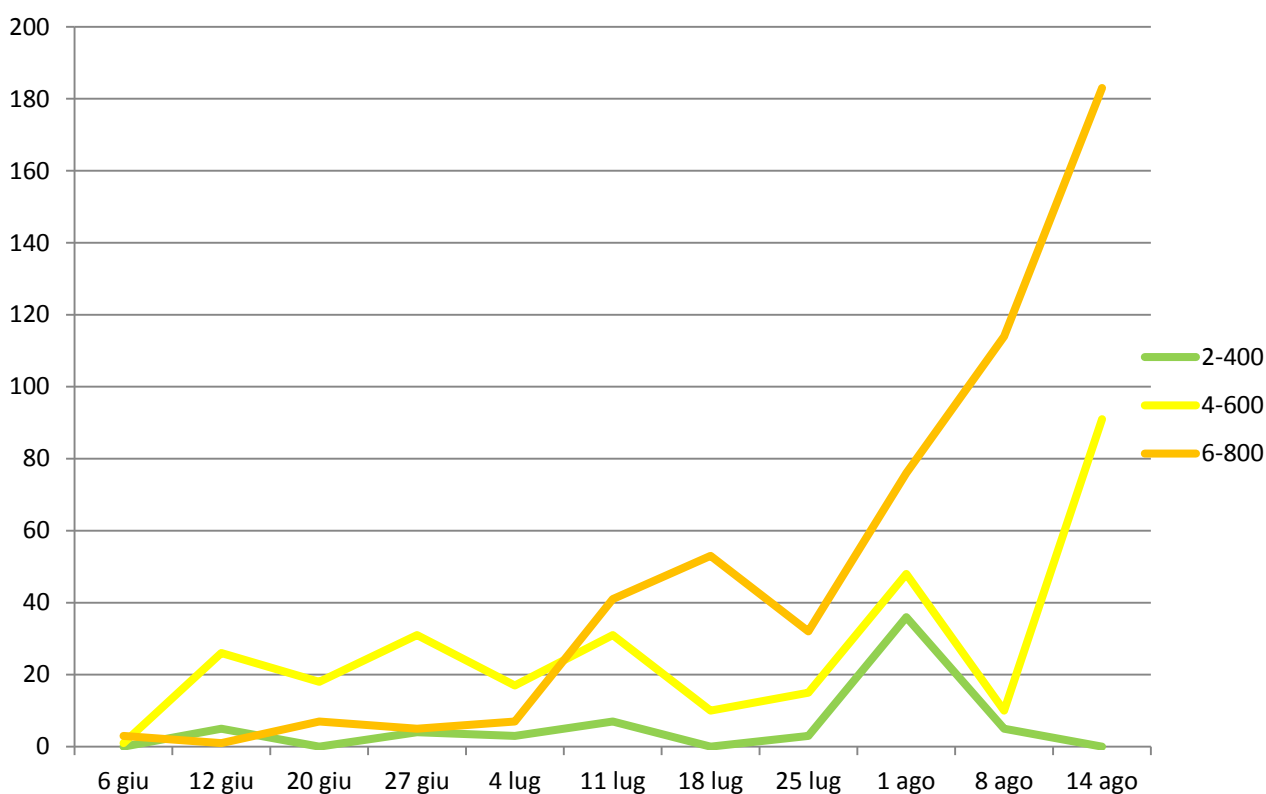


Grafico 1. Curve di volo a varie altitudini

Bassa collina

Una bassa pressione di *D. suzukii*, in generale, ha caratterizzato queste altitudini. L'insetto è infatti presente in tutto il periodo di durata del monitoraggio, con valori abbastanza costanti e contenuti. Un picco di volo è stato notato solo verso fine stagione (grafico 1).

Media collina

Nel grafico 1 è possibile notare una pressione piuttosto consistente e pressoché costante del drosofilide nella prima parte della stagione (dai primi di giugno ad inizio luglio). Dopo tale data si può rilevare un rapido abbassamento della quantità di popolazione nella seconda e terza decade di luglio.

Alta collina

Le curve di volo indicano una popolazione piuttosto scarsa e costante fino al rilievo del 4 luglio (grafico 1). Dopo tale data, la pressione cresce in modo molto rapido per giungere al suo picco il 18 luglio, per poi decrescere nuovamente.

Nella prima parte della stagione vegetativa le temperature favorevoli e miti (vedi allegato 1) di pianura e di media collina hanno favorito lo sviluppo delle popolazioni di *D. suzukii*, in questi areali. Al contrario, temperature ancora proibitive, quali quelle che caratterizzavano l'ambiente di alta collina, hanno contenuto i voli. Questa situazione si è presentata pressoché costante per tutta la durata del mese di giugno. Con l'inizio del mese di luglio, si è assistito, invece, ad una netta inversione di tendenza. Un brusco rialzo delle temperature, a tutte le altitudini, determina forti modifiche delle condizioni ambientali. Ciò che ne risultato è un progressivo incremento della popolazione degli adulti negli areali ad altimetria più elevata, dove il clima diventa più fresco e secco rispetto a poche settimane prima. L'aumento della pressione non viene registrato in ambiente di bassa collina dove le massime termiche del mese di luglio implicano una fase calante dei voli (vedi allegato 1). Nel giro di poche settimane, si assiste quindi a un abbassamento nelle curve di popolazione della pianura e ad un rapido incremento in quelle dell'alta collina.

Con la fine del mese di luglio e i primi giorni di agosto si riscontra una crescita continua delle popolazioni, a tutte le altitudini. Questo innalzamento repentino delle curve è poco significativo, al fine della nostra indagine, data la mancanza di drupe di ciliegio in questo periodo dell'anno. Il motivo di questo incremento rapido verso valori molto elevati è dovuto in parte a un clima favorevole, ma soprattutto a un limite del monitoraggio. Tale limite è costituito dall'attrattivo alimentare delle trappole in uso che, essendo un attrattivo generico, oltre a varie specie di drosofilidi, attrae altri ditteri, lepidotteri, dermatteri. Il problema del rilievo corretto dell'adulto di *D. suzukii* è dato dal fatto che l'insetto in campo, in presenza di frutta in maturazione, preferisce cibarsi della stessa piuttosto che rivolgersi alle trappole, per motivi non noti. Una volta asportata

la frutta dal campo, in mancanza di substrato, il fitofago si avvicinerà con maggiore frequenza alle trappole esposte. Questo implica necessariamente una inefficacia dei mezzi di controllo e una sottostima dei voli reali, soprattutto ad inizio stagione. Il concetto esposto è in grado di spiegare le elevate catture a fine stagione vegetativa. Un corretto monitoraggio potrebbe essere invece garantito dall'uso di molecole feromonalì, dette cariomoni, altamente specifiche per la specie di interesse, ancora in fase di studio.

4.1.1. Indagine sulla presenza e dannosità di *D. suzukii*

L'elaborazione dei dati delle infestazioni e delle stime del danno sono stati ottenuti dalla sintesi dei contenuti dei questionari ricevuti dagli operatori del settore (figura 7).

I dati riguardanti la stima del danno, in generale, ci illustrano una situazione in linea con i risultati ottenuti dal monitoraggio. Ancora una volta è evidente come l'oscillazione delle temperature medie può ricreare una condizione di clima favorevole allo sviluppo al momento della maturazione della frutta (vedi allegato 1). Quando ciò avviene, è lecito prevedere un attacco.

L'infestazione in pianura, registrata dagli agricoltori, è stata presente in maniera diffusa sul territorio anche se, in media, non è stato registrato un danno elevato. Gli attacchi si sono verificati, quando presenti, su tutte le cultivar. È lecito pensare che questo diverso grado di attacco possa essere dovuto al periodo di frequenza del parassita nei frutteti di pianura che, come abbiamo notato nel grafico 1, è stato concentrato soprattutto durante la prima e l'ultima parte della stagione. Il periodo di fine maggio e inizio giugno è stato quest'anno il periodo di maturazione delle prime ciliegie di pianura. La combinazione tra presenza del fitofago e maturazione del prodotto edule ha reso possibile l'attacco.

Differente è la situazione relativa a questa emergenza in un ambiente più prettamente collinare, caratterizzata peraltro dalla maggiore produzione, qualità e redditività degli agricoltori impegnati nella coltivazione del ciliegio. L'inclinazione della curva di dannosità risulta ritardata nel tempo rispetto alla precedente, e l'attacco, in molti casi, è più allarmante rispetto alla situazione descritta in precedenza. L'inizio stagione è, infatti, caratterizzato da bassa pressione dell'insetto, in un ambiente ancora non ottimale (vedi allegato 1). Durante questo periodo, la produzione di ciliegie di cultivar precoci è sfuggita, parzialmente, all'attacco di *Drosophila suzukii*. Diverso il discorso per

le produzioni a maturazione medio-tardiva: nel periodo di maturazione delle stesse, infatti, che parte tra la fine di giugno e l'inizio di luglio, le temperature medie più elevate hanno favorito lo sviluppo del parassita che, in presenza di substrato disponibile, ha colpito diffusamente i ceraseti. Questo è il motivo per cui, secondo gli operatori del settore cultivar a maturazione medio-tardiva come Mora o Ferrovia, le più diffuse sul territorio, sono state le più attaccate dal parassita. In questi ambiente, in molti casi, il danno risulta molto grave, come testimoniato dalla maggioranza degli agricoltori locali e dell'intero areale collinare provinciale.

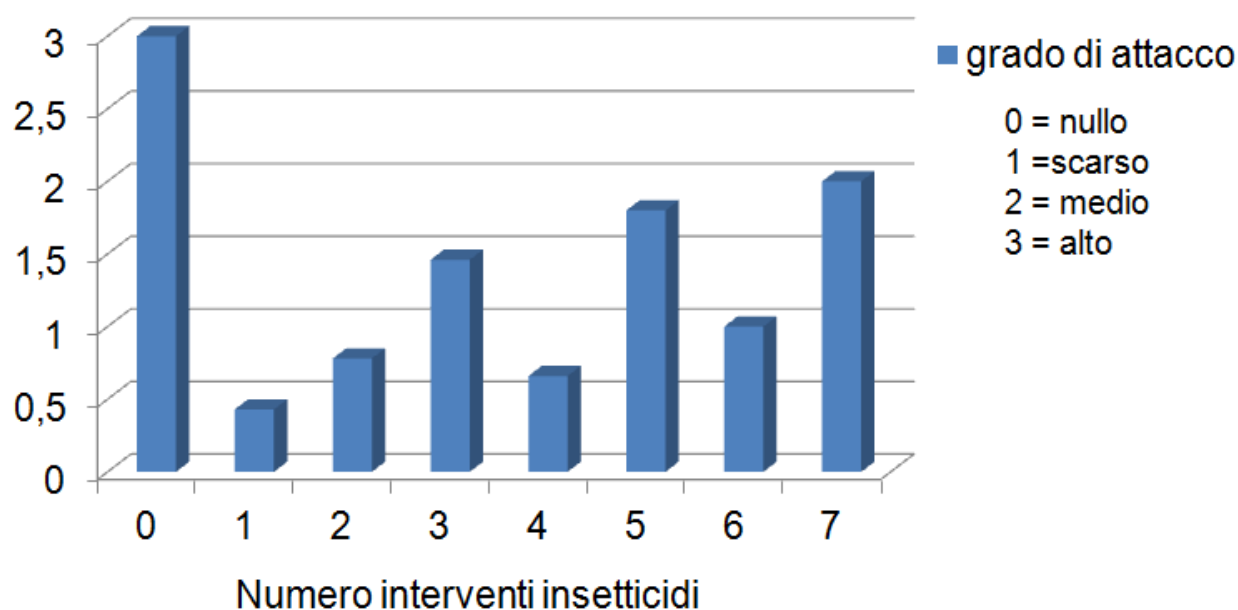
Sebbene queste riflessioni assumano carattere generale, dall'indagine è emerso una totale disconnessione, a livello locale, tra la presenza in campo del fitofago e l'entità del danno rilevato. È chiaro, dunque, come ogni situazione possa essere diversa caso per caso e come lo stato dell'attacco dipenda da diversi fattori biotici ed abiotici, oltre che dall'inoculo presente.

In particolare, sulla base di osservazioni svolte durante il presente lavoro, possiamo dire che *Drosophila suzukii* preferisce luoghi freschi, umidi ed ombrosi e dove sono presenti scorrimenti d'acqua. Aree aride, siccitose ed esposte ad insolazione diretta sono siti sfavorevoli. Attenzione particolare deve essere quindi rivolta a fossati e compluvi di collina nei pressi dei quali tali condizioni si ricreano perfettamente, unitamente alla grossa quantità di substrato alimentare disponibile.

Il questionario di valutazione, ricevuto dai soci del Mercato Cerasicolo a fine stagione conteneva, oltre ad importanti indicazioni circa l'entità dell'attacco, la sintesi della strategia di difesa fitosanitaria, specifica per gli insetti, adottata nel corso della stagione vegetativa 2013 (figura 7).

Del dato ottenuto, ciò che è parso interessante, al fine della ricerca, è la connessione tra il numero di trattamenti insetticidi effettuati e attacco di *Drosophila suzukii*. Alcune differenza statistica tra la frequenza di danno è stata registrata, sulla media degli appezzamenti, al variare del numero degli interventi fitosanitari (grafico 2).

Grafico 2. Relazione tra interventi insetticidi e grado attacco



Dal risultato dell'indagine risulta chiaro come il semplice numero di interventi non possa regolare la difesa, come è valido per altri parassiti, ma l'efficacia della stessa è probabilmente dovuta ad altri fattori, come il tipo di principio attivo utilizzato, la frequenza dei trattamenti al limite dei tempi di carenza e tempestività di azione in prossimità della raccolta.

Il limite esposto a proposito del solo intervento chimico, ci invita a riflettere su una strategia di lotta che, oltre a metodi di difesa convenzionali, integra buone pratiche agronomiche.

Innanzitutto, una gestione igienico sanitaria efficace è attuabile, attraverso tecniche di tipo fisico/agronomico, biologico e chimico, se il contenimento è svolto da vari attori del mondo rurale, in primo luogo dagli stessi agricoltori. Risultano essenziali, infatti, pratiche di gestione del territorio eseguite su larga scala e non in maniera puntiforme sul singolo appezzamento infestato da *D. suzukii*. Il dittero è infatti in grado di muoversi velocemente per alcuni chilometri, nello stesso areale. In quest'ottica, il controllo capillare non dovrebbe escludere alcun appezzamento o le piante spontanee diffuse nel territorio. Ciò si scontra con problemi di fattibilità economica e tecnica della gestione fitosanitaria, soprattutto in ambienti non propriamente antropici, come quelli di alta collina e montagna.

Tra le tecniche consigliate per limitare la diffusione del parassita, nel caso di un frutteto, pesanti sfogliature e potature possono aumentare l'irraggiamento luminoso, riducendo l'umidità in

campo. Il diserbo, inoltre, può essere un utile tecnica al fine di eliminare specie erbacee spontanee ospiti dell'animale.

Alla gestione dell'inerbimento in campo si unisce la problematica circa i focolai di infestazione al di fuori dell'appezzamento, dove la vegetazione arborea ed erbacea non trattata, se non controllata adeguatamente, può dare origine a popolazioni molto numerose del fitofago. La distruzione o l'asportazione dei frutti da piante dentro e fuori l'appezzamento è raccomandata, anche se difficilmente attuabile su scala territoriale.

A proposito delle modalità di raccolta, uno stacco rapido e un precoce allontanamento dei frutti dalle piante è una soluzione efficace, in quanto ci permette di mettere al riparo il nostro prodotto prima che il danno si verifichi. È necessario quindi un impegno, da parte delle aziende, nell'organizzazione del lavoro, dell'efficienza del personale e del parco macchine, al fine di ottimizzare i tempi di raccolta.

Tali tecniche risultano efficaci, se svolte in modo corretto ed integrate con un mezzo chimico.

Tuttavia, al riguardo di alcuni dei punti menzionati, in vero è da considerare la fattibilità tecnica e la convenienza economica di tali pratiche in campo. Conoscendo la realtà degli areali di coltivazioni di collina, di alberi da frutto quali il ciliegio, appare evidente che tali attività, di frequente, non sono compatibili con le possibilità dell'azienda e difficilmente possono diventare soluzioni reali in quanto la coltivazione risulterebbe anti-economica in termini di tempo e di remunerabilità dell'agricoltore.

La panoramica futura della cerasicoltura rimane incerta. Di certo, si può dire che, con l'arrivo di questo parassita, la coltivazione del ciliegio è cambiata. Ciò implica un maggior costo della difesa fitosanitaria, dove i tempi di carenza dei prodotti fitosanitari assumono un'importanza primaria nella scelta della strategia di contenimento. La cerasicoltura moderna richiederà presto una maggior competenza professionale degli operatori della produzione, tempestività d'azione e migliore gestione agronomica del frutteto.

4.2. Prova di lotta

4.2.1. Monitoraggio sul campo sperimentale

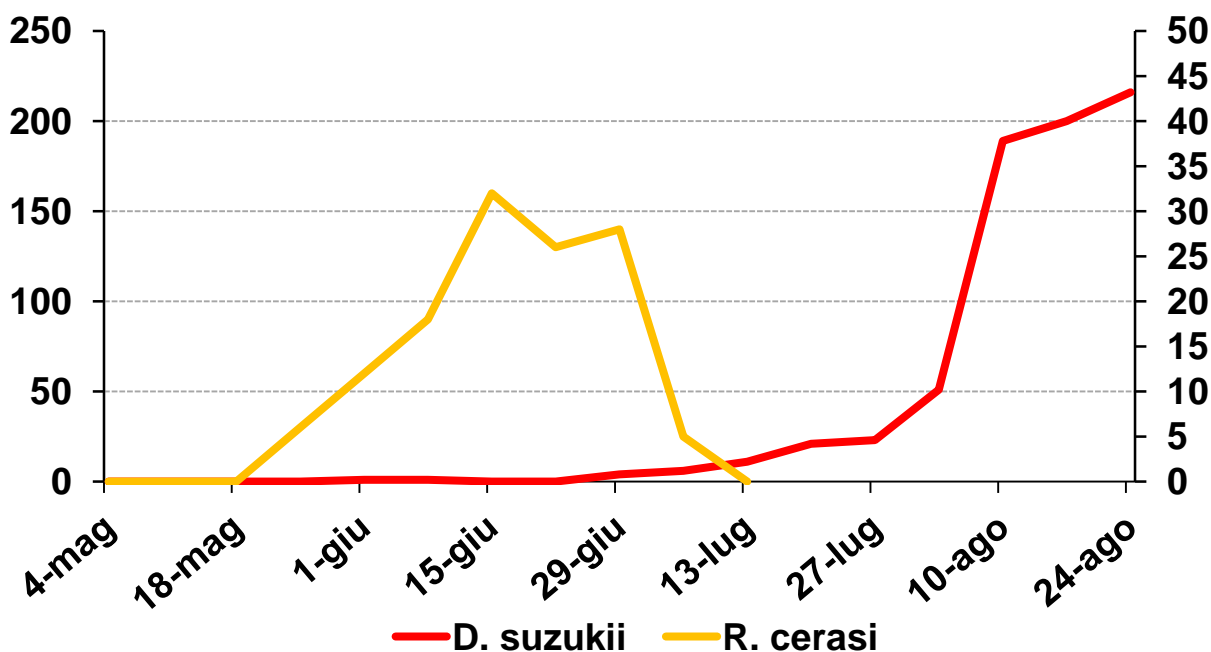


Grafico 3. Curve di volo di *R.cerasi* e di *D. suzukii*

Rhagoletis cerasi: La prima cattura in campo di *R.cerasi* è avvenuta in data 18 maggio. Il picco di volo è stato registrato a metà giugno, con la cattura di 150 adulti per settimana. Dopo tale data, la popolazione è iniziata a calare; l'ultimo rilievo è stato registrato a metà luglio.

Drosophila suzukii: La curva di volo di *D. suzukii* assume una inclinazione molto diversa rispetto a quella dell'altro fitofago. Essa, infatti, rimane su valori limitati per tutto il mese di giugno. Un innalzamento repentino si osserva tardivamente in data 29/6, per poi incrementare fino a fine stagione.

Ciò è spiegato, in particolare da caratteristiche fisiologiche dei due parassiti e dalle condizioni ambientali. In primo luogo infatti *R.cerasi* è un insetto che compie una sola generazione stagionale. Raggiunto dunque il picco di volo, è corretto aspettarsi un calo progressivo dei voli. Diversamente *D. suzukii* è un insetto polivoltino, esso compie diverse generazioni annuali, in base alle condizioni di sviluppo (grafico 3).

A proposito di questo, dalle curve del grafico 3 risulta evidente come i picchi massimi di infestazione di mosca del ciliegio si verificano intorno alla metà del mese di giugno, in piena invaiatura del ciliegio, stadio fenologico preferito dal fitofago per le ovideposizioni. In questo periodo l'ambiente di alta collina è caratterizzato da temperature media ancora miti (vedi allegato). Al contrario, un innalzamento repentino della curva di volo di *D. suzukii* si registra solo alla fine di giugno, in seguito al picco di volo di mosca del ciliegio. Ciò, è spiegabile sia dalle caratteristiche intrinseche della frutta, che a queste altitudini non è matura prima del mese di luglio, sia a condizioni di sviluppo più termofile in *D. suzukii*.

4.2.2. Efficacia delle diverse strategie di difesa adottate

4.2.2.1. Andamento infestazione di *D. suzukii*

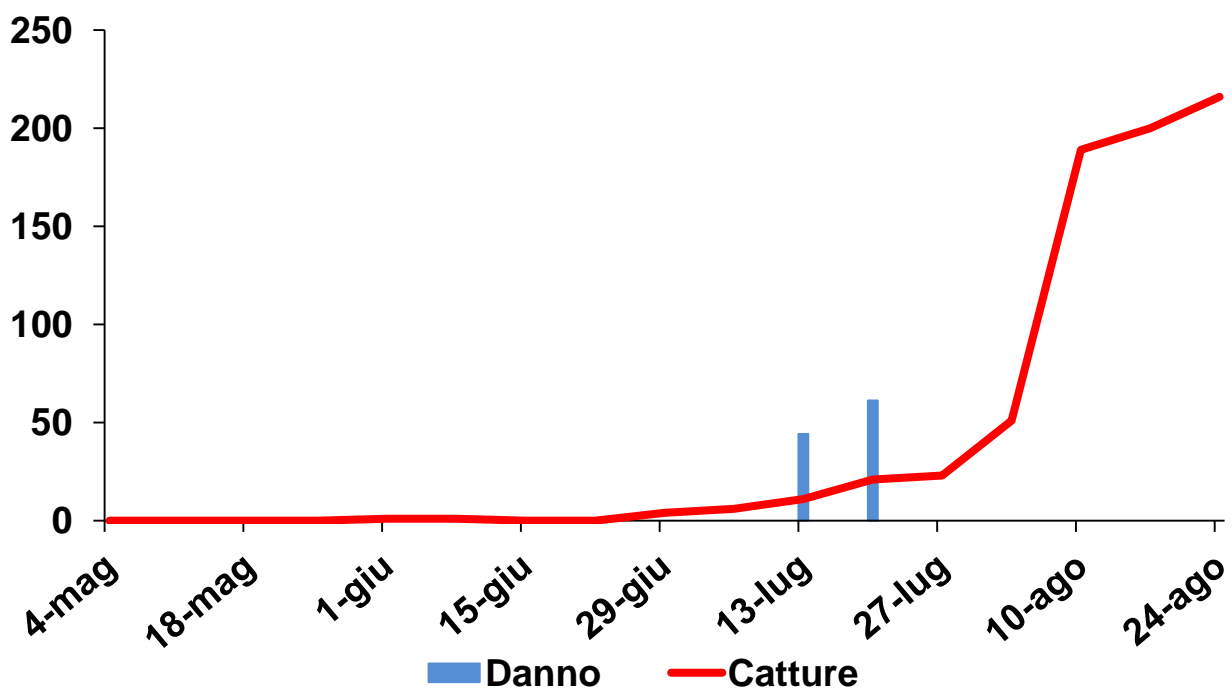


Grafico 4. Comparsa di *D. suzukii* sulle drupe in relazione alle catture degli adulti

Il controllo dell'andamento dell'infestazione di *Drosophila suzukii* è avvenuto con il metodo del campionamento in laboratorio, già descritto nel paragrafo 3.2.5.

A proposito della presenza di *D. suzukii*, i primi 2 rilievi, il primo a -7 giorni e quello fissato il giorno della raccolta, hanno dato esito negativo: nessuna larva del carpofago è stata trovata sulle

ciliegie. Solo con il 3° campionamento (+7 dalla raccolta) le prime segnalazioni del parassita sono state registrate, in tutte le tesi e in numero abbondante. La situazione è stata confermata, più gravemente, con l'altro rilievo in post-raccolta, a +14 giorni.

Le considerazioni danno ragione alla problematica a proposito della difficoltà della difesa: un arrivo molto tardivo sulla frutta (l'insetto compare solo al tempo della maturazione della frutta), congiuntamente a uno sviluppo generazionale, che durante il periodo di raccolta, è rapidissimo. L'affermazione è giustificata dalla differenza di infestazione che si nota tra 2 campionamenti successivi, il secondo e il terzo (grafico 4). Nel giro di 7 giorni, una situazione di assenza di danno si trasforma in un'infestazione allarmante.

Per quanto riguarda l'efficacia delle strategie di lotta su target *D. suzukii*, nonostante le differenze di media osservate, nei campionamenti in cui il parassita è stato trovato, nessuna differenza statistica è stata rilevata tra le tesi (grafico 5).

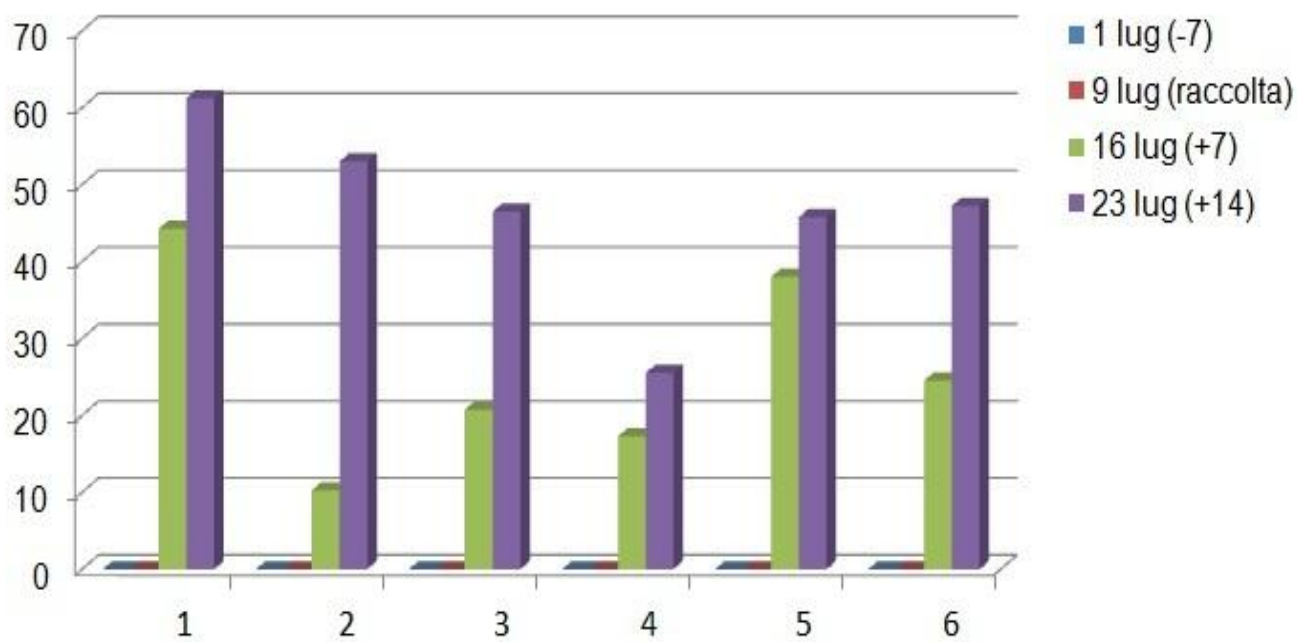


Grafico 5. Efficacia delle tesi su *D. suzukii*

A proposito del rilievo a +7 giorni dalla raccolta, come si può notare nel grafico 5, le tesi n°2, 3, 4 e 6 sono quelle che meglio sono riuscite a limitare l'infestazione: i valori sono rimasti sotto della soglia di 25%, contro valori del testimone dove l'infestazione supera il 45%. La tesi n° 2 si è dimostrata quella che ha ridotto maggiormente l'attacco.

Il campionamento a + 14 giorni mostra una situazione differente. Assieme al testimone, che raggiunge la soglia del 60% di infestazione, l'efficacia strategie di difesa cala, a distanza di 7 giorni. Le ciliegie delle tesi n°2, 3, 5 e 6 presentano valori di infestazione compresi tra 45% e 52%. Solo la tesi n°4 ha dimostrato una discreta resistenza ed efficacia, limitando l'infestazione a livelli inferiori al 25%.

Le percentuali fornite indicano il numero di larve di *drosophila* trovate su 100 parcelle, in media sul totale delle ripetizioni per ogni tesi.

Dall'interpretazione dell'andamento dell'infestazione di *D. suzukii* (grafico 5) si possono dedurre alcune considerazioni.

Dal primo campionamento effettuato, risulta evidente che, sebbene il testimone presenti un infestazione elevata, le strategie di lotta abbattenti in prossimità della raccolta sono state le più efficaci. Ciò che si può immediatamente notare, infatti, è che le tesi che comprendono un trattamento a -4 giorni dalla raccolta, durante il rilievo a +7 giorni hanno dato i risultati più confortanti. Piani di difesa che comprendono trattamenti solo fino a 7 giorni dallo stacco dei frutti, al contrario, risultano i più deboli all'infestazione. Da ciò deduciamo l'importanza di una costante ripetizione dei trattamenti, al limite della carenza, in particolar modo in prossimità della raccolta. Emblematico risulta il confronto tra la tesi n°3 e la tesi n°5. Esse, sebbene differiscano una dall'altra solamente per un trattamento aggiuntivo con piretro a -4 giorni dallo stacco dei frutti, hanno dimostrato una certa differenza: la strategia con piretro dimostra un'efficacia quasi doppia rispetto all'altra. Un dato confortante, nel terzo campionamento, ci arriva dalla tesi n°2, tesi comprendenti prodotti biologici a base di spinosad, che è risultata essere la più convincente, grazie al forte potere abbattente.

Il risultato a +14 giorni appare diverso. Tutte le strategie dimostrano scarsa resistenza e l'infestazione, terminata l'azione poco persistente dei principi attivi, aumenta vistosamente. Un risultato accettabile ci viene fornito solo dalla tesi n°4, caratterizzata da un elevato impiego di insetticidi. Tutte le altre, strategia n°2 compresa, dimostrano scarsa resistenza.

Ciò che appare chiaro dai valori degli istogrammi del grafico 5 è che, indipendentemente dalla strategia di lotta insetticida adottata in precedenza, l'utilizzo di un prodotto a -4 giorni dalla raccolta può garantire una maggiore resistenza all'attacco, permettendo di allungare l'intervallo di giorni utili per la raccolta. È evidente però che l'effetto abbattente che garantisce il piretro, ha una

durata limitata. Dopo 7 giorni infatti, anche nelle strategie comprendenti piretro le percentuali di attacco iniziano a salire vertiginosamente. L'eccezione della tesi n°4, può essere spiegata in quanto il grado di copertura delle drupe in tutto il loro ciclo di maturazione, garantito da 4 interventi, ha contribuito ad aumentare lo stato di salute delle stesse, aumentandone la resistenza all'attacco in prossimità di maturazione.

La valutazione dell'infestazione da fitofago è avvenuta in laboratorio, attraverso l'analisi di 100 ciliegie per parcella, ad ogni campionamento. L'istogramma del grafico 6 evidenzia, sul testimone non trattato e nelle altre tesi, un progressivo aumento dell'attacco su rilievi successivi. Avendo affermato che la prima segnalazione di *Drosophila suzukii* è avvenuta durante il rilievo a +7 giorni, il danno registrato nei primi 2 campionamenti è da attribuire a *Rhagoletis cerasi*. Alla raccolta sul testimone il 24.5 % delle ciliegie erano danneggiate. Dopo 7 e 14 giorni, il grado di attacco si alza rispettivamente a 45% e a 62%. Il dato ottenuto dal livello di danno nelle varie strategie, nel 3° e 4° rilievo, risulta in linea con il numero di larve di *D. suzukii* notate nelle tesi.

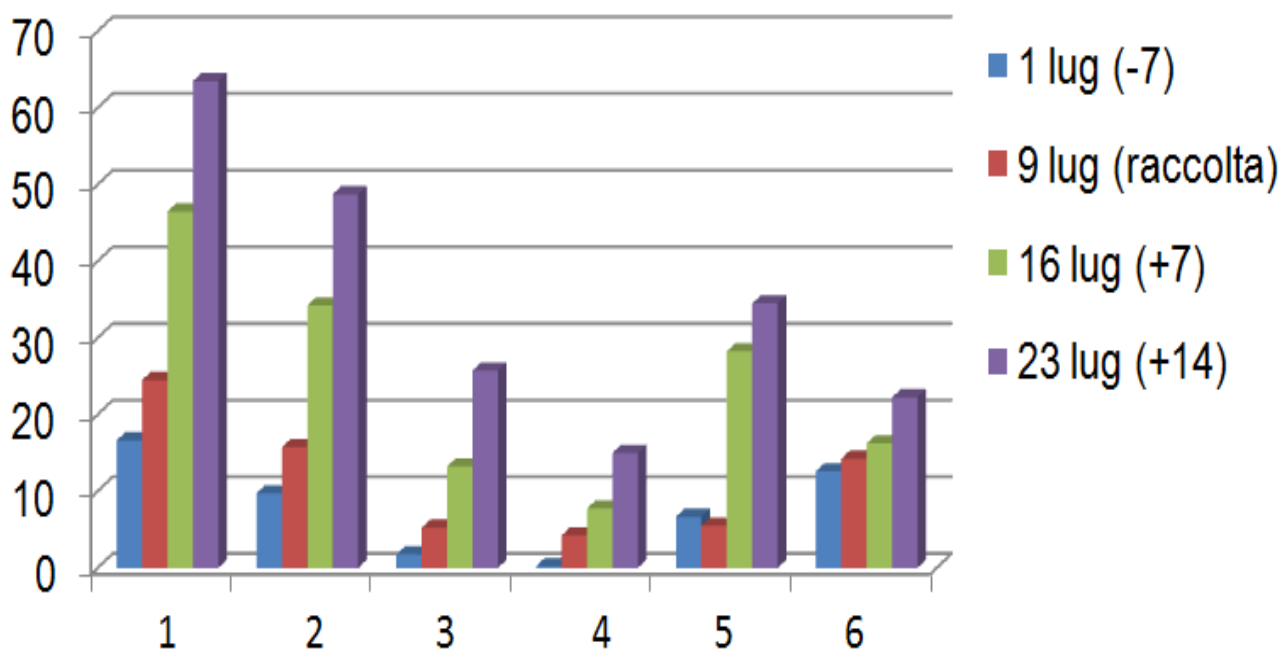


Grafico 6: andamento degli attacchi sulle drupe

Il risultato dello sfarfallamento di insetti da drupe di ciliegio prelevate nel campo sperimentale è stato, nella maggior parte dei casi, la fuoriuscita di adulti di *Drosophila melanogaster*.

Per quanto concerne la dannosità di questa specie, una serie di caratteristiche che possono rendere un frutto attaccabile da *D. suzukii* sono:

- Un colore che vira dal rosso chiaro al viola molto scuro
- pezzatura minima del frutto che sia in grado di ospitare al suo interno almeno una larva per tutto il suo ciclo di sviluppo
- un'epidermide relativamente sottile e perforabile
- Polpa zuccherina

A proposito dell'attacco rilevato, ciò che si nota guardando una partita di ciliegie infestata è un danno bagnato. La frutta, in seguito all'attività trofica delle larve, si riduce in poltiglia nel giro di ore, iniziando a gocciolare. È facile rendersi conto del danno quando, applicando una leggera flessione sulla superficie, fuoriesce del mosto e ci si sporca le mani. L'entità del danno, su frutta apparentemente sana, si può manifestare nel giro di 2-3 giorni o addirittura nel giro di ore.

4.2.2.2. Analisi dei residui dei fitofarmaci

Il risultato ottenuto dall'analisi dei residui rilevati sulle drupe alla raccolta è di esito positivo: in tutti i casi residui di sostanze attive sono stati trovati sulla frutta, ma sempre si sono presentati abbondantemente sotto il limite consentito (tabella 4).

Data/giorni dalla raccolta (9 luglio)				Residui mg/kg	LMR
-21	-14	-7	-3		
Testimone				-	
<u>Spinosad</u>	<u>Spinosad</u>	<u>Spinosad</u>	Piretro	<u>Spinosad 0,08</u>	5,0
<u>Acetamiprid</u>	-	<u>Etofenprox</u>	Piretro	<u>Acetamiprid 0,02</u> <u>Etofenprox 0,2</u>	1,5 1,0
<u>Acetamiprid</u>	<u>Phosmet</u>	<u>Thiametoxam</u>	Piretro	<u>Acetamiprid 0,05</u> <u>Phosmet 0,03</u> <u>Thiametoxam 0,18</u> <u>Piretro 0,01</u>	1,5 1,0 1,0 1,0
<u>Acetamiprid</u>	-	<u>Etofenprox</u>	-	<u>Acetamiprid 0,02</u> <u>Etofenprox 0,1</u>	1,5 1,0
<u>Spirotetramat</u>	<u>Tiacloprid</u>	<u>Λ cialotrina</u>	-	<u>Λ cialotrina 0,03</u> <u>Tiacloprid 0,1</u>	0,3 0,3

Tabella 4: Risultati dell'analisi dei residui

4.3. Suscettibilità varietale

Durante le operazioni di campionamento, una certa suscettibilità varietale è stata notata. Tra le cultivar valutate, si è potuto stimare, una certa scalarità d'attacco (tabella 5). In particolare, considerando una media delle larve rilevate nei vari campionamenti, Van è risultata più resistente, seguita progressivamente da Mora, Adriana, Ferrovia e Lapins, che si è dimostrata la più debole agli attacchi. Tale preferenza verso determinate varietà è probabilmente dovuta ad un insieme di fattori visivi, tattili ed olfattivi. È corretto notare che questa certa resistenza varietale consente di prolungare la salute della frutta a maturazione solo per qualche giorno, permettendo comunque di allungare i tempi di raccolta, a vantaggio dell'agricoltore. Nessuna resistenza completa è stata trovata.

Cultivar	Numeri di larve di <i>D. suzukii</i>
Van	29,5
Mora	45,8
Adriana	61,7
Ferrovia	66,5
Lapins	87,7

Tabella 5. Grado di attacco di *D. suzukii* in relazione alla varietà

CAPITOLO 5 – CONCLUSIONI

Dalla sua prima segnalazione, *D. suzukii* si è ampiamente diffusa in tutti gli areali di coltivazione del ciliegio e dei piccoli frutti. Dalle indagini condotte è emerso che la sua distribuzione è fortemente influenzata dalla temperatura e dalla presenza di piante ospiti alternative presenti nell'ambiente circostante le colture agrarie. Infatti l'animale oggetto di tesi è stato catturato soprattutto ad inizio estate in alta collina, dove le coltivazioni si affiancano ai boschi. Riguardo al ciliegio, dalle osservazioni effettuate è emerso che *D. suzukii* predilige frutti integri e maturi e la sensibilità diminuisce su quelli acerbi o marcescenti. È stata osservata una sensibilità varietale: le cultivar più resistenti sono state la Van e la Mora , mentre CV Adriana, Ferrovia e Lapins sono risultate maggiormente sensibili. Non è stata trovata una relazione tra le catture degli adulti ed il danno rilevato sulle drupe, probabilmente a causa dell'attrattivo impiegato, che è troppo generico e non competitivo in caso di presenza di frutta matura.

La presenza e l'etologia di questo nuovo carpofoago renderà la difesa sul ciliegio impattante dal punto di vista ambientale ed economicamente onerosa per gli agricoltori. A tal proposito le indagini sul contenimento dell'insetto hanno evidenziato la necessità di intervenire in prossimità della raccolta, al limite dei tempi di carenza degli insetticidi, in quanto l'attacco del parassita è risultato imminente alla maturazione delle drupe. Questo creerà problemi nella gestione dei trattamenti pre-raccolta in impianti estesi e multivarietalì e, quindi, per ottimizzare le strategie di difesa sarà indispensabile la gestione del personale e dell'organizzazione del cantiere di lavoro al fine di rendere la raccolta rapida e concentrata in pochi giorni.

In attesa di metodi di lotta alternativi, la difesa chimica rimane l'unico strumento efficace in grado di contenere le infestazioni di *D. suzukii* su ciliegio, pur avendo a disposizione principi attivi registrati sulla coltura ma non sul target. Inoltre, al fine di mantenere basse le densità di popolazione è necessaria la raccolta ed eliminazione dei frutti non adatti al commercio. Essi, infatti, offrendo substrato di sviluppo per l'insetto, possono costituire un focolaio di infestazione per maggiori danni alle colture limitrofe.

ALLEGATI : DATI METEO (MARANO DI VALPOLICELLA)

DATE	PRECIP	UNIT	T°	T°	T°
			MAX	MIN	AVE
01-06-2013	0,0	MM	19	10	15
02-06-2013	0,0	MM	21	12	16
03-06-2013	0,8	MM	21	12	16
04-06-2013	0,8	MM	24	14	19
05-06-2013	4,2	MM	22	14	18
06-06-2013	3,6	MM	24	15	19
07-06-2013	0,0	MM	25	14	20
08-06-2013	0,0	MM	26	16	21
09-06-2013	20,0	MM	24	14	18
10-06-2013	0,0	MM	22	12	17
11-06-2013	0,0	MM	25	14	19
12-06-2013	0,0	MM	27	16	21
13-06-2013	0,0	MM	28	17	22
14-06-2013	0,0	MM	29	18	24
15-06-2013	0,0	MM	30	18	24
16-06-2013	0,0	MM	30	19	25
17-06-2013	0,0	MM	32	21	26
18-06-2013	0,0	MM	34	21	27
19-06-2013	0,0	MM	34	23	27
20-06-2013	0,0	MM	33	21	27
21-06-2013	0,0	MM	29	18	23
22-06-2013	0,0	MM	28	18	23
23-06-2013	0,0	MM	28	17	23
24-06-2013	6,0	MM	20	12	17
25-06-2013	4,2	MM	26	15	20
26-06-2013	0,0	MM	22	16	19
27-06-2013	29,8	MM	21	11	17
28-06-2013	1,6	MM	21	11	15
29-06-2013	0,0	MM	22	13	17

DATE	PRECIP	UNIT	T°	T°	T°
			MAX	MIN	AVE
02-07-2013	0,0	MM	28	17	22
03-07-2013	0,0	MM	28	19	23
04-07-2013	0,0	MM	29	18	23
05-07-2013	0,0	MM	30	20	26
06-07-2013	1,0	MM	30	20	25
07-07-2013	3,4	MM	29	21	25
08-07-2013	39,4	MM	29	18	24
09-07-2013	2,0	MM	31	20	24
10-07-2013	0,2	MM	30	21	24
11-07-2013	4,2	MM	30	19	25
12-07-2013	9,2	MM	27	17	22
13-07-2013	1,0	MM	28	19	23
14-07-2013	0,0	MM	29	16	23
15-07-2013	0,0	MM	30	18	24
16-07-2013	0,0	MM	28	20	24
17-07-2013	0,0	MM	29	20	24
18-07-2013	0,8	MM	29	19	23
19-07-2013	0,0	MM	30	19	25
20-07-2013	2,4	MM	31	21	25
21-07-2013	0,0	MM	30	21	25
22-07-2013	0,0	MM	31	20	26
23-07-2013	0,0	MM	32	21	27
24-07-2013	0,0	MM	32	21	26
25-07-2013	0,0	MM	32	20	26
26-07-2013	0,0	MM	33	23	28
27-07-2013	0,0	MM	34	23	28
28-07-2013	0,0	MM	36	24	29
29-07-2013	19,8	MM	28	17	23
30-07-2013	0,0	MM	29	20	24

BIBLIOGRAFIA

- AMIN UD DIN M., MAZHAR K., HAQUE S., AHMED M., 2005.- *A preliminary report on Drosophila fauna of Islamabad (Capital, Pakistan).*- Drosophila Information Service, 88: 6-7.
- BAROFFIO C., FISCHER S., 2011.- *Neue Bedrohung für Obstplantagen und Beerenpflanzen: die Kirschessigfliege.*- UFARevue, 11: 46-47.
- BEARDSLEY JW., ARAKAKI KT., UCHIDA, KUMASHIRO BR,E PERREIRA WD.(1999). “*new records for Diptera in Hawaii*”. Record of the Hawaii Biological Survey for 1998, Part 1, pp.51-57.
- BEERS E. H., VAN STEENWYK R. A., SHEARER P. W., COATS W. W., GRANT J. A., 2011.- *Developing Drosophila suzukii management programs for sweet cherry in the Western US.*- Pest Management Science, 67: 1386-1395.
- BROWN P. H., SHEARER P. W., MILLER J. C., THISTLEWOOD H. M. A., 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, November 13-16, Reno, NV, 0325.
- BRUCK D. J., BOLDA M., TANIGOSHI L., KLINK J., KLEIBER J., DEFRANCESCO J., GERDEMAN B., SPITLER H., 2011.- *Laboratory and field comparisons of insecticides to reduce infestation of Drosophila suzukii in berry crops.*- Pest Management Science, 67: 1375 1385
- CALABRIA G., MACA J., BACHLI G., SERRA L., PASCUAL M.,2012.- *First records of the potential pest species Drosophila suzukii (Diptera: Drosophilidae) in Europe.*- Journal of Applied Entomology, 136: 139-147.
- CALABRIA G., MACA J., BACHLI G., SERRA I., PASCUAL M. 2010. “*first records of the potential pest species Drosophila suzukii (Diptera:Drosophilidae) I n Europe*”. J.Appl.Entolol
- CHUNG Y. J., 1955.- *Collection of wild Drosophila on Quelpart Island, Korea.*- Drosophila Information Service, 29: 111
- 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
- DAVID JR., ARARIPE LO., CHAKIR M., LEGOUT H., LEMOS B., PETAVY G., ROHMER C., JOLY D. E MORETEAU B.(2005). “*Male sterility at extreme temperatures: a significant but neglected phenomenon for understanding Drosophila climatic adaptation*”. Jour. Evol. Bio.18(4): 838-46

DREVES A. J., WALTON V., FISHER G., 2009.- *A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon. Spotted wing drosophila: Drosophila suzukii (Matsumura).*- Oregon State University Extension Publication EM 8991

EPPO (2010 a). "*Fachsheet: Drosophila suzukii (Diptera, Drosophilidae), spotted wing drosophila. A pest from EPPO alert list*".

EPPO (2010 b). "*First record of Drosophila suzukii in France*". EPPO Reporting Service No 6 Paris.

GRIFFO R., FRONTUTO A., CESARONI C., DESANTIS M., 2012.- *L'insetto Drosophila suzukii sempre più presente in Italia. L'Informatore Agrario*, 68 (9): 56-60.

GRASSI A., PALMIERI L., GIONGO L., 2009.- *Nuovo fitofago per i piccoli frutti in Trentino.*- Terra Trentina, 55 (10): 19-23.

GRASSI A., PALMIERI L., GIONGO L., 2012.- *Drosophila (Sophophora) suzukii (Matsumura), new pest of soft fruits in Trentino (North-Italy) and in Europe.*- IOBC/wprs Bulletin, 70: 121-128.

HAUSER M., GAIMARI S. e DAMUS M.(2009). "*Drosophila suzukii new to North America*". Fly Times 43:12-15

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.

IDEO S., WATADA M., MITSUI H., KIMURA M. T., 2008.- *Host range of Asobara japonica (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of drosophilid flies.*- Entomological Science, 11: 1-6.

ISAACS R., HAHN N., TRITTEN B e GARCIA C (2010). "*A new Invasive Pest o Michigan Fruit Crops*". MSU Extensions Bulletin E-3140

KANESHIRO K. Y., 1983.- *Drosophila (Sophophora) suzukii (Matsumura).*- Proceedings Hawaiian Entomological Society, 24: 179.

KANZAWA T., 1936.- *Studies on Drosophila suzukii Mats.*- Journal of Plant Protection (Tokyo) 23: 66-70, 127-132, 183-191. In: *Review of Applied Entomology*, 24: 315.

KANZAWA T., 1939.- *Studies on Drosophila suzukii Mats.*- Kofu, Yamanashi Agricultural Experiment Station 49 pp. In: *Review of Applied Entomology*, 29: 622.

KAWASE S., UCHINO K., TAKAHASHI K., 2007.- *Control of cherry Drosophila, Drosophila suzukii, injurious to blueberry.*- Plant Protection, 61: 205-209.

LEE J. C., BRUCK D. J., CURRY H., EDWARDS D., HAVILAND D. R., VAN STEENWYK R. A., YORGEY B. M., 2011a.- *The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, Drosophila suzukii.*- Pest Management Science, 67: 1358-1367.

LETHMAYER C., 2011.- *Gefhrliche Fliegen für Äpfel & Co.*- Bessers Obst, 12: 4-5.

LIN F. J., TSENG H. C., LEE W. Y., 1977.- *A catalogue of the family Drosophilidae in Taiwan (Diptera).*- Quarterly Journal of Taiwan Museum, 30: 345-372

MAISTRI S. 2011 *Drosophila suzukii(Matsumura)(Diptera, Drosophilidae): indagini biomolecolari e sensibilità agli attacchi di diverse cultivar di mirtillo (Vaccinium spp.)*

MASTEN MILEK T., SELJAK G., ŠIMALA M., BJELIŠ M., 2011.- *Prvinalaz Drosophila suzukii (Matsumara, 1931) (Diptera Drosophilidae) u Hrvatskoj.*- Glasilo Biljne Zaštite, 11: 377-382.

MAZZETTO F., PANSA M.G., TAVELLA L., ALMA A. 2012. *Monitoraggio e bio-etologia del fitofago esotico Drosophila suzukii.* Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Ambientali, Università degli studi di Torino. Incontro tecnico Frutticolo, Manta (CN), 11 dicembre 2012.

MITSUI H., VAN ACHTERBERG K., NORDLANDER G., KIMURA M. T., 2007.- *Geographical distributions and host associations of larval parasitoids of frugivorous Drosophilidae in Japan.*- Journal of Natural History, 41: 1731-1738.

MITSUI H., KIMURA M. T., 2010.- *Distribution, abundance and host association of two parasitoid species attacking frugivorous drosophilid larvae in central Japan.*- European Journal of Entomology, 107: 535-540.

O'GRADY P.M., BEARDSLEY J.W., PERREIRA W.D.(2002). *New records for introduced Drosophilidae (Diptera) in Hawaii.* Bishop Museum Occasionall Papers, 69: 34-35

OKADA T., 1976.- *New distribution records of the Drosophilids in the oriental region.*- Makunagi, 8: 1-8 (in Japanese).

PANSA M. G., FRATI S., BAUDINO M., TAVELLA L., ALMA A., 2011.- *Prima segnalazione di Drosophila suzukii in Piemonte.* Protezione delle Colture, 2: 108.

PARSHAD R., DUGGAL K. K., 1965.- *Drosophilidae of Kashmir, India.*- Drosophila Information Service, 40: 44

PENG F. T., 1937.- *On some species of Drosophila from China*.- *Annotationes Zoologicae Japonenses*, 16: 20-27.

PROFAIZER D., ANGELI G., TRAINOTTI D., MARCHEL L., ZADRA E., SOFIA M., IORIATTI C., 2012.- *Drosophila suzukii: valutazione di agrofarmaci ed analisi sul corretto posizionamento in campo*.- *ATTI Giornate Fitopatologiche 2012*, 1: 229-235.

STEVEN VAN TIMMEREN, RUFUS ISAACS, 2013. *Control of spotted wing drosophila, Drosophila suzukii, by specific insecticides and by conventional and organic crop protection programs*. - Department of Entomology, Michigan State University, 202 CIPS, 578 Wilson Road, East Lansing, MI 48824, USA

SASAKI M., SATO R., 1995.- *Bionomics of the cherry drosophila, Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima prefecture (Japan)*.- *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan*, 46: 164-172.

SASAKI M. e SATO R.(1996). "*Binomics of the cherry drosophila, Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Futeushima prefecture(Japan)*". *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan*. 46:164-172

SELJAK G., 2011.- *Spotted wing Drosophila, Drosophila suzukii (Matsumura), a new pest of berry-fruit in Slovenia*.- *Sadjarstvo*, 22 (3): 3-5.

SMYTH MJ.e SAVERIMUTTU N.(2010). "*Verification visit to the USA; Drosophila suzukii*". *Trip Report*, Biosecurity services Group, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry..

SÜSS L., COSTANZI M., 2011.- *Presence of Drosophila suzukii (Matsumura, 1931) (Diptera Drosophilidae) in Liguria (Italy)*. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 42: 185-188.

TODA M.J. 1991. *Drosophilidae(Diptera) in Myanmar (Burma) VII. The drosophila melanogaster species group, excepting the D.montium species subgroup*. *Oriental Insects*, 25: 69-94

UNCKLESS R. L., 2011.- *A DNA virus of Drosophila*.- *PLoS ONE*, 6 (10): e26564.

VLACH J.2010. *Identifying Drosophila suzukii*. Oregon Department of Agriculture.

VET L. E. M., JANSE C., VAN ACHTERBERG C., VAN ALPHEN J. J. M., 1984.- *Microhabitat location and niche segregation in two sibling species of drosophilid parasitoid: Asobara tabida (Nees) and A. rufescens (Foerster) (Braconidae: Alysiinae)*.- *Oecologia*, 61: 182-188.

VREYSEN M. J., HENDRICHS J., ENKERLIN W. R., 2006.- *The sterile insect technique as a component of sustainable areawide integrated pest management of selected horticultural insect pests*.- *Journal of Fruit Ornamental Plant Research*, 14: 107-131.

VOGT H., BAUFELD P., GROSS J., KOPLER K., HOFFMANN C., 2012.- *Drosophila suzukii*: eine neue bedrohung für den Europäischen obst- und weinbau – bericht über eine international tagung in trient, 2, Dezember 2011.- Journal für Kulturpflanzen, 64: 68-72.

WALSH D. B., BOLDA M. P., GOODHUE R. E., DREVES A. J., LEE J. C., BRUCK D. J., WALTON V. M., O'NEAL S. D., 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, 1: 1-7.

ZINDEL R., GOTTLIEB Y., AEBI A., 2011.- *Arthropod symbioses: a neglected parameter in pest- and disease-control programmes*.- Journal of Applied Ecology, 48: 864-872.

http://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/Drosophila_suzukii_factsheet_12-2010.pdf

BURRACK H. "NC Small Fruit, Specialty Crop, and Tobacco IPM Blog" North Carolina University
<http://ncsmallfruitsipm.blogspot.com/p/spotted-wing-drosophila.html>

EOL(2011). Encyclopedia of Life
<http://eol.org/pages/768775/overview>

HAMILTON K. "Wisconsin Pest Bulletin"
<http://datcpservices.wisconsin.gov/pb/pests.jsp?categoryid=32&issued=155>.

STECK G., DIXON W. E., DEAN D. (2009). "Spotted wing Drosophila. *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), a fruit Pest New to North America"
http://www.freshfromflorida.com/pi/enpp/ento/drosophila_suzukii.html

Mitsui H., Kimura M.
http://www.agrireseau.qc.ca/lab/documents/CI%C3%A9_Identification_Drosophila_suzukii.pdf

<http://www.agraria.org/coltivazioniarboree/ciliegio.htm>

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare anzitutto il mio relatore Nicola Mori per la disponibilità che mi ha concesso e la passione che mi ha saputo trasmettere.

Sono grato allo staff di Agrea srl., per aver concessomi la possibilità, i mezzi e le competenze per affrontare il lavoro sperimentale.

Un ringraziamento dovuto va anche ai tecnici del Mercato Frutticoltori di Marano, con cui ho collaborato sul territorio, e in particolare al presidente Daniele Lonardi, che mi ha offerto interessanti spunti circa difesa e gestione delle colture diffuse nell'areale.

Ringrazio Riky, Luca e coloro che mi hanno dato una mano a terminare questo elaborato.

Un saluto lo mando ai miei amici e ai compagni di questi anni di studi e di feste universitarie, in particolare Chiara, Luca, Mocio, Davide, Isma e Giulio.

Un bacio a Gloria, che ogni giorno mi ha incoraggiato.

Un abbraccio speciale va infine ai miei genitori e alla mia famiglia, che mi ha sempre appoggiato ed è stata vicina a me.

