



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI SCIENZE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

CORSO DI LAUREA IN “SCIENZE E TECNOLOGIE PER L’AMBIENTE”

**INFLUENZA DELLA DIETA SU LONGEVITÀ E FECONDITÀ DELLA
MOSCA DELL’OLIVO NEGLI ALLEVAMENTI MASSALI**

Influence of diet on the longevity and fecundity of the olive fly in mass rearing

Relatore:

Prof. Luca Mazzon

Correlatore:

Dott. Marco Falasco

Laureando:

Emanuele Castegnaro

2041731

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	Bactrocera oleae	1
1.1.1	Classificazione	1
1.1.2	Morfologia e ciclo biologico	1
1.1.3	Simbiosi con <i>Candidatus Erwinia dacicola</i>	3
1.1.4	Dinamica di popolazione e riproduzione	4
1.1.5	Diffusione e danni	5
1.2	Allevamenti massali e strategie di controllo	7
1.2.1	Azione e valutazione infestazioni	7
1.2.2	Lotta genica	8
1.2.3	Lotta biologica e agronomica	8
1.2.4	Lotta chimica e mezzi di difesa	9
1.2.5	Controllo simbiotico	10
2	SCOPO DELLA TESI	11
3	MATERIALI E METODI	12
3.1	Popolazione di <i>B. oleae</i> impiegata per la prova	12
3.2	Dieta	13
3.3	Monitoraggio	13
3.4	Analisi dati	14
4	RISULTATI	15
5	DISCUSSIONE E CONCLUSIONE	23
6	BIBLIOGRAFIA	25
7	RINGRAZIAMENTI	29

RIASSUNTO

La mosca dell'olivo, *Bactrocera oleae*, è un dittero appartenente alla famiglia Tephritidae ed è considerata uno dei principali fitofagi che danneggiano le coltivazioni di olivo nel Mediterraneo e nel mondo. Lo stadio larvale è lo stadio dannoso poiché le larve si nutrono dell'interno delle drupe. L'adulto si nutre invece di sostanze zuccherine, proteiche e della linfa delle olive ed ha rapida capacità riproduttiva e resistenza agli insetticidi. In questa tesi si è valutata l'influenza di diete diverse (solida e liquida) sulla longevità e sulla fecondità di *Bactrocera oleae* negli allevamenti massali. Gli allevamenti massali sono fondamentali per la messa a punto di varie strategie di controllo dell'insetto. L'esperimento ha previsto diverse repliche per ciascun tipo di dieta. Le diete testate hanno incluso una dieta solida combinata con acqua e una soluzione zuccherina satura. La longevità è stata valutata monitorando il tempo di vita degli adulti, mentre l'analisi della fecondità è stata valutata sul numero di uova deposte su olive. Le informazioni raccolte nel presente lavoro saranno importanti nell'ottica del miglioramento delle tecniche di allevamento massale dell'insetto.

Abstract

The olive fruit fly, *Bactrocera oleae*, is a dipteran insect belonging to the Tephritidae family and is considered one of the main phytophagous insects that damage olive crops in the Mediterranean and worldwide. The larval stage is the harmful stage since the larvae feed on the inside of the drupes. The adult feeds on sugary substances, proteins and olive sap and has rapid reproductive capacity and resistance to insecticides. In this thesis, the influence of different diets (solid and liquid) on the longevity and fecundity of *Bactrocera oleae* in mass farming was evaluated. Mass farming is essential for the development of various insect control strategies. The experiment included several replicates for each type of diet. The tested diets included a solid diet combined with water and a saturated sugar solution. Longevity was assessed by monitoring the lifespan of adults, while fecundity analysis was assessed on the number of eggs laid on olives. The information collected in this work will be important in the perspective of improving mass rearing techniques of the insect.

1 INTRODUZIONE

1.1 *Bactrocera oleae*

1.1.1 Classificazione

Bactrocera oleae (Diptera: Tephritidae), detta anche mosca dell'olivo, è un parassita frugivoro monofago che si nutre esclusivamente di specie di *Olea*. Tra le specie di *Olea* *verrucosa*, *Olea chrysophylla*, *Olea ferrugineae*, più universalmente *Olea europaea*, vengono attaccati da questo dittero (Malheiro et al., 2015). La famiglia Tephritidae comprende circa 4500 specie diffuse in aree tropicali, temperate e subtropicali. Si individuano tre sottofamiglie: *Dacinae*, *Trypetinae* e *Tephritinae*. I *Dacinae* sono specie carpofighe che svolgono in parte il loro ciclo all'interno del frutto mentre lo stadio pupa avviene nello stesso frutto o nel terreno. Un'ulteriore divisione di questa sottofamiglia si basa su urotergiti fusi o separati (Rotundo e Germinara).

1.1.2 Morfologia e ciclo biologico

La mosca dell'olivo è un insetto olometabolo e presenta 4 stadi: uovo, larva, pupa e adulto (Bagnoli e Iannotta, 2012). Le uova di *Bactrocera oleae*, ospitate sotto l'epidermide dell'olivo sono protette dalla maggior parte dei nemici naturali (Figura 1.1.2 A). Hanno un colorito bianco opaco, 0,12-0,18 mm di larghezza e 0,7-1 mm di lunghezza. Sono lisce, fusiformi e dotate di un piccolo tubercolo micropilare biancastro essenziale per la respirazione dell'embrione (Tremblay, 2005). Dopo la schiusa, le larve di *B. oleae* si nutrono in modo monofago della polpa dell'oliva ospite. Le larve sono apode, verso l'estremità cefalica la forma diventa più sottile. Da questa estremità si protraggono mandibole nere a uncino (Tremblay, 2005). Nel ciclo di vita della mosca esistono tre stadi larvali con differenti caratteristiche e dimensioni. La prima età quasi trasparente caratterizzata da una lunghezza 1-2 mm, (Ricciolini e Rizzo, 2010) la seconda età larvale presenta 3-4 mm di lunghezza, una forma cilindrica e un colorito bianco-giallastro. La terza fase (Figura 1.1.2 B) ha una estremità anteriore appuntita mentre quella posteriore tondeggiante, la lunghezza è di 7-8 mm e una forma conica e allungata (Bagnoli e Iannotta, 2012). Una delle differenze sostanziali che diversifica la prima età dalle altre è il sistema metapneustico in cui riporta solamente un paio di stigmi respiratori sul segmento addominale finale mentre la seconda

e la terza fase presentano un paio di stigmi protoracici oltre che a quelli sull'ultimo segmento addominale (anfipneustiche) (Ricciolini e Rizzo, 2010).

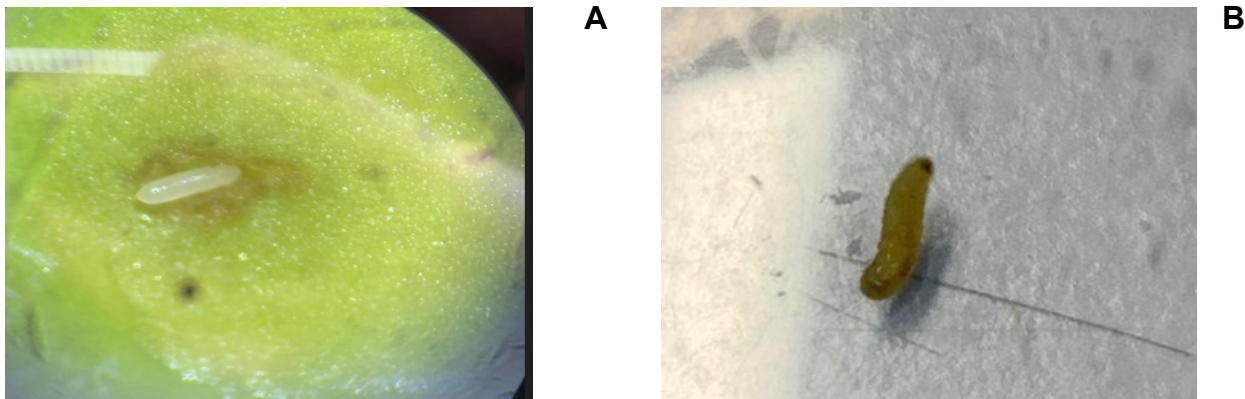


FIGURA 1.1.2 A: Uovo di mosca(foto di Emanuele Castegnaro); **B:** larva di terza generazione (foto di Emanuele Castegnaro)

La mosca sverna come pupa nel terreno (Ricciolini e Rizzo, 2010) o nel periodo invernale all'interno del pupario nell'oliva (Bagnoli e Iannotta, 2012). La pupa ha una forma ellittica e una colorazione variabile dal bianco crema al giallo ocra (Figura 1.1.2 C) di dimensione tra 3,5 x 1,4 mm a 4,5 x 2 mm (Bagnoli e Iannotta, 2012). L'Adulto (Figura 1.1.2 D) presenta una lunghezza di 4-5 mm e una larghezza 11-12 mm, la morfologia dell'addome permette l'identificazione dei due sessi; i maschi sono più minuti e tondeggianti, le femmine presentano un addome più romboidale, con un ovopositore di 1 mm nerastro. Il capo è di colore giallo fulvo con occhi verde metallico, le antenne sono più ridotte rispetto al capo e di tonalità bruna, il terzo antennomero è di ugual misura rispetto agli altri e reca alla base una lunga arista. Le ali sono ialine con piccola macchia nera nella parte apicale e presentano tenui riflessi iridescenti (Bagnoli e Iannotta, 2012). Nel torace grigio si evidenziano tre linee longitudinali tendenti al nero e si presenta uno scutello giallo (Rotundo e Germinara, 2014). L'addome fulvo è caratterizzato nei primi quattro segmenti da due tacche nere di dimensione variabile (Bagnoli e Iannotta, 2012). Gli adulti hanno un apparato detto lambente-succhiante (Tremblay, 2005), si nutrono di una varietà di fonti organiche, tra cui melate di insetti, essudati di frutta ed escrementi di uccelli (Ben-Yosef et al., 2014).

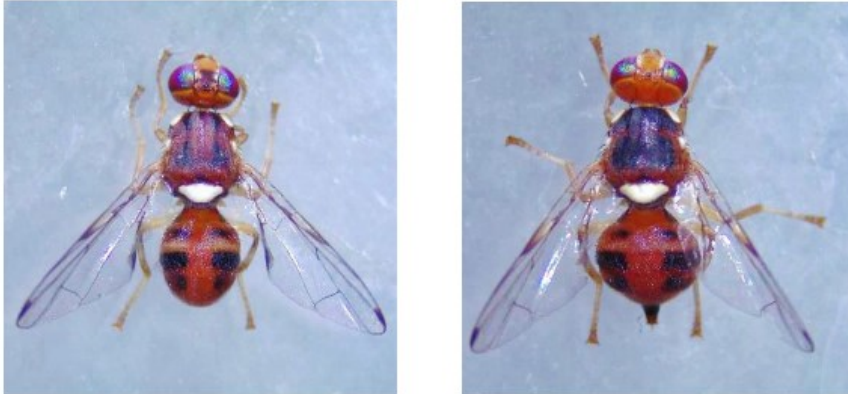
C**D**

FIGURA 1.1.2 C: pupe di mosca delle olive (Foto di Emanuele Castegnaro) **D:** Foto adulti maschio (sinistra) femmina (destra) (Foto di Federico Marangoni)

1.1.3 Simbiosi con *Candidatus Erwinia dacicola*

Lionello Petri fu il primo a descrivere la simbiosi batterica nella mosca dell'olivo, identificando un adattamento morfologico nel sistema digerente dell'insetto per ospitare un batterio (Petri, 1909). Questa struttura, inizialmente chiamata vescicola cefalica, divenne nota come "bulbo esofageo" (Capuzzo et al., 2005; Sacchetti et al., 2008). Petri ipotizzò che il batterio fosse *Pseudomonas savastanoi*, ma tale identità fu messa in discussione nel 1972 (Girolami e Cavalloro). Solo nel 2005, grazie alle tecniche di sequenziamento del 16s RNA batterico, Capuzzo et al. identificarono la specie come *Candidatus Erwinia dacicola* (Capuzzo et al., 2005). Questo simbiote è essenziale per la sopravvivenza delle larve nelle drupe, fornendo enzimi proteolitici per la digestione (Capuzzo et al., 2005; Sacchetti et al., 2008). La simbiosi supporta anche gli adulti, migliorando la loro fitness e contribuendo alla sintesi degli aminoacidi e alla produzione di uova nelle femmine (Ben-Yosef et al., 2014).

1.1.4 Dinamica di popolazione e riproduzione

La specie è definita ****omodinama****, ovvero capace di svilupparsi durante tutto l'anno, a condizione che le condizioni ambientali e alimentari siano favorevoli. Tuttavia, tende a presentare due distinti picchi riproduttivi: uno verso la fine dell'estate e l'altro alla fine dell'inverno (Bagnoli e Iannotta, 2012). Nel Mediterraneo, la specie è presente ovunque si coltivi l'olivo o cresca l'olivastro. Fenologia e densità di popolazione variano in funzione del clima e delle pratiche agricole locali. Il ciclo biologico si interrompe stagionalmente in modo diverso: in inverno nelle aree settentrionali, in inverno ed estate al Centro e solo in estate al Sud, seguendo i gradienti di latitudine e altitudine (Ricciolini e Rizzo, 2010). Importante è il "periodo bianco" dove la popolazione è costituita unicamente da adulti. Questa condizione si presenta nel periodo primaverile-estivo quando non si ha la presenza di frutti recettivi nelle piante (Ricciolini e Rizzo, 2010). Settembre e ottobre sono i periodi più favorevoli per la deposizione (Giacalone, 2011). Per l'ovideposizione, la femmina di *Bactrocera oleae* sceglie il frutto e vi crea il sito di deposizione, perfora l'epidermide, aspira il succo fuoriuscito in superficie e depone l'uovo. (Ricciolini e Rizzo, 2010). La puntura caratteristica nell'oliva è generalmente una macchia triangolare marrone di misura 1-1,5 mm (Figura 1.1.3 A) (Giacalone, 2011). L'ovideposizione comporta la marcatura dell'oliva, rendendola repellente per altre femmine per un periodo, a causa di un prodotto di degradazione dell'oleuropeina. Tuttavia, anche in caso di bassa infestazione, più uova possono essere deposte sulla stessa oliva (Ricciolini e Rizzo, 2010). Il periodo di incubazione varia a seconda della stagione: in estate dura 2-4 giorni, in autunno 10 giorni, e in inverno 12-19 giorni. In laboratorio, lo sviluppo è influenzato dalla temperatura: 15-18 giorni a 10 °C e 2-4 giorni a 30 °C. Il range termico per lo sviluppo in natura varia tra 6-8,2 °C (inferiore) e 34-35 °C (superiore). A temperatura costante, lo sviluppo larvale dura 12-13 giorni a 18 °C e 9-14 giorni a 25 °C. Le larve possono tollerare temperature prossime a zero per brevi periodi, mentre la temperatura massima sostenibile è sotto i 30 °C, con un incremento della mortalità, in particolare durante la prima fase larvale. Lo stadio pupale richiede 11 giorni a 25 °C, mentre in natura la durata varia: 10-12 giorni in estate e 13-29 giorni in autunno, con una soglia termica tra 8-9,5 °C e circa 36 °C. Gli adulti sopravvivono a temperature prossime allo zero per alcune ore e possono resistere a temperature superiori a 40 °C per brevi periodi. Le attività fenologiche si svolgono normalmente tra i 16 e i 30 °C (Ricciolini e Rizzo, 2010). Un altro fattore che incide sulla popolazione del dittero è l'umidità la quale all'interno delle chiome degli alberi crea condizioni ideali per la riproduzione e diminuisce l'effetto negativo delle temperature (Giacalone, 2011). L'attività sessuale è svolta nelle ultime tre-quattro ore

di luce del giorno con un ritmo endogeno e con l'uso di ferormoni e stimoli visivi e acustici fra i sessi (Ricciolini e Rizzo, 2010). Le femmine, in condizioni di laboratorio, possono riprodursi da una a tre volte per questo vengono dette oligogame d'altra parte i maschi poligami, si riproducono giornalmente in base alla disponibilità di femmine recettive (Ricciolini e Rizzo, 2010). Il numero di uova deposte in media per femmina è dell'ordine di alcune centinaia. In natura, tuttavia, tale valore è di solito notevolmente più basso (Ricciolini e Rizzo, 2010).



Figura 1.1.3 : puntura di *Bactrocera oleae*

1.1.5 Diffusione e danni

La distribuzione della mosca dell'olivo comprende la maggior parte delle aree in cui gli olivi sono coltivati o sono autoctoni. Questo dittero, originario dell'Africa si è diffuso nel bacino del Mediterraneo ma segnalazioni indicano la presenza in altre parti del mondo come Medio Oriente, California e America centrale (Nardi et al., 2005). Le aree di diffusione naturale del dittero nel Mediterraneo si dividono:

- zone litorali, (dette *Pandacie*), dove si presenta un clima mite e vegetano olivi selvatici e piante di grandi dimensioni di cultivar diverse, nelle quali l'insetto si riproduce annualmente e tutti gli anni con eguale intensità;

- zone interne o di alta collina (dette *Merodacie*), in cui le piante di olivo sono di dimensione ridotta e non presentano gli olivastri, il dittero ha difficoltà nella riproduzione annuale e nel decorrere degli anni;
- zone situate ai limiti dell'areale stesso a nord un esempio è la conca del lago di Lugano, ambienti particolarmente aridi a sud come parte dell'Egitto e del Sinai fanno parte di questa fascia dette *Adacie* dove è sempre priva del dittero (Giacalone, 2011).

I danni sono diversificati in base allo stadio di sviluppo del dittero. La fase larvale è quella che danneggia direttamente l'oliva. La larva si nutre e crea gallerie nel frutto causando la distruzione della polpa (Figura 1.1.4 A) e facilitando l'ingresso di un'infestazione secondaria di batteri e funghi che provoca marcescenza della drupa e aumentando il livello notevole di acidi grassi liberi che portano ad acidità. L'acidità è uno degli effetti indiretti risultanti da una serie di alterazioni biochimiche nell'oliva con conseguenze drammatiche sulla qualità dell'olio (Caruso, 2011; Giansante et al., 2021) La presenza di questo eccesso di acidi porta alla caduta prematura dei frutti e danni all'alimentazione e produzione di olio. (Vossen et al., 2006). Altri effetti rilevanti includono l'abbassamento dei polifenoli, l'aumento dei valori delle costanti spettrofotometriche K, il viraggio del colore a giallo paglierino e il numero di perossidi, indice dello stato di ossidazione delle sostanze grasse che aumentano durante le infestazioni (Figura 1.1.4 B) (Bagnoli e Iannotta, 2012). Inoltre, l'infestazione incide su diversi parametri fisico-chimici, come le dimensioni, la colorazione, la durezza e il peso delle drupe, nonché sul contenuto di olio e sui minerali presenti (Garantonakis et al., 2016). Tali fattori dipendono dalla gravità dell'infestazione, dalle diverse cultivar, dal momento della raccolta e dalla tempistica di stoccaggio prima della spremitura (Torres-Villa et al., 2003; Pereira et al., 2004). Secondo Garantonakis et al., (2016) le infestazioni più problematiche si presentano su cultivar che hanno una ricca presenza di potassio, il quale risulta importante per la crescita della larva nelle olive. Le soglie di danno sono diverse in base all'utilizzo dell'oliva. Diversamente dalle olive destinate alla produzione di olio, per le quali risulta complesso stabilire soglie precise di dannosità (Caleca, 2012), nell'olivicoltura da mensa tali soglie sono ben definite e quantificate. Esse si riferiscono agli standard qualitativi stabiliti da enti nazionali e internazionali: le norme del Codex Alimentarius (1998) permettono una percentuale di fori di uscita compresa tra il 2% e il 10% (Caleca, 2012).

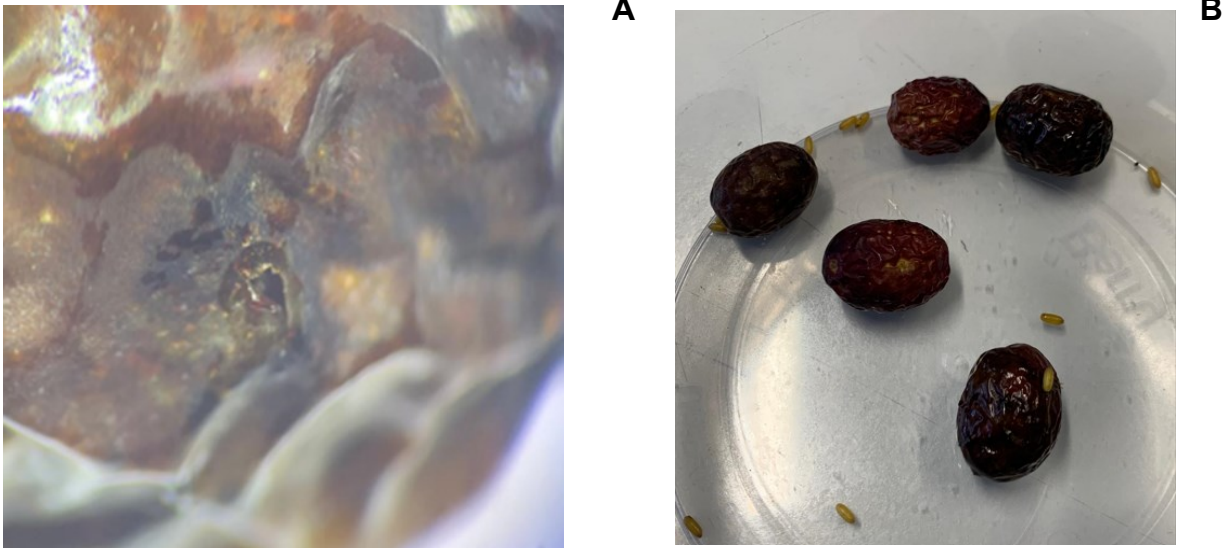


Figure 1.1.4 A: foro di uscita larva; **B:** olive ossidate causa infestazione

1.2 Allevamenti massali e strategie di controllo

1.2.1 Azione e valutazione infestazioni

L'osservazione della presenza del dittero viene effettuata con molta accuratezza utilizzando diversi metodi di cattura (Caleca et al., 2012). I dispositivi messi in atto per il controllo si dividono in tre tipologie:

- 1) alimentari: costituite da sostanze zuccherine, sali ammoniacali o proteine idrolizzate;
- 2) visive: cromotropiche di colore gialle;
- 3) sessuale: attraverso l'utilizzo di sostanze a ferormoni, come il *1,7-dioxaspiro [5,5] undecano* (Bagnoli e Iannotta, 2012).

Una metodologia più attendibile è valutare l'infestazione attraverso il campionamento ed osservazione accurata tramite stereoscopio di stadi giovanili della mosca all'interno della drupa così da ottenere dati omogenei e accettabili (Caleca et al., 2012).

1.2.2 Lotta genica

L'ingente impatto economico della mosca dell'olivo, unito al massiccio ricorso agli insetticidi per il suo contenimento, ha portato a proporre la tecnica dell'insetto sterile (SIT) come strategia di controllo. Questa tecnica, già applicata con successo negli Stati Uniti contro il verme della vite *Cochliomyia hominivorax* (Baumhover et al., 1955), sembrava una soluzione adatta anche per la gestione della mosca dell'olivo. Tra gli anni '50 e gli anni '80, la ricerca si è concentrata su diversi aspetti chiave, tra cui la biologia del parassita, l'allevamento in laboratorio, i metodi di sterilizzazione, il controllo della qualità e la realizzazione di test pilota sul campo. Tuttavia, nonostante i rilasci di maschi sterilizzati mediante raggi gamma per accoppiarsi con femmine selvatiche, l'applicazione pratica della SIT non ha avuto esiti positivi. Le difficoltà principali riguardavano i costi elevati e la complessità del processo di allevamento su larga scala, oltre alla qualità insufficiente degli esemplari prodotti, portando infine all'abbandono di questa tecnica (Economopoulos, 1972; Economopoulos et al., 1978, 1982; Economopoulos, 2002, Estes et al., 2012).

1.2.3 Lotta biologica e agronomica

In California, l'utilizzo di parassitoidi esotici e autoctoni hanno dimostrato una migliore efficacia sulle infestazioni di *Bactrocera oleae*. Al contrario, in Italia nonostante molti studi condotti, la lotta biologica ha prodotto risultati soddisfacenti contro il tefritide, principalmente a causa dell' assenza di un parassitoide specifico. Il progetto "SIDIO" (Bagnoli, 2011) è riuscito tramite *Psytalia concolor* a parassitizzare la larva di primo e secondo stadio solamente nelle zone costiere della Toscana (Bagnoli e Iannotta, 2012). L'utilizzo di funghi entomopatogeni come *Beauveria bassiana*, ha prodotto effetti positivi contro la mosca dell'olivo quando applicato sulla chioma. Il trattamento consigliato viene svolto in ottobre dove si presenta una condizione favorevole di umidità per la proliferazione del fungo (Caleca et al., 2012). Una tecnica agronomica utilizzata attualmente da molti olivicoltori italiani è la raccolta anticipata delle olive e nella spremitura dell'olio entro 24 ore, con l'obiettivo di limitare i danni causati dalle infestazioni (Caleca et al., 2012). Un altro mezzo di lotta agronomica è la scelta di cultivar con una ridotta suscettibilità agli attacchi del tefritide caratterizzate da un contenuto modesto di molecole come oleuropeina e cianidina che svolgono una azione inibitrice sullo sviluppo della larva di prima età e limitano la produzione di sostanze attrattive per le femmine (Bagnoli e Iannotta, 2012).

1.2.4 Lotta chimica e mezzi di difesa

Un mezzo di lotta tuttora utilizzato è quello chimico, nonostante le normative sempre più stringenti sui prodotti utilizzati. La difesa chimica si differenzia in base allo stadio fenologico della mosca. La lotta larvicida, detta curativa, prevede l'uso di principi attivi che agiscono anche su infestazioni in atto e deve essere eseguita in base a soglie di danno. I principi attivi di sintesi più utilizzati sono dimetoato, Phosmet, imidacloprid, che, agendo all'interno della drupa, rendono tossica la polpa neutralizzano larve e le uova (Caleca et al, 2012). Tuttavia, due di questi prodotti, Imidacloprid (Dallago e Baldessari, 2018) e dimeatoato (Gucci et al., 2020), sono stati banditi a causa di rischi tossicologici, dell'impatto ambientale e degli effetti negativi su specie non target (Bagnoli e Iannotta, 2012). Un altro approccio è la lotta adulticida o preventiva, che mira a colpire gli esemplari adulti per prevenire l'attacco alle drupe. Questo tipo di intervento si realizza attraverso l'uso di esche avvelenate applicate sulla chioma utilizzate anche in lotta biologica oppure con dispositivi come *"Attract and kill"* in ampie superficie o aree isolate di circa due ettari (Caleca et al, 2012). Un'ulteriore tecnica è l'autocidio, sul disorientamento maschile e sulla confusione sessuale mediante ferormoni. In Italia i dispositivi più utilizzati sono Eco-Trap Vioryl (sacchetto contenente polietilene con deltametrina, bicarbonato di ammonio e ferormoni sessuali), e Magnet-Oli AgriSense (cartone trattato con ferormoni sessuali, diffusore di ammoniaca e lambda-cialotrina) (Bagnoli e Iannotta, 2012). Altre tecniche includono l'uso di esche proteiche come spintor-fly che contiene spinosad un principio attivo derivante dal batterio *Saccharopolyspora spinosa* che agisce per ingestione (Caleca et al, 2012). Infine, l'impiego di argille, in particolare il caulino, ha lo scopo di mascherare i frutti rendendoli meno attrattivi per gli adulti. Anche il rame viene utilizzato per la sua azione repellente e per favorire l'indurimento della cuticola dell'oliva al momento dell'ovideposizione (Ricciolini e Rizzo, 2010).

1.2.5 Controllo simbiotico

Con il crescente approfondimento dell'ecologia microbica della mosca dell'olivo, emergono nuove possibilità per sviluppare strategie di lotta più efficaci e sostenibili (Sacchetti et al., 2016). Sebbene i progressi nella comprensione del rapporto tra *B. oleae* e il suo endosimbionte primario *Ca. Erwinia dacicola* siano significativi, è necessario perfezionare le strategie basate sul controllo simbiotico (Bigiotti et al., 2020). Tra le sostanze già utilizzate per interrompere tale simbiosi vi è il rame. I prodotti rameici interferiscono con la "dinamica di infestazione, eliminando il batterio simbiote e aumentando la mortalità embrionale e larvale oltre all'azione deterrente nei confronti della femmina nei frutti trattati" (Capuzzo et al., 2005). Recentemente, un altro prodotto che ha mostrato una buona attività antimicrobica è il Dentamet®, un biocomplesso a base di zinco, rame e acido citrico, che presenta caratteristiche promettenti nel controllo simbiotico (Checchia, 2021).

2 SCOPO DELLA TESI

Bactrocera oleae causa notevoli perdite economiche. L'allevamento in laboratorio di questa specie è essenziale per l'esecuzione di studi sulla sua biologia, sulle simbiosi batteriche e per la messa a punto di tecniche e strategie di controllo. Da tempo, inoltre, si cerca di mettere a punto metodi di allevamento massale per l'applicazione della Tecnica del Maschio Sterile (SIT). Scopo del seguente lavoro è stato quello di mettere a confronto fecondità, longevità di una popolazione di laboratorio di *B. oleae* alimentata con due diverse diete:

- Dieta solida a base di zucchero e lievito;
- Dieta liquida a base di soluzione zuccherina satura;

3 MATERIALI E METODI

3.1 Popolazione di *B. oleae* impiegata per la prova

L'intera sperimentazione si è svolta nei laboratori di Entomologia del dipartimento (DAFNAE) dell'Università di Padova. Gli esemplari di *Bactrocera oleae* impiegati nella sperimentazione sono stati ottenuti da olive infestate prelevate in Abruzzo (Comune di Fossacesia, Chieti). Per le sperimentazioni sono state usate gabbie cilindriche con pareti in plexiglass trasparenti dotate di due tappi alle estremità, entrambi provvisti di rete. Uno dei tappi presentava un'apertura che permetteva il trasferimento delle mosche senza la necessità di rimuovere il tappo stesso (Figure 3.1).

Le mosche utilizzate per la sperimentazione, sfarfallate da olive infestate il 16/10/2024, sono state inserite nelle gabbie il medesimo giorno per l'inizio delle prove. In ogni gabbia sono stati inseriti 8 esemplari, (4 femmine e 4 maschi). Per ciascuna delle due diete (liquida o solida) complessivamente sono state condotte 5 repliche (= gabbie) per un totale di 40 mosche per dieta.

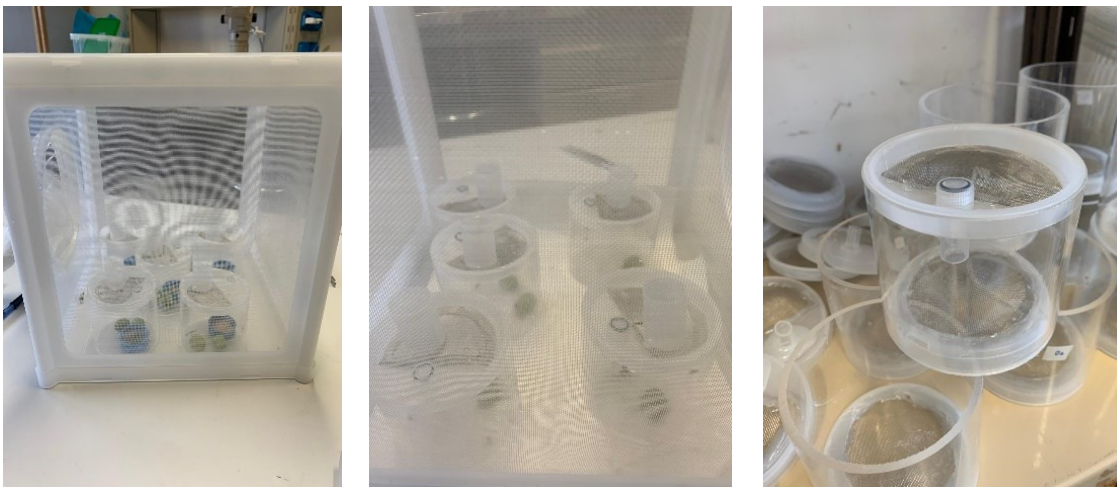


FIGURE 3.1: Gabbie impiegate per l'esecuzione delle sperimentazioni

3.2 Dieta

Le diete prese in considerazione sono due:

1. Dieta solida: costituita da una miscela di 4 grammi composta da $\frac{1}{4}$ di lievito da cucina e $\frac{3}{4}$ di zucchero, inserita all'interno di un tappo di bottiglia nel fondo delle gabbie per l'allevamento.
2. Dieta liquida: costituita da soluzione satura di acqua e zucchero, la soluzione è stata posizionata tramite pipetta nella parte superiore delle gabbie, permettendo al liquido di distribuirsi per capillarità lungo la superficie della rete stessa.

Ogni gabbia è stata dotata inoltre di abbeveratoi delle medesime dimensioni utilizzati per permettere l'idratazione delle mosche. L' acqua e le diete venivano sostituite con cadenza settimanale(Figura 3.2).



FIGURA 3.2: abbeveratoio impiegato per l'idratazione delle mosche nelle gabbie (foto di Emanuele Castegnaro)

3.3 Monitoraggio

La sperimentazione si è svolta in laboratorio a umidità e temperatura ambiente. Per ciascuna delle due diete è stata messa a confronto la longevità e la fecondità degli insetti. La longevità è stata valutata mediante osservazioni condotte mediamente ogni due giorni. Ad ogni osservazione veniva registrato il numero di esemplari morti distinti per sesso e per replicazione. Al fine di valutare la fecondità, in ciascuna gabbia, con la stessa tempistica della longevità, sono state inserite due olive sane(provenienti da olivi non trattati situati nel comune di Galzignano, PD), che venivano rimosse dopo tre ore. Una delle due olive veniva

impiegata per la valutazione del numero di pupe ottenute e degli eventuali successivi sfarfallamenti (oliva 1). La rimanente oliva veniva quindi utilizzata per il conteggio delle uova deposte con l'ausilio di uno stereoscopio (oliva 2). A tal fine veniva posta all'interno di contenitori non ermetici(8 mm di altezza e 11mm di diametro) (Figure 3.3 A,B). In entrambe le drupe impiegate si è inoltre conteggiato il numero delle punture presenti. Le olive utilizzate per la prova sono state raccolte in oliveti non trattati situati sui Colli Euganei nella frazione di Valsanzibio (Galzignano Terme, PD). Prima del loro impiego sono state accuratamente osservate allo stereoscopio al fine di escludere eventuali deposizioni già avvenute in natura. Tutte le olive sane così ottenute, senza segni di puntura, sono state conservate in cella a temperatura controllata a 3°C. Olive con segni di puntura, marcescenza o altri danni sono state scartate.



A



B

FIGURA 3.3 A, B: contenitori impiegati per valutare gli sfarfallamenti delle olive infestate ottenute nella sperimentazione(foto di Emanuele Castegnaro)

3.4 Analisi dati

I dati raccolti, relativi alla mortalità, al numero di punture, numero di uova e degli eventuali sfarfallamenti sono stati impiegati per la valutazione dell' effetto delle due diete. Per quanto riguarda le analisi statistiche si è confrontato attraverso l'utilizzo di un modello di regressione lineare (ANOVA ad una via) la differenza tra maschi, femmine e totali nelle due diete. Lo stesso metodo è stato utilizzato per confrontare le variabili del numero di punture, nelle uova e anche per il tasso di impupamento.

4 RISULTATI

Tra gli 80 esemplari di mosca delle olive utilizzati in totale per la sperimentazione, si evidenzia mortalità, benché ridotta lungo tutto il periodo della prova. Si riscontra che tra le due diete il numero di morti sia minore per la dieta solida rispetto a quella liquida anche se il numero di mortalità sia esiguo. . Inoltre, gli andamenti di mortalità risultano simili sia tra i maschi che tra le femmine e nel totale degli esemplari osservati, poiché seguono lo stesso trend, nonostante la leggera differenza riscontrata tra la dieta solida e quella liquida. Il test ANOVA non mostra differenze significative tra le due diete, valutate sulla mortalità totale degli individui, sugli individui maschi, e sugli individui femmine (tabella 4.1; tabella 4.2; tabella 4.3; figura 4.3; grafici 4.3 A,B,C). La fecondità valutata come numero medio di punture per oliva. Numero medio di uova per oliva, e numero medio di pupe per puntura per oliva, mostra un aumento significativo nella dieta solida rispetto alla dieta liquida. Entrambe le diete hanno mostrato un numero significativo di punture e di uova per oliva. L'ANOVA ha evidenziato un *p < 0.05 sulle olive utilizzate per la valutazione del numero di pupe (oliva 1), **p < 0.01 sulle olive impiegata per il conteggio delle uova (oliva 2), **p < 0.01 sulle uova deposte e **p < 0.01 sul numero di pupe. Anche gli andamenti delle punture medie totali, del numero medio di uova e del numero medio di pupe per puntura, in entrambe le diete, evidenziano lo stesso trend, mostrando una performance significativamente superiore da parte della dieta solida rispetto alla dieta liquida. (tabella 4.4; tabella 4.5; tabella 4.6; figura 4.6; grafici 4.6 A,B; tabella 4.7 A,B; grafico 4.7.

DIETA LIQUIDA	A1			A2			A3			A4			A5			MORTI TOTALI		
	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali
DATA																		
16-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
28-ott	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
30-ott	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	3
04-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
06-nov	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
08-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
15-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morti totali	2	2	4	0	0	0	1	1	2	0	0	0	3	0	3	6	3	9

TABELLA 4.1: Dati di mortalità raccolti nel corso della prova per ciascuna data e replicazione nella tesi: dieta liquida.

DIETA SOLIDA	B1			B2			B3			B4			B5			MORTI TOTALI		
	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali	maschio	femmina	totali
16-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
28-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30-ott	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-nov	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	4
06-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-nov	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
13-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Morti totali	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	3	7

TABELLA 4.2: Dati di mortalità raccolti nel corso della prova per ciascuna data e replicazione nella tesi: dieta solida.

	MASCHI	FEMMINE	TOTALI		MASCHI	FEMMINE	TOTALI
A1	2	2	4	B1	3	1	4
A2	0	0	0	B2	0	0	0
A3	1	1	2	B3	0	0	0
A4	0	0	0	B4	0	1	1
A5	3	0	3	B5	1	1	2
Totale	6	3	9	Totale	4	3	7
Media	1,2	0,6	1,8	Media	0,8	0,6	1,4
Varianza (s ²)	1,7	0,8	3,2	Varianza (s ²)	1,7	0,3	2,8
Deviaz.st.(s)	1,30384	0,894427	1,788854	Deviaz.st.(s)	1,30384	0,547723	1,67332
Errore stand.	0,583095	0,4	0,8	Errore stand.	0,583095	0,244949	0,748331

TABELLA 4.3: Analisi statistiche della mortalità delle due diete raccolti nel corso della prova

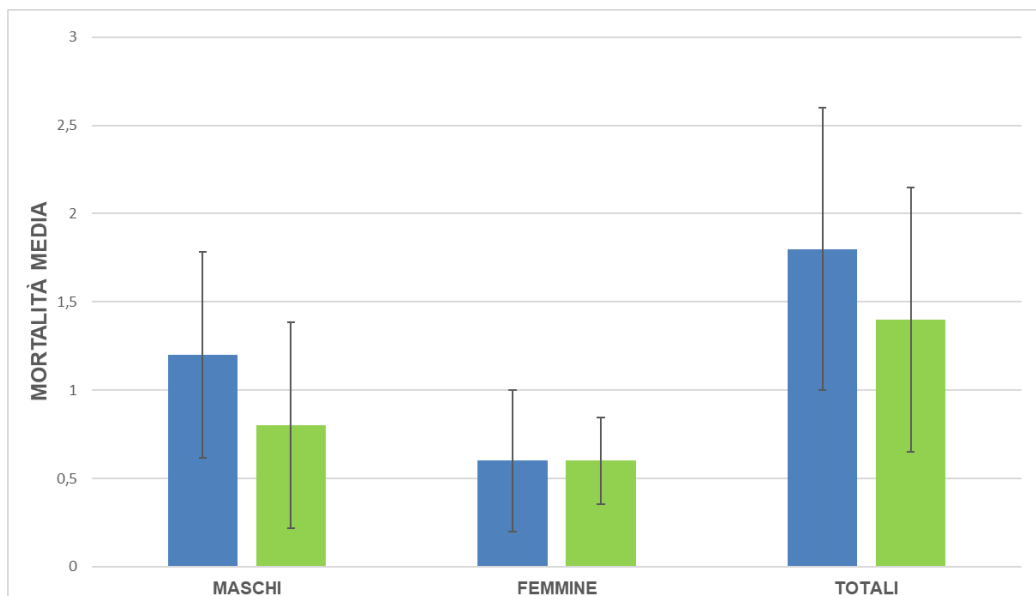
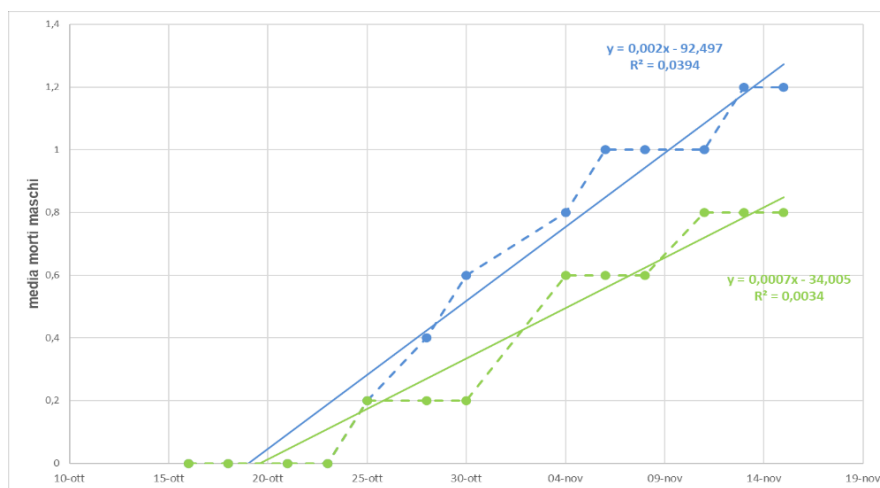
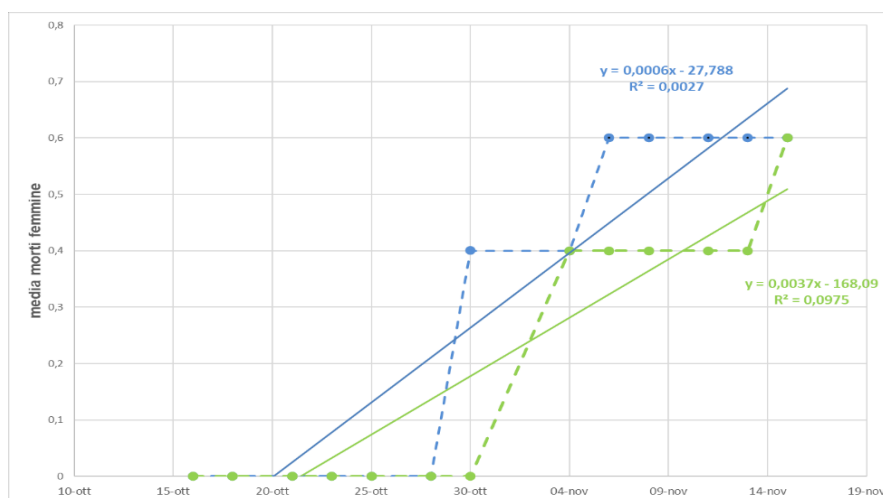


FIGURA 4.3: Mortalità media registrata nelle due tesi a confronto. Le barre verticali rappresentano \pm Errore Standard. Test ANOVA; * $p > 0,05$.

A



B



C

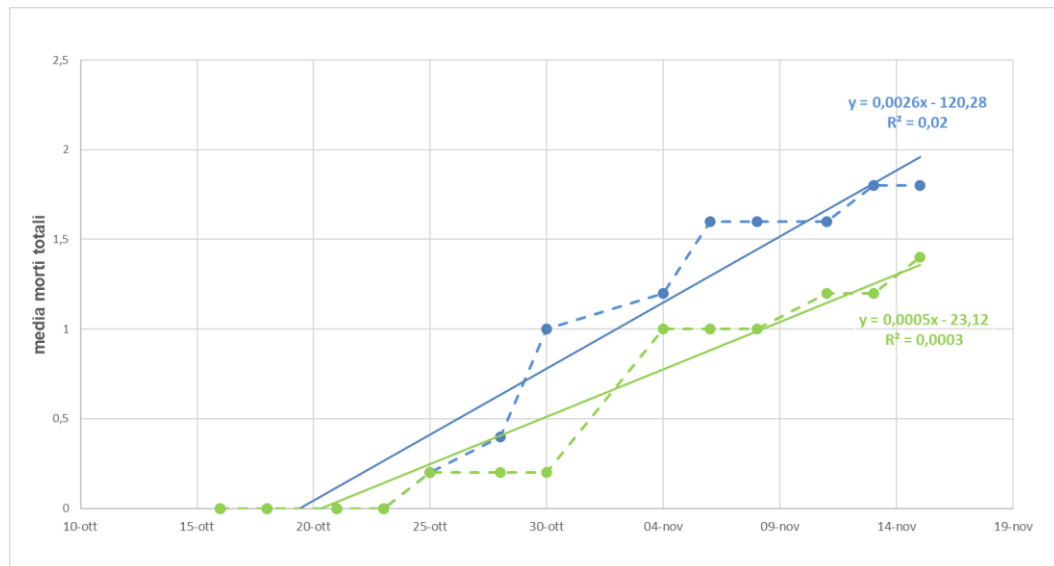


FIGURA 4.3 **A:**confronto andamento dei maschi deceduti tra le due diete; **B:**confronto andamento femmine decedute nelle due diete; **C:**confronto andamento totali deceduti nelle due diete

DIETA LIQUIDA	A1			A2			A3			A4			A5			totali			
	oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		
DATA	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	
28-ott	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	1
30-ott	0	2	2	2	11	11	0	0	0	1	0	0	1	5	5	4	18	18	
04-nov	8	3	3	4	2	2	11	4	3	2	1	1	7	5	4	32	15	13	
06-nov	2	2	2	4	2	2	6	5	2	0	3	2	6	5	4	18	17	12	
08-nov	1	1	1	0	3	3	3	6	4	0	1	0	2	4	4	6	15	12	
11-nov	4	7	3	3	12	9	0	17	15	2	3	2	8	5	5	17	44	34	
13-nov	7	7	5	3	5	4	4	6	5	3	13	9	10	10	6	27	41	29	
15-nov	1	7	4	4	8	5	5	7	5	12	14	9	8	9	7	30	45	30	
morti totali	23	31	21	20	43	36	29	45	34	20	36	23	42	43	35	134	198	149	

TABELLA 4.4: tabella che indica la totalità del tasso di punture e di uova in base al genere e al periodo di monitoraggio della dieta liquida

DIETA SOLIDA	B1			B2			B3			B4			B5			totali		
	oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2		oliva 1	oliva 2	
DATA	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova	punture	punture	uova
28-ott	0	0	0	2	1	0	1	5	3	0	0	0	0	0	0	3	6	3
30-ott	0	6	5	3	7	5	10	13	10	5	0	0	1	7	4	19	33	24
04-nov	12	13	13	6	5	5	7	9	9	13	7	6	31	14	13	69	48	46
06-nov	16	13	7	5	3	3	16	6	3	12	10	10	16	13	5	65	45	28
08-nov	9	8	6	1	10	8	8	14	12	6	7	4	6	17	12	30	56	42
11-nov	16	36	30	1	3	2	10	18	16	16	21	21	17	21	19	60	99	88
13-nov	18	19	17	1	3	2	10	17	15	7	11	9	4	18	17	40	68	60
15-nov	7	12	10	2	7	6	10	18	15	6	15	11	13	14	10	38	66	52
morti totali	78	107	88	21	39	31	72	100	83	65	71	61	88	104	80	324	421	343

TABELLA 4.5: tabella che indica la totalità del tasso di punture e di uova in base al genere e al periodo di monitoraggio della dieta liquida

	DIETA LIQUIDA				DIETA SOLIDA		
	oliva 1	oliva 2			oliva 1	oliva 2	
	punture	punture	O2 uova		punture	punture	O2 uova
A1	23	31	21	B1	78	107	88
A2	20	43	36	B2	21	39	31
A3	29	45	34	B3	72	100	83
A4	20	36	23	B4	65	71	61
A5	42	43	35	B5	88	104	80
Totale	134	198	149	Totale	324	421	343
Varianza (s ²)	18	41,58333	57,66667	Varianza (s ²)	670	962,9167	674,25
Media	26,8	39,6	29,8	Media	64,8	84,2	68,6
Deviaz.st.(s)	9,257429	5,899152	7,190271	Deviaz.st.(s)	25,89788	29,06372	23,37306
Errore stand.	4,140048	2,638181	3,215587	Errore stand.	11,58188	12,99769	10,45275

TABELLA 4.6: Analisi statistiche delle punture e uova nelle due diete raccolti nel corso della prova

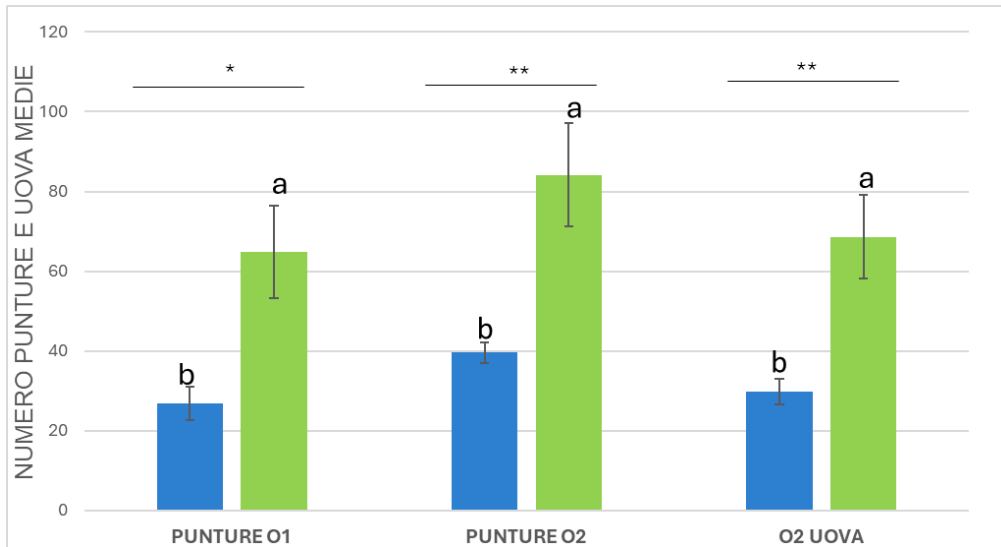
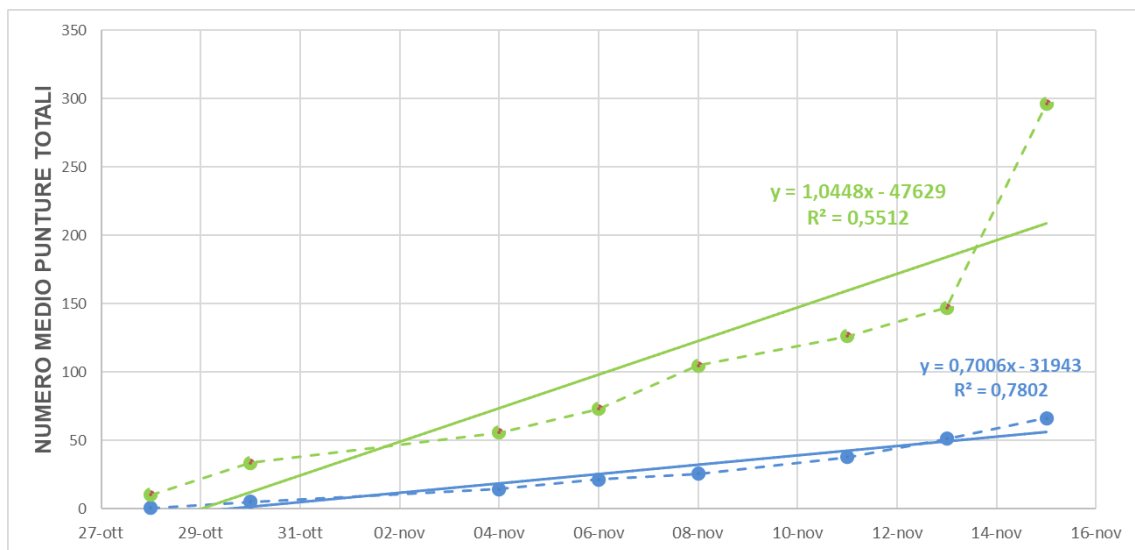


FIGURA4.6: Numero medio punture nelle due olive e numero medio uova nell'oliva 2 delle due tesi a confronto. Le barre verticali rappresentano \pm Error Standard. Test ANOVA; * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

A



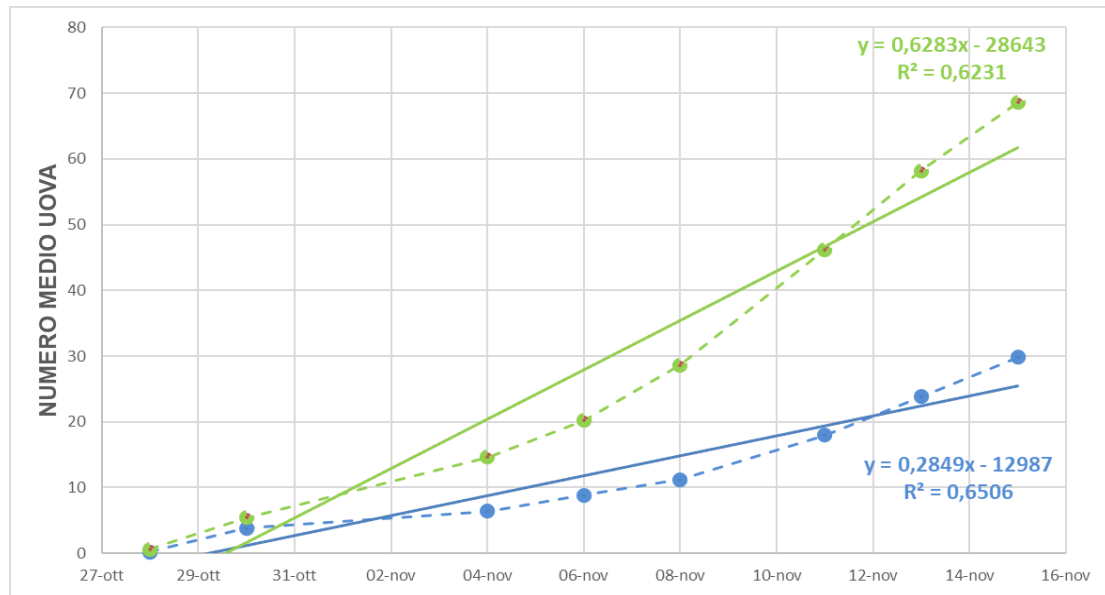
B

FIGURA 4.6 A: confronto andamento punture medie totali delle due diete **B:** confronto andamento numero medio uova nelle due diete

DIETA A	
DATA	NUMERO PUPE Oliva 1
28-ott	0
30-ott	0
04-nov	1
06-nov	3
08-nov	0
11-nov	2
13-nov	2
15-nov	4

TABELLA 4.7 A: numero di pupe uscite nelle olive degli sfarfallamenti in base al periodo di monitoraggio nella dieta liquida

DIETA B	
DATA	NUMERO PUPE Oliva 1
28-ott	2
30-ott	12
04-nov	25
06-nov	11
08-nov	9
11-nov	12
13-nov	8
15-nov	13

TABELLA 4.7 B: numero di pupe uscite nelle olive degli sfarfallamenti in base al periodo di monitoraggio nella dieta solida

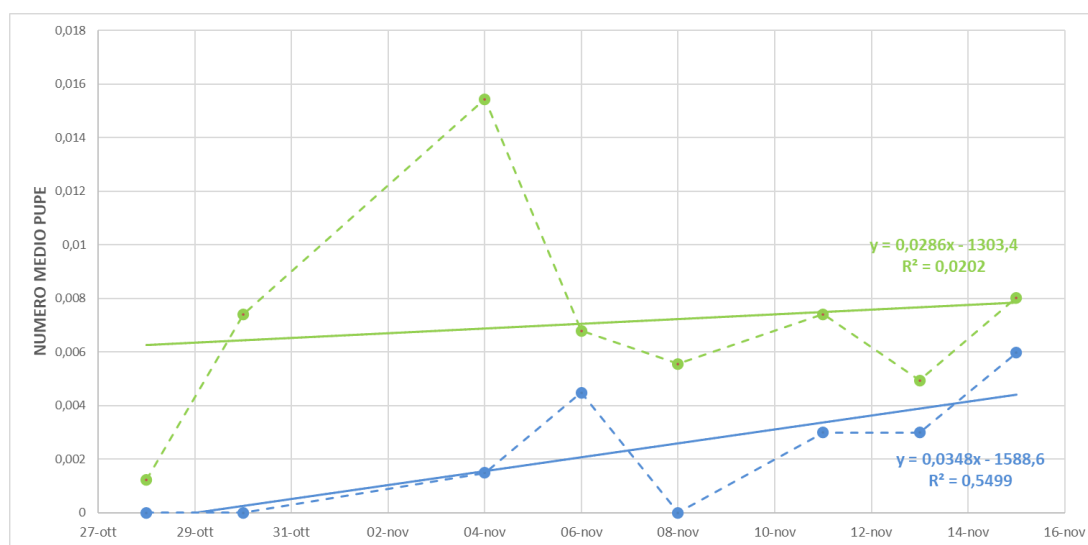


GRAFICO 4.7: confronto andamento numero pupe medie delle due diete in base al numero totale di punture dell'oliva 1.

5 DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Bactrocera oleae è un insetto dannoso che rappresenta una minaccia significativa per le coltivazioni di olivo, causando ingenti perdite economiche in agricoltura. L'allevamento in laboratorio di questa specie è cruciale per comprendere meglio la sua biologia e per sviluppare metodi di controllo efficaci, come la Tecnica del Maschio Sterile (SIT). Nel presente studio, sono state testate due diete differenti: una solida (zucchero e lievito) e una liquida (soluzione zuccherina satura) al fine di valutare gli effetti sulla longevità e la fecondità di *B. oleae*. I risultati mostrano che, nonostante una mortalità ridotta in entrambi i gruppi alimentati con dieta solida e liquida, la mortalità totale tra gli esemplari osservati è stata relativamente bassa, con 16 esemplari morti su 80. La dieta solida ha mostrato una mortalità inferiore rispetto a quella liquida, ma il test ANOVA non ha rivelato differenze statisticamente significative tra i due gruppi ($p > 0.05$). Ciò suggerisce che entrambe le diete sono adatte per la conduzione di allevamenti massali. Per quanto riguarda la fecondità, la dieta solida ha mostrato performance significativamente superiori rispetto alla dieta liquida, con un numero maggiore di punture, uova per oliva e pupe per puntura. Queste differenze sono state confermate dall'analisi statistica, che ha evidenziato valori altamente significativi per la dieta solida ($p < 0.01$ per il numero di uova e pupe). La dieta solida, arricchita con lievito, fornisce una fonte proteica importante per la mosca, essenziale per la sintesi proteica e la riproduzione (Balampekou et al., 2023). Al contrario, la dieta liquida, priva di fonti proteiche, potrebbe non sostenere adeguatamente la fitness riproduttiva degli esemplari. In natura, infatti, *B. oleae* si nutre di essudati vegetali, melata ed escrementi di uccelli, che, pur contenendo carboidrati, sono poveri di azoto. Le fonti proteiche come il lievito, invece, sono fondamentali per il metabolismo e la riproduzione degli insetti, come confermato da Ben-Yosef (2014), che osserva come la mosca olearia si nutra di essudati vegetali e melata, ma ricorra a fonti proteiche per una migliore fitness riproduttiva. Per motivazioni legate alle tempistiche, non è stato purtroppo possibile osservare l'entità degli sfarfallamenti dalle pupe derivate dalle due diete. Il numero di pupe osservato è stato inferiore rispetto al numero di punture registrate in entrambe le diete. Ciò potrebbe con ogni probabilità essere dovuto alla presenza di punture sterili che, come è noto, in letteratura la mosca pratica frequentemente sulla drupa. Il maggior numero di pupe osservato nella dieta solida è correlato a un più alto numero di punture e al numero di uova rispetto alla dieta liquida, che ha invece mostrato valori inferiori per tutti questi parametri. In conclusione, i risultati di questo studio evidenziano che entrambe le diete (solida e liquida) sono adatte al mantenimento degli

esemplari di *B. oleae*, con una mortalità contenuta e simile tra i due gruppi. Tuttavia, la dieta solida ha mostrato un impatto significativamente maggiore sulla fecondità, suggerendo che un'alimentazione più ricca in proteine, come quella offerta dal lievito, potrebbe essere preferibile per promuovere una migliore performance riproduttiva. Questi risultati sono rilevanti per gli studi sull'allevamento in laboratorio di *B. oleae* e potrebbero contribuire a migliorare le tecniche di allevamento della specie.

6 BIBLIOGRAFIA

Bagnoli B., Iannotta N. (2012). Principali insetti fitofagi e relativi metodi di controllo integrato, Accademia nazionale dell'olivo e dell'olio, volume XIV, ISSN 2281-4930, pp. 5-10, 12-14

Balampekou, E. I., Koveos, D. S., Kapranas, A., Menexes, G. C., & Kouloussis, N. A. (2023). The Roles of Mating, Age, and Diet in Starvation Resistance in *Bactrocera oleae* (Olive Fruit Fly). *Insects*, 14(11), 841.

Baumhover, A. H., Graham, A. J., Bitter, B. A., Hopkins, D. E., New, W. D., Dudley, F. H., & Bushland, R. C. (1955). Screw-worm control through release of sterilized flies. *Journal of Economic Entomology*, 48(4), 462-466.

Ben-Yosef, M., Pasternak, Z., Jurkevitch, E., & Yuval, B. (2014). Symbiotic bacteria enable olive flies (*Bactrocera oleae*) to exploit intractable sources of nitrogen. *Journal of evolutionary biology*, 27(12), 2695-2705.

Bigiotti, G., Sacchetti, P., Pastorelli, R., Lauzon, C. R., & Belcari, A. (2021). Bacterial symbiosis in *Bactrocera oleae*, an Achilles' heel for its pest control. *Insect Science*, 28(4), 874-884.

Caleca V., Belcari A., Sacchetti P. (2012) Lotta alla mosca delle olive in olivicoltura integrata e biologica. *Protezione delle Colture*, 3: 27-32.

Caruso G., Loni A., Raspi A., Canale A., Gucci R. (2011) Evoluzione di acidità libera e numero di perossidi in oli ottenuti da olive con diversi livelli di infestazione da *Bactrocera oleae*. *Acta Italus Hortus*, 1: 291-294

Capuzzo, C., Firrao, G., Mazzon, L., Squartini, A., & Girolami, V. (2005). 'Candidatus *Erwinia dacicola*', a coevolved symbiotic bacterium of the olive fly *Bactrocera oleae* (Gmelin). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 55(4), 1641-1647

Checchia, I., Salvetti, E., Veneri, G., Carofano, I., Felis, G. E., Mori, N., & Mazzon, L. (2021). Antimicrobial activity of active substance against free-living *Erwinia* species phylogenetically closer to *Candidatus Erwinia dacicola*, obligate endosymbiont of *Bactrocera oleae*. In 6th International Conference on Microbial Diversity 2021 Advances in Microbial Diversity MD2021-Book of abstract (pp. 15-15).

Dallago G., Baldessari M. (2018) Afidi e neonicotinoidi: soluzioni a confronto. Cantina sociale di Trento. Fondazione Edmund Mach, 4-26.

Economopoulos, A. P. (1972). Sexual competitiveness of γ -ray sterilized males of *Dacus oleae*. Mating frequency of artificially reared and wild females. *Environmental Entomology*, 1(4), 490-497.

Economopoulos, A. P., Haniotakis, G. E., Mathioudis, J., Missis, N., & Kinigakis, P. (1978). Long-distance flight of wild and artificially-reared *Dacus oleae* (Gmelin)(Diptera, Tephritidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 87(1-4), 101-108.

Economopoulos, A. P., & Zervas, G. A. (1982). Quality problem in olive flies produced for SIT experiments.

Economopoulos, A. P. (2002). The olive fruit fly, *Bactrocera* (*Dacus*) *oleae* (Gmelin)(Diptera: Tephritidae): its importance and control; previous SIT research and pilot testing. Report to International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria, 44.

Estes, A. M., Nestel, D., Belcari, A., Jessup, A., Rempoulakis, P., & Economopoulos, A. P. (2012). A basis for the renewal of sterile insect technique for the olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi). *Journal of Applied Entomology*, 136(1-2), 1-16.

Garantonakis N., Varikou K., Markakis E., Birouraki A., Sergentani C., Psarras G., Koubouris G.C. (2016) Interaction between *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) infestation and fruit mineral element content in *Olea europaea* (Lamiales: Oleaceae) cultivars of global interest. *Applied Entomology and Zoology*, 51(2): 257-265.

Giacalone C. (2011). Il controllo di *Bactrocera oleae* (Rossi) e di altri carpofoagi negli oliveti biologici in Sicilia e Sud Africa (Tesi di dottorato).

Giansante L., Del Re P., Pietrangeli F., Pollastri L., Di Giacinto L. (2021) Controllo fitosanitario e qualità degli oli di oliva in areale invaso da *Bactrocera oleae*, *La rivista italiana delle sostanze grasse* VOL XCVIII pp 1-7

GIROLAMI V., 1979 – Studi biologici e demoeologici sul *Dacus oleae* (Gmelin). 1. Influenza dei fattori ambientali abiotici sull'adulto e sugli stadi preimmaginali. *Redia*, 62: 147-191.

- Gucci R.**, Adamo P., Baldoni L., Benalia S., Bernardi B., Falsone G., Germinara G. (2020) Intensificazione sostenibile per la filiera olivicolo-olearia: approfondimenti sulle filiere di interesse per l'ambiente mediterraneo. Buone pratiche di intensificazione sostenibile - Strumento per lo sviluppo del sistema agroalimentare italiano, 12-27
- Malheiro, R.**, Casal, S., Baptista, P., & Pereira, J. A. (2015). A review of *Bactrocera oleae* (Rossi) impact in olive products: From the tree to the table. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 226-242.
- Nardi, F.**, Carapelli, A., Dallai, R., Roderick, G. K., & Frati, F. (2005). Population structure and colonization history of the olive fly, *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae). *Molecular ecology*, 14(9), 2729-2738.
- Pereira J.A.**, Alves M.R., Casal S., Oliveira M.B.P.P. (2004) Effect of olive fruit fly infestation on the quality of olive oil from cultivars Cobrancosa, Madural and Verdeal Transmontana. *Italian Journal of Food Science*, 3(16): 355-365.
- Petri L.** (1909) Ricerche Sopra i Batteri Intestinali della mosca olearia. Memorie della Regia Stazione di Patologia Vegetale. Roma: Tipografia nazionale di G. Bertero.
- Ricciolini M.**, Rizzo D. (2010) Avversità dell'olivo e strategie di difesa in Toscana. *Arsia*, pp. 15-60
- Rizzo R.**, Caleca V. (2006) Resistance to the attack of *Bactrocera oleae* (Gmelin) of some Sicilian olive cultivars. In *Proceedings of Olivebioteq 2006, Second International Seminar "Biotechnology and quality of olive tree products around the Mediterranean Basin"* November 5th–10th, Mazara del Vallo, Marsala, Italy, 2: 291-298.
- Sacchetti P.**, Liscia A., Pastorelli R., Bigiotti G., Guidi R. & Belcari A. (2017) Le simbiosi batteriche nella mosca delle olive, *Bactrocera oleae*: dalla ricerca di base allo sviluppo di nuove strategie di controllo. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*, 64 (2016): 93-98.
- Rotundo, G.**, & Germinara, G. S. Controllo della Mosca delle olive con prodotti di origine vegetale.
- Torres-Villa L.M.**, Rodriguez-Molina M.C., Martinez J.A. (2003) Olive fruit fly damage and olive storage effects on paste microflora and virgin olive oil acidity. *Grasas y Aceites*, 54(3): 285-294.

Tremblay E. (2005) *Entomologia applicata*, Liguori Editore, vol. 3, parte seconda, 2^a edizione, pp. 133, 135, 136, 145

Vossen, P., Varela, L., & Devarenne, A. (2006). Olive fruit fly. University of California Cooperative Extension-Sonoma County.

7 RINGRAZIAMENTI

Desidero dedicare queste righe a tutte le persone che mi hanno sostenuto e accompagnato lungo il percorso universitario e nella realizzazione di questa tesi. Un ringraziamento speciale va al Professore Luca Mazzon, per la disponibilità e il supporto concessi nella scelta e nella realizzazione di questo lavoro. Un grazie di cuore al Dott. Marco Falasco, che mi ha seguito con dedizione e pazienza sia durante il tirocinio che nella sperimentazione e nella stesura della tesi. Il suo contributo è stato fondamentale per affrontare con serenità e competenza questo percorso. Non posso dimenticare i miei compagni di università, che con la loro compagnia, il loro sostegno e la capacità di strapparmi un sorriso nei momenti difficili, hanno reso questi anni indimenticabili. Un ringraziamento sincero va anche ai miei amici e colleghi di lavoro, che mi hanno sempre incoraggiato e sostenuto, rendendo più leggeri i momenti più impegnativi di questa esperienza. Un pensiero è rivolto ai miei parenti, per la vicinanza e l'affetto che non sono mai mancati. Infine, il mio più profondo grazie va ai miei genitori e a mio fratello, per essere stati il mio punto di riferimento e la mia forza. Con il loro amore, la loro pazienza e il loro incrollabile supporto, mi hanno permesso di raggiungere questo importante traguardo. A tutti voi, va la mia più sincera gratitudine.