

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI  
RISORSE NATURALI E AMBIENTE

Corso di Laurea Magistrale in Scienze e tecnologie agrarie

Effetti della consociazione di piante di menta e  
colture orticole su fitofagi e antagonisti naturali

Relatore  
Prof. Carlo Duso

Correlatori  
Dott. Luca Conte  
Dott. Stefan Cristian Prazaru

Laureando  
Lorenzo Cadamuro  
Matricola n. 2023309

ANNO ACCADEMICO 2022/2023



## Riassunto

Nel presente lavoro sono stati valutati i possibili effetti ottenibili dalla consociazione di piante di menta a piante orticole su *Aphis gossypii*, *Aculops lycopersici* e i relativi antagonisti naturali, in una normale situazione di campo.

*A. gossypii* è stato valutato in una prova svolta su zucchino e in una su lattuga, nella quale sono state confrontate anche diverse varietà di menta. Entrambe le prove hanno mostrato un'infestazione di afidi significativamente inferiore in presenza di menta, mentre non sono state osservate differenze riguardo gli antagonisti naturali presenti. Si segnala, inoltre, come in presenza di piante di menta siano stati registrati nella prova svolta su zucchino un numero tendenzialmente maggiore di *Psyllobora vigintiduopunctata* e nella prova svolta su lattuga un numero significativamente inferiore di *Acyrtosiphon lactucae*.

*A. lycopersici* è stato valutato in due prove svolte su pomodoro. Nella prima prova, nelle piante consociate con menta si sono riscontrati un numero inferiore di *eriofidi* e un numero maggiore di Phytoseiidae rispetto al controllo. Nella seconda si evidenzia, invece, un numero significativamente maggiore di Tydeoidea in presenza di menta. Infine, è stata svolta anche un'indagine preliminare sulle popolazioni di acari presenti in un'aiuola permanente con diverse varietà di menta al fine di ottenere delle prime indicazioni su possibili differenze varietali in questo senso. Sono state rilevate differenti distribuzioni di Phytoseiidae e Tydeoidea nelle diverse varietà, indicando per entrambi i casi una preferenza in particolare verso *Mentha suaveolens*, una varietà caratterizzata da foglie particolarmente tomentose.

## Abstract

In the present work, the possible effects obtainable from the intercropping of mint plants with horticultural plants on *Aphis gossypii*, *Aculops lycopersici* and their natural antagonists were evaluated in a normal field situation.

*A. gossypii* was evaluated in a test carried out on zucchini and in one on lettuce, in which different varieties of mint were also compared. Both tests showed a slightly lower aphid infestation in the presence of mint, while no differences were observed with respect to the natural antagonists present. It should also be noted that in the presence of mint plants, a substantially higher number of *Psyllobora vigintiduopunctata* was recorded in the test carried out on zucchini and an adequately lower number of *Acyrtosiphon lactucae* in the test carried out on lettuce.

*A. lycopersici* was evaluated in two tomato trials. In the first test, a lower number of eriophyids and a higher number of Phytoseiidae were found in the plants associated with mint compared to the control. On the other hand, the second shows a greater number of disparities than Tydeoidea in the presence of mint.

Finally, a preliminary investigation was also carried out on the populations of mites present in a permanent flowerbed with different varieties of mint in order to obtain initial indications on possible varietal differences in this sense. Different distributions of Phytoseiidae and Tydeoidea were found in the different varieties, indicating in both cases a particular choice towards *Mentha suaveolones*, a variety characterized by particularly hairy leaves.

# Sommario

<b>1. Introduzione.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1 <i>Aphis gossypii</i> Glover .....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Biologia.....	8
1.1.2 Controllo chimico.....	10
1.1.3 Controllo biologico .....	11
<b>1.2 <i>Aculops lycopersici</i> (Tryon).....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Biologia.....	17
1.2.2 Controllo chimico.....	18
1.2.3 Controllo biologico .....	18
<b>1.3 Ruolo dell'(E)-<math>\beta</math>-Farnesene negli insetti .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Il genere <i>Mentha</i> .....</b>	<b>24</b>
1.4.1 Descrizione della specie .....	24
1.4.2 Produzione di (E)- $\beta$ -Farnesene .....	25
1.4.3 Rapporti tra <i>Mentha</i> spp. e acari.....	28
<b>1.5 Scopo del lavoro .....</b>	<b>29</b>
<b>2. Materiali e metodi .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 Sito aziendale.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 Colture utilizzate.....</b>	<b>30</b>
2.2.1 Zucchino.....	30
2.2.2 Pomodoro.....	31
2.2.3 Lattuga.....	31
2.2.4 Menta.....	31
2.2.5 Banker plants.....	32
<b>2.3 Metodologia sperimentale .....</b>	<b>35</b>
2.3.1 Prova su zucchino per <i>A. gossypii</i> .....	35
2.3.2 Prova su zucchino in pieno campo per <i>A. gossypii</i> (non completata).....	37
2.3.3 Prova su lattuga per <i>A. gossypii</i> .....	37
2.3.4 Prove su pomodoro per <i>A. lycopersici</i> .....	39
2.3.5 Prova menta "Orto-giardino" .....	41
<b>2.4 Analisi statistica.....</b>	<b>42</b>
<b>3. Risultati e discussione.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 Prova su zucchino .....</b>	<b>43</b>

3.1.1	<i>Aphis gossypii</i> .....	43
3.1.2	Antagonisti naturali .....	46
3.1.3	Confronto tra popolazioni di <i>A. gossypii</i> e relativi antagonisti naturali nel tempo .....	47
3.1.4	<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> .....	49
<b>3.2</b>	<b>Prova su lattuga</b> .....	<b>51</b>
3.2.1	<i>Aphis gossypii</i> .....	51
3.2.2	Antagonisti naturali .....	53
3.2.3	<i>Acyrtosiphon lactucae</i> .....	56
<b>3.3</b>	<b>Prove su pomodoro</b> .....	<b>58</b>
3.3.1	Prima prova: Eriofidi .....	58
3.3.2	Prima prova: Phytoseiidae .....	59
3.3.3	Prima prova: Tydeoidea .....	60
3.3.4	Seconda prova: Eriofidi .....	61
3.3.5	Seconda prova: Phytoseiidae .....	61
3.3.6	Seconda prova: Tydeoidea .....	62
3.3.7	Confronto delle popolazioni di acari nelle due prove .....	62
<b>3.4</b>	<b>Prova "Orto-giardino"</b> .....	<b>64</b>
<b>4.</b>	<b>Conclusioni</b> .....	<b>66</b>
<b>5.</b>	<b>Bibliografia</b> .....	<b>68</b>

# 1.Introduzione

*Aphis gossypii* Glover e *Aculops lycopersici* (Tryon) sono causa di ingenti danni a molte colture orticole di importanza economica sia a livello europeo che mondiale. Il controllo di questi fitofagi risulta ad oggi estremamente complicato a causa di molti aspetti. Da un lato, la resistenza sviluppata da *A. gossypii* verso gli insetticidi commerciali; dall'altro, l'utilizzo dei peli fogliari come protezione da parte di *A. lycopersici* rende molte delle possibilità di controllo ad oggi impiegate scarsamente efficaci. Questi problemi, inoltre, diventano sempre più critici a causa di uno scenario in cui le sostanze attive disponibili realmente efficaci sono sempre meno. Occorre, quindi, individuare nuove strategie di controllo verso tali fitofagi e questo quadro suggerisce come queste dovrebbero essere ricercate soprattutto in una maggiore comprensione e sfruttamento delle interazioni tra le piante e i loro organismi dannosi e tra questi e i loro antagonisti naturali (interazioni tritrofiche). In questo senso, un'interessante possibilità conosciuta da alcuni anni per il controllo di *A. gossypii*, riguarda lo sfruttamento di piante in grado di produrre lo stesso composto volatile che rappresenta il feromone di allarme degli afidi nonché un kairomone sfruttato da numerosissime specie di antagonisti naturali nei suoi confronti, l'(E)- $\beta$ -Farnesene (E $\beta$ F). Tra le principali piante produttrici di questo composto vi sono quelle del genere *Mentha*, impiegate per questo motivo nella creazione di piante geneticamente modificate e nella sintesi di oli essenziali. Tali soluzioni hanno dimostrato di poter portare effettivamente un contributo verso il controllo dell'afide, ma presentano anche diverse problematiche come sarà analizzato in seguito. Tuttavia, una soluzione alternativa come la consociazione di piante di menta alle colture orticole potrebbe non essere stata valutata in modo sufficientemente approfondito soprattutto a causa delle importanti differenze che sono presenti tra le numerosissime specie e varietà di questa famiglia. La consociazione con menta, inoltre, potrebbe portare anche effetti positivi nel controllo di altri fitofagi grazie alle sue caratteristiche morfologiche. Diverse varietà possiedono, infatti, foglie con una tomentosità in grado di ospitare e promuovere la presenza di acari predatori che possono svolgere un ruolo determinante nel contenimento delle infestazioni di *A. lycopersici*. Nel presente lavoro, oltre a riportare un quadro riassuntivo dello stato dell'arte su cui si basano le presenti ipotesi, vengono valutati i risultati ottenuti in alcune sperimentazioni.

## 1.1 *Aphis gossypii* Glover

### 1.1.1 Biologia

*A. gossypii* Glover (ordine: Emitteri, Sottordine Sternorrhyncha, famiglia Aphididae) conosciuto come afide del cotone o afide delle Cucurbitacee, è una specie ampiamente cosmopolita ed una delle più dannose al mondo. *A. gossypii*, infatti, è un afide estremamente polifago che conta più di 700 piante ospiti in tutto il mondo (IRAC, s.d.) con particolare preferenza verso Cucurbitacee come zucchine, cetrioli e cocomeri ma anche Malvacee come il cotone, Solanacee come



Figura 1. Diversi stadi giovanili atteri, forma alata ed esuvie di *A. gossypii*. (Foto: L. Cadamuro, 30.06.2022)

melanzana e patata e gli agrumi. Il ciclo di sviluppo completo di *A. gossypii* prevede i seguenti stadi: uovo, cinque stadi giovanili e infine l'adulto. È in grado di riprodursi tramite molteplici possibilità, in particolare, nelle regioni del Nord Italia (in cui si è svolto il presente studio) presenta solitamente un olociclo dioico, tuttavia, esistono ceppi in grado di compiere anche paraciclo negli ambienti caratterizzati da inverni più miti e anolociclo in ambienti estremamente caldi (Chinery, 2016; Pennacchi, 2014). Lo svernamento viene svolto su piante ospiti come Hibiscus o Catalpa e può avvenire come forma giovane e adulto nel caso di inverni miti, oppure sotto forma di uovo nel caso di condizioni ambientali particolarmente estreme (Tremblay, 1981).

*A. gossypii*, è in grado di riprodursi tramite riproduzione sessuale nella quale dall'accoppiamento di maschio e femmina verranno prodotte le uova, tuttavia, la norma per questo afide è la riproduzione partenogenetica. In questo caso le femmine partoriscono individui vivi di sesso femminile che contengono al loro interno gli embrioni della generazione successiva che a loro volta contengono gli embrioni in via di sviluppo di un'ulteriore generazione (generazioni telescopiche) (Conte, 2018; Singh et al, 2021). Tutti questi elementi comportano un tempo di sviluppo e di generazione estremamente corto che si traduce in una incredibile velocità di crescita e di potenziale riproduttivo che determina la pericolosità delle sue infestazioni (Conte, 2018; Singh et al., 2021).



Negli areali temperati, in primavera compaiono le fondatrici che danno origine ad una discendenza di fondatrigenie. Dopo lo sviluppo delle prime forme giovanili attere, come conseguenza dell'affollamento o della fonte di nutrimento in esaurimento, si formano le forme alate che tipicamente si spostano sulle specie orticole di interesse agrario su cui successivamente continueranno tale ciclo di sviluppo (Chinery, 2016; Pennacchi, 2014; Singh et al., 2021). Negli areali dell'Italia settentrionale, in particolare, queste forme migranti si riscontrano soprattutto sulle Cucurbitacee dove l'infestazione solitamente diventa particolarmente importante da giugno in poi.

*A. gossypii* si insedia principalmente nella pagina inferiore delle foglie e in caso di forti infestazioni anche sui fiori e sugli apici vegetativi ed essendo una specie fitomiza si nutre della linfa elaborata delle piante attraverso un apparato boccale pungente-succhiante. I danni causati sulle foglie sono principalmente ingiallimento, accartocciamento e avvizzimento, quindi un generale deperimento delle foglie (oltre che dei fiori e in seguito dei frutti), che porta ad uno stentato accrescimento della pianta e nei casi più estremi alla sua morte. Ulteriori danni provocati dalle infestazioni di *A. gossypii* sono dovuti alla forte emissione di melata che può favorire l'instaurarsi di fumaggini e alla trasmissione di virus. È noto, infatti, come quest'afide possa trasmettere più di 50 virus fitopatogeni (IRAC, s.d.) tra cui alcune malattie particolarmente gravi per zuccino, cetriolo e cocomero come Cucumber Mosaic Virus (CMV) (Carmo-Sousa et al., 2014), Watermelon Mosaic Virus (WMV) e Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV) (Salvaudon et al., 2013).

Gli afidi sono insetti eterometaboli e pertanto le forme giovani, fatte salve le minori dimensioni, sono molto simili agli adulti. In genere, le forme adulte attere hanno una dimensione tra 1,6 e 2 mm e una colorazione da giallo-verde a verde-nerastra che dipende tipicamente dalla temperatura, dall'alimentazione e dalla densità di popolazione. In condizioni di temperature elevate e colonie densamente popolate, si manifestano le cosiddette "nane gialle", ovvero individui dalle dimensioni ridotte e colori più chiari (Chinery, 2016; Pennacchi, 2014). Dal punto di vista morfologico, *A. gossypii* presenta dunque delle difficoltà nell'identificazione a causa del suo elevato policromismo. Oltre a tubercoli, antenne e sensilli, l'elemento più caratteristico di questa specie, in grado di distinguerlo facilmente dalla maggioranza degli altri afidi è la colorazione dei due sifuncoli che sono tipicamente neri, indipendentemente dalla colorazione che assume il resto del corpo (Chinery, 2016; Pennacchi, 2014).

### 1.1.2 Controllo chimico

Il controllo di *A. gossypii* fino ad oggi si è comunemente basato sull'impiego di prodotti insetticidi ma negli ultimi anni in tale specie si è osservata l'insorgenza di resistenza nei confronti di moltissimi principi attivi, come evidenziato nella seguente tabella (Tabella 1), che insieme al potenziale riproduttivo precedentemente descritto determina l'estrema pericolosità di *A. gossypii*.

Classe chimica	Meccanismi	Distribuzione
Carbammati (1A)	Metabolico: Livello elevato di carbossilesterasi	In tutto il mondo
Organofosfati (1B)		
Piretroidi-Piretrine (3A)		
Carbammati (1A)	Metabolico: Livello elevato di monossigenasi P450	
Organofosfati (1B)		
Ciclodiene organoclorurati (2A)		
Fenilpirazoli (fiprolil) (2B)		
Piretroidi-Piretrine (3A)		
Neonicotinoidi (4A)		
Carbammati (1A)	Sito bersaglio: S431F, A302S	
Organofosfati (1B)	Sito bersaglio: F139L, A302S	
Piretroidi-Piretrine (3A)	Sito bersaglio: L1014F, M918L	
Neonicotinoidi (4A)	Sito bersaglio: R81T	Sud-est asiatico
Sulfoximine (4C)		
Fonicamide (29)	Non specificato	Corea del Sud, USA

Tabella 1. Classi chimiche a cui *A. gossypii* si è dimostrato resistente, diffusione conosciuta di tale resistenza e meccanismo coinvolto. Fonte: (IRAC, s.d.)

La lotta chimica ad oggi, per mancanza di altri prodotti efficaci si basa comunque principalmente sull'utilizzo di neonicotinoidi come Acetamiprid, bloccanti dell'alimentazione, piretroidi, in particolare Deltametrina, derivati dell'acido tetramico (Spirotetramat) (Linee Tecniche di Difesa Integrata Reg. Veneto, 2023)

Per le aziende agricole che operano in regime biologico i mezzi di controllo chimico sono ulteriormente ridotti e sono rappresentati essenzialmente da Azadiractina, Bauveria bassiana, piretrine e Sali potassici di acidi grassi (Linee Tecniche di Difesa Integrata Reg. Veneto, 2023).

### 1.1.3 Controllo biologico

Gli afidi come *A. gossypii* subiscono un controllo biologico da parte di un importante numero di insetti sia predatori che parassitoidi. Le principali specie di predatori appartengono a: Ditteri (Cecidomidi e Sirfidi), Coleotteri (Coccinellidi e Carabidi), Neurotteri (Crisopidi), Rincoti (Miridi e Nabidi), acari (Trombidiidae). I parassitoidi, invece, sono principalmente rappresentati da Imenotteri Afidiidi.

Tra i Ditteri è presente una delle principali specie utili al controllo di *A. gossypii*, *Aphidoletes aphidimyza* (Fam. Cecidomidi). Il ciclo di sviluppo di questa specie prevede le fasi di: uovo, 3 stadi larvali, pupa e adulto. Le femmine di questa famiglia sono in grado di deporre 70-80 uova e solitamente lo fanno in prossimità delle infestazioni di afidi. Una delle caratteristiche più importanti di *A. aphidimyza* è la sua capacità di individuare gli afidi anche quando le popolazioni non sono molto sviluppate che gli permette di essere uno dei primi predatori riscontrabili sulle colonie di afidi necessitando di almeno 5-10 afidi per completare il proprio ciclo di sviluppo. Lo stadio che si nutre di afidi è quello di larva che oltre ad essere priva di zampe si identifica per il caratteristico colore arancione. Le larve di *A. aphidimyza* sono in grado di eliminare fino a 100 afidi (Conte, 2018).



Figura 2. A sinistra, colonia di *Aphis gossypii* con larve di *A. aphidimyza*. A destra, particolare di due larve di *A. aphidimyza* (Foto: L. Cadamuro, 28 maggio 2022)

I Sirfidi, appartenendo all'ordine dei Ditteri possiedono un ciclo biologico simile a quello di *A. aphidimyza* e sono tra i primi predatori a intervenire nelle infestazioni di afidi. Una femmina di sirfide nel corso della sua vita può deporre fino a 1000 uova che possono essere osservate dalla primavera fino all'autunno, solitamente nei pressi delle colonie di afidi. Lo stadio in cui avviene la predazione è sempre quello larvale che in questo caso presenta un'importante variabilità morfologica che, in generale, può essere descritta da un corpo molle, vermiforme, di colore dal bianco al giallo-verde, solitamente semi trasparente. Una larva, a seconda della specie di appartenenza, può nutrirsi di 400-500 afidi durante le 2-5 settimane di vita. I Sirfidi, generalmente, possono compiere più generazioni all'anno e svernano allo stadio di adulto, pupa o larva. Le principali specie coinvolte nel controllo di *A. gossypii* sono *Episyrphus balteatus*, *Syrphus ribesi*, *Eupeodes corollae* (Conte, 2018; Wang et al., 2022).



Figura 3. Larve di sirfidi in una colonia di *A. gossypii* su foglia di zuccino a sinistra e di lattuga a destra. (Foto: L. Cadamuro, 28 luglio e 21 novembre 2022)

Un altro ordine in cui si trovano molte specie predatrici di *A. gossypii* è quello dei Coleotteri. Tra questi, infatti, troviamo in primo luogo i Coccinellidi, che sono tra i più diffusi e voraci predatori di afidi. Il loro ciclo di sviluppo completo prevede: uovo, 4 stadi larvali, pupa e adulto. In situazioni favorevoli le coccinelle possono completare anche due generazioni nel corso di un anno e le femmine nel corso della loro vita possono arrivare a deporre fino a 3000 uova solitamente osservabili nei pressi delle colonie di afidi. I Coccinellidi nell'arco della loro vita sono in grado di predare dai 400 fino ai 4000 afidi essendo attivi sia nella fase di larva che da adulti. In genere, le

coccinelle predano le colonie di afidi tardivamente, quando queste sono già molto sviluppate poiché necessitano di un numero importante di individui (almeno 100) per poter completare il proprio ciclo. Le principali specie coinvolte nella predazione degli afidi sono: *Coccinella septempunctata*, *Harmonia axyridis*, *Adalia bipunctata*, *Scymnus spp* (Conte, 2018; Pennacchi, 2014).



Figura 4. A sinistra larva e adulto di *Scymnus sp.* che predano una colonia di afidi su zucchini, a destra adulto di *Harmonia axyridis*. (Foto: L. Cadamuro, 4 agosto e 10 giugno 2022)

Tra i Coleotteri, anche se secondaria, è presente un'altra famiglia, tra cui si riscontrano predatori di *A. gossypii*, i Carabidi. Le specie di questa famiglia presentano caratteristiche simili ai Coccinellidi e una delle principali specie nei nostri aerali è *Dematrias atricapillus* (Chinery, 2016; Conte, 2018).



Figura 5. Esemplare di *Dematrias sp.* su foglia di zucchini. (Foto: L. Cadamuro, 26 giugno 2022)

Importanti predatori di afidi sono presenti anche tra i Neurotteri, nei quali, nello specifico, particolarmente rilevanti risultano alcune specie della famiglia dei Crisopidi. Il ciclo di sviluppo di queste specie prevede uovo, tre stadi giovanili, pupa e adulto. Nel Nord Italia questi sono particolarmente attivi da maggio a settembre e possono arrivare a compiere fino a 3 generazioni l'anno. Le femmine depongono in media tra le 400 e le 600 uova e le larve sono in grado di predare dai 200 ai 500 afidi (Conte, 2018). Le specie più importanti per il controllo di *A. gossypii* sono: *Chrysoperla carnea* e *Chrysopa perla*.



Figura 6. Adulto (a sinistra) e larva (a destra) di Crisopide su foglie di zucchino (Foto: L. Cadamuro, 13 giugno e 28 luglio 2022)

Altre specie predatrici si possono riscontrare tra i Rincoti, in particolare nei Miridi e secondariamente nei Nabidi. Il ciclo di sviluppo prevede uovo, cinque stadi giovanili e adulto. Sia i giovani che gli adulti sono predatori molto attivi portando ogni individuo a poter eliminare 200-300 afidi. Le specie più rilevanti tra i Miridi sono: *Macrolophus pygmaeus* e *Dicyphus errans*. Tra i Nabidi si evidenzia il genere *Nabis* (Conte, 2018).



Figura 7. Nabide su foglia di zucchino. (Foto: L. Cadamuro 4 agosto 2022)

Si riscontrano predatori di *A. gossypii* anche tra gli acari, in particolare nei Trombidiidae. Tra questi, *Allothrombium* spp. è una delle specie di antagonisti naturali più comune ed è in grado di attaccare gli afidi oltre che acari e vari altri artropodi.

Questo acaro attraversa sette stadi di sviluppo: uovo, pre-larva, larva, protoninfa, deutoninfa, tritoninfa e adulto. Generalmente queste specie svolgono solamente 1 generazione all'anno e l'inverno è attraversato da adulti ibernati nel terreno dove le femmine deporranno anche le uova in primavera. Le larve compaiono quindi a partire da aprile ma i mesi più caldi dell'estate vengono attraversati in stato quiescente nel terreno dalla protoninfa. Gli adulti si possono osservare generalmente a partire da settembre. L'adulto predilige gli afidi immaturi mentre le ninfe i ragnetti rossi. Entrambi trattengono la preda attraverso i palpi e il primo paio di zampe per poi inserire i cheliceri nella preda e succhiarne il contenuto (Šundić & Pajović, 2012; Wohltmann & Mağol, 2009; Xin, 1989).



Figura 8. Acaro Trombidiidae su foglia di lattuga a sinistra e nel suolo ai piedi di una pianta di lattuga destra.  
(Foto: L. Cadamuro 23 novembre 2022)

I parassitoidi degli afidi risiedono principalmente nei Braconidae e più nello specifico negli Aphidiinae tra i quali sono presenti diversi generi come *Diaretiella*, *Lysiphlebus*, e soprattutto *Aphidius*, al quale appartiene la specie più comune nel controllo di *A. gossypii*, *Aphidius colemani*. Le femmine di questi parassitoidi depongono l'uovo nell'addome dell'afide da cui si svilupperà la larva che nutrendosi a spese dell'afide lo porterà alla morte. Quando la larva ha completato il proprio ciclo di sviluppo giovanile, è grado di inspessire la cuticola dell'afide che si presenterà successivamente tondeggiante e di colore marrone, dando quindi origine alla caratteristica "mummia" (Figura 9). Da questa, dopo la fase di pupa, fuoriuscirà l'adulto attraverso un foro circolare nella parte addominale. Poiché per il completamento del proprio ciclo è dunque sufficiente un solo afide, questi parassitoidi sono i primi antagonisti naturali che solitamente si manifestano nelle colonie di *A. gossypii* (Conte, 2018; Pennacchi, 2014).



Figura 9. Colonie di *Aphis gossypii* con afidi parassitizzati ("mummie") da *A. colemani*. A destra si possono notare anche i fori di uscita dei parassitoidi dalle mummie. (Foto: L. Cadamuro 28 maggio 2022)



## 1.2 *Aculops lycopersici* (Tryon)

### 1.2.1 Biologia

*Aculops lycopersici* (Tryon), conosciuto come eriofide rugginoso del pomodoro, o “Tomato russet mite” appartiene agli Acari Eriofioidei (Eriophyoidea). *A. lycopersici* è presente in quasi tutte le aree in cui si trovano le Solanaceae (Jeppson et al., 1975). L’ospite principale di *A. lycopersici* è il pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.), una delle colture orticole di maggior importanza a livello europeo e mondiale. Risulta particolarmente dannoso probabilmente a causa della cosiddetta “*Solanum stimulation*” (Bailey & Keifer, 1943) ovvero il particolare effetto in cui all’aumentare della densità delle popolazioni segue un’accelerazione dell’alimentazione dei singoli individui (Royalty & Per Ring, 1988).

*A. lycopersici* è un eriofide vagante vermiforme, di colore giallo ocra e ridotte dimensioni, generalmente 0,1-0,2 mm, presenta 4 zampe e un apparato boccale costituito da 9 stilette inseriti in un rostro. Il ciclo dell’eriofide prevede uovo, 2 stadi ninfali e adulto e in inverno l’eriofide sopravvive spostandosi da piante coltivate a spontanee (Laffi, 1981). Su pomodoro, *A. lycopersici* può svolgere numerose generazioni all’anno e il suo ciclo vitale risulta fortemente influenzato dalle condizioni ambientali per le quali preferisce temperature elevate e bassi livelli di umidità (Vervaeet et al., 2021). Nelle condizioni ottimali di circa 27°C e 30% UR il ciclo può essere completato in soli 6-7 giorni, la longevità arrivare fino a 30 giorni e le femmine possono deporre fino a 57 uova (solitamente si trovano vicino alle nervature o in prossimità dei tricomi) a partire da 2 giorni dopo la loro comparsa (Bailey & Keifer, 1943; Rice & Strong, 1962; Vervaeet et al., 2021). Questo indica come l’eriofide sia un parassita dallo sviluppo incredibilmente rapido in grado di raddoppiare la propria popolazione in meno di 3 giorni a 25°C (Duso et al., 2010).

Le infestazioni di *A. lycopersici* causano danni a livello di foglie, fusto e frutti. I sintomi più precoci sono caratterizzati da un’argentatura delle pagine inferiori delle foglie che successivamente tendono ad accartocciarsi ai bordi ed ingiallirsi fino a raggiungere colorazioni brunastre e disseccamento della foglia che può portare anche a fenomeni di filloptosi (Duso et al., 2010). Nel fusto, allo stesso modo si possono osservare delle alterazioni del tessuto epidermico che tende ad assumere una colorazione bruno-nerastra e a fessurarsi longitudinalmente soprattutto se l’attacco avviene durante il periodo di produzione. Infine, sui frutti, è possibile osservare i caratteristici sintomi

quali rugginosità e fessurazioni sulle bacche (Royalty & Per Ring, 1988). Diversi studi hanno evidenziato come l'associazione tra l'eriofide e il pomodoro sia influenzata da diversi fattori legati anche alla varietà di pomodoro. Nello specifico, si è osservato come la produzione di alcuni composti chimici, la densità e il tipo di tricomi influenzino significativamente la distribuzione dell'eriofide sulle piante di pomodoro, indicando come un importante fattore di resistenza la presenza di un'elevata densità di tricomi ghiandolari associati alla maggior produzione di tridecan-2-one (Leite et al., 1999). Diverse varietà di pomodoro hanno dimostrato, infatti, differenti comportamenti di *A. lycopersici* in quanto a: tasso di sopravvivenza, durata dello sviluppo e produzione di uova (MeiYu et al., 2008). I danni causati da *A. lycopersici* sono generalmente più intensi nelle piante in stress idrico e in ogni caso nel periodo prossimo alla raccolta.

### 1.2.2 Controllo chimico

La lotta chimica ad oggi è affidata principalmente a piretrine, azadiractina e zolfo ma questi interventi non risultano in genere particolarmente efficaci soprattutto a causa della dispersione dell'eriofide, il suo comportamento criptico e l'ampia scelta di piante ospiti alternative (Duso et al., 2010). *A. lycopersici*, infatti, sfrutta la protezione fornita dai numerosi tricomi ghiandolari presenti sulle foglie di pomodoro spostandosi verso nuova vegetazione in cui i tricomi sono ancora presenti quando a causa della sua attività nutrizionale questi sono portati alla degenerazione.

### 1.2.3 Controllo biologico

Negli ultimi anni molti studi hanno indagato la presenza e l'efficacia di possibili predatori nei confronti di *A. lycopersici*. In una recente pubblicazione (Vervaet et al., 2021) è stato riassunto lo stato dell'arte ad oggi sulle conoscenze riguardo al controllo biologico di *A. lycopersici*. Le specie che in generale sono in grado di sviluppare sull'eriofide sono molto numerose, tuttavia, la maggior parte di queste non è stata in grado di assicurare gli stessi risultati quando posta su pomodoro (Vervaet et al., 2021). Questo probabilmente è dovuto alla morfologia delle sue foglie, in particolare alla presenza di numerosissimi tricomi di tipo ghiandolare che le rendono meno ospitali per gli antagonisti naturali rispetto agli eriofidi (Simmons & Gurr, 2005). Nella seguente tabella (Tabella 2) sono riportate le principali specie che si sono dimostrate in grado di sviluppare su *A. lycopersici* in foglie di pomodoro.

Famiglia	Specie	Condizioni climatiche	Stadio del predatore	Stadio <i>A. lycopersici</i>	Efficacia	Periodo predazione
Phytoseiidae	<i>Neoseiulus cucumeris</i> III-C e III-A	25°C, 65% UR	1 femmina in ovideposizione	Forme mobili	152	24 h
		30°C, 60% UR	1 femmina in ovideposizione	Forme mobili	175	24 h
		35°C, 55% UR	1 femmina in ovideposizione	Forme mobili	179	24 h
	<i>Amblyseius swirskii</i> III-C	25°C, 70% UR	1 adulto femmina	Forme mobili	103 (teorico)	24 h
	<i>Typhlodromus recki</i>	25°C, 70% UR	1 giovane femmina gravida	Non specificato	50	24 h
Iolinidae	<i>Homeopronematus anconai</i>	25°C, —	1 adulto	Deutoninfa	69	24 h
		25°C, 70% UR	1 adulto maschio	Uova	14	24 h
				Ninfa	22	24 h
				Adulto	8	24 h
		25°C, 80–94% UR	2 adulti femmina	Popolazione in sviluppo	Fino a 85%	18 gg
		24–29°C, 55–67% UR	2 adulti femmina	Popolazione in sviluppo	Fino a 100%	37 gg
Stigmaeidae	<i>Agistemus exsertus</i>	30°C, 75% UR	1 adulto femmina	Uova	60	24 h
			1 adulto femmina	Forme mobili	45	24 h

Tabella 2. Raccolta dei risultati ottenuti da acari predatori su *A. lycopersici* presenti ad oggi in letteratura. Tutte le prove riportate sono state eseguite in laboratorio su foglia di pomodoro tranne *A. swirskii* che è stato testato su foglia di *Solanum Nigrum*. Fonte: (Vervaet et al., 2021)

I risultati migliori sono stati ottenuti da specie appartenenti ai Phytoseiidae ma anche ai Tydeoidea, più specificatamente negli Iolinidae, e agli Stigmaeidae. Si evidenzia come tutte le specie di Fitoseidi riportate (Tabella 2) presentino un comportamento alimentare di tipo generalista indicato come Tipo III nel caso di *Neoseiulus cucumeris* e *Amblyseius swirskii* (McMurtry & Croft, 1997). *Homeopronematus anconai* è considerata una specie prevalentemente predatrice anche se le specie appartenenti ai Tydeoidea sono generalmente considerate onnivore (Pemberton & Turner, 1989; Yanar et al., 2013).

Estremamente interessante tra gli Iolinidi, sono recentemente risultati *Pronematus ubiquitous* (non presente nell'analisi di Vervaet per pubblicazione successiva) oltre che

*Homeopronematus anconai* i quali, se fatti insediare preventivamente, e mantenuti con l'ausilio di polline sulle piante di pomodoro si sono dimostrati in grado di contenere l'eriofide evitando anche la manifestazione dei tipici sintomi, risultato non raggiunto con *Neoseiulus californicus*, *Amblyseius andersoni* e *Neoseiulus fallacis* (Pijnakker, Hürriyet, et al., 2022). *Pronematus ubiquitus*, inoltre, si è dimostrato capace di contenere anche infestazioni di oidio (*Oidium neolycopersici*) rappresentando quindi un'ottima soluzione per la protezione biologica del pomodoro (Pijnakker, Moerkens, et al., 2022).

Altre specie studiate sono state: *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor), *Amblyseius lentiginosus* (Denmark & Schicha), *Euseius concordis* (Chant), *Euseius victoriensis* (Womersley) e *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *T. swirskii*, *T. athiasae*, *P. talbii* (Momen & Abdel-Khalek, 2008) che hanno dimostrato un tasso di crescita sull'eriofide paragonabile a quello di *N. californicus* ma i dati in loro proposito sono ad oggi limitati oppure non si sono dimostrati in grado di poter portare un controllo significativo nei confronti di *A. lycopersici*.

Si evidenzia, infine, come oltre ad acari siano stati dimostrati possibili risultati positivi verso il controllo di *A. lycopersici* con *Feltiella* sp. (Diptera, Cecidomyiidae) in Australia e *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae) in Italia che tuttavia, anche in questo caso, hanno dimostrato effetti meno evidenti in pieno campo (Duso et al., 2010).

### 1.3 Ruolo dell'(E)- $\beta$ -Farnesene negli insetti

È risaputo che gli insetti sono in grado di comunicare attraverso lo scambio di segnali per l'accoppiamento, l'aggregazione, l'autodifesa, la predazione e l'allarme sfruttando la produzione e la ricezione di varie sostanze chimiche volatili (Cotes et al., 2015).

Tra le molecole utilizzate a tale scopo la più rilevante è un'olefina sesquiterpenica aciclica, l'E $\beta$ F, protagonista di moltissime interazioni sia tra gli insetti che tra gli insetti e le piante (Crock et al., 1997).

Uno dei casi in cui E $\beta$ F assume un ruolo cruciale all'interno di un sistema di segnalazione è rappresentato dal feromone di allarme negli afidi (Bowers et al., 1972; Edwards & Murray, 1973; Nishino et al., 1977; Pickett & Griffiths, 1980). L'E $\beta$ F negli afidi viene emesso tramite i sifuncoli (o cornicoli) presenti sull'addome (Yu et al., 2012) ed è prodotto dalla maggioranza delle specie, tra cui *A. gossypii* (Pickett et al., 1992). Francis et al. (Francis, Vandermoten, et al., 2005; Nishino et al., 1977), infatti, hanno dimostrato come su 23 specie di afidi testate, l'E $\beta$ F rappresenti il principale composto volatile prodotto in 16 di queste e un componente secondario in altre 5, non risultando prodotto solamente in 2 (*Euceraphis punctipennis* e *Drepanosiphum platanoides*). L'E $\beta$ F è prodotto e recepito sia dallo stadio di ninfa che di adulto (Kunert et al., 2008) e questo indica, insieme alla larga diffusione tra le specie, l'estrema importanza di questo semichimico per gli afidi (Song et al., 2021).

E $\beta$ F, nello specifico, è un feromone di allarme che viene prodotto in seguito ad un attacco da parte di nemici naturali (Kunert et al., 2008) e a cui, gli individui sensibili rispondono tendendo ad agitarsi e a disperdersi (Crock et al., 1997). Nel caso in cui sia la stessa pianta a produrre tale composto, si verifica un effetto simile che porta ad evitare la colonizzazione di questa da parte degli afidi, un comportamento che risulta più evidente nelle forme alate rispetto a quelle attere (Wohlers, 1981).

L'evoluzione dei rapporti tra fitofago e nemici naturali ha portato l'E $\beta$ F ad assumere anche un ruolo di kairomone (ovvero un semiochimico che avvantaggia un individuo di un'altra specie) per molti predatori e parassiti che quindi hanno sviluppato la capacità di localizzare le prede percependo proprio questo composto (Yu et al., 2012). Nella seguente tabella (Tabella 3) sono riportate le specie di predatori e parassitoidi per le quali, ad oggi, è stato dimostrato il ruolo di kairomone dell'E $\beta$ F; in particolare sono specie che risultano particolarmente utili per il controllo di *A. gossypii* e tra queste vi sono specie osservate nel corso della presente tesi.

In generale, tuttavia, occorre evidenziare come tali correlazioni tra kairomone e insetto sensibile siano state evidenziate in prove di laboratorio e quindi potrebbero risultare non altrettanto efficaci in normali condizioni di campo. Questo è quanto emerso in un recente studio (Joachim & Weisser, 2015) in cui 13 potenziali predatori di *Acyrtosiphon pisum* hanno dimostrato in condizioni di campo di essere attratti solo in presenza di livelli esagerati di EβF (628,69 - 1494,57 ng/h) e non in condizioni normali (80,02 - 128,01 ng/h). Tale risultato è stato in parte confermato da Vosteen et al. (Vosteen et al., 2016) che hanno dimostrato come parassitoidi, Sirfidi, Coccinelle e Crisopidi in condizioni di campo siano generalmente attratti da quantità di EβF attorno ad almeno 1 µg, una quantità considerata dagli autori difficilmente raggiungibile nelle infestazioni di afidi visto che la quantità massima di EβF prodotta per afide è di 50 ng (Afide del pisello). Tuttavia, occorre sottolineare in primo luogo come le colonie di *A. gossypii* siano in genere composte da un numero estremamente elevato di individui che, pertanto, potrebbero produrre quantità di EβF sufficienti ad attrarre i predatori e in secondo luogo, come indicato nello stesso studio (Vosteen et al., 2016), i predatori potrebbero essere attratti anche dalle stesse piante che in alcuni casi sono in grado di produrre anch'esse EβF in risposta ad un attacco di fitofagi.

Ordine	Famiglia	Specie	Utile contro afidi	Osservato durante la prova	Risposta all'EβF	Riferimenti bibliografici alla risposta all'EβF
Coleotteri	Coccinellidi	<i>Coccinella septempunctata</i>	Si	No	Si	(Cui et al., 2012)
		<i>Harmonia axyridis</i>	Si	Si	Si	(Cui et al., 2012; Verheggen et al., 2007)
		<i>Adalia bipunctata</i>	Si	No	Si	(Francis et al., 2004)
		<i>Propylea japonica</i>	Si	No	Si	(Cui et al., 2012)
		<i>Hippodamia convergens</i>	Si	No	Si	(Acar et al., 2001)
		<i>Coleomegilla maculata</i>	Si	No	Si	(Zhu et al., 1999)
		<i>Adonia variegata</i>	Si	Si	-	
		<i>Hippodamia variegata</i>	Si	Si	-	
	<i>Scymnus spp.</i>	Si	Si	-		
	Carabidi	<i>Demetrias spp.</i>	Si	Si	-	
<i>Pterostichus melanarius</i>		Si	No	Si	(Kielty et al., 1996)	
<i>Pterostichus melanarius, Harpalus rufipes, Nebria brevicollis</i>		Si	No	Si	(Eastwood, 1996)	
Ditteri	Sirfidi	<i>Episyrphus balteatus</i>	Si	Si	Si	(Francis et al., 2005a; Harmel et al., 2007)
		<i>Eupeodes corollae</i>	Si	No	Si	(Wang et al., 2022)
	Cecidomidi	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Si	Si	-	(Acar et al., 2001)
Imenotteri	Braconidi	<i>Diaretiella rapae</i>	Si	No	Si	(Cui et al., 2012)
		<i>Aphidius uzbekistanicus</i>	No	No	Si	(Micha et al., 1996)
		<i>Aphidius ervi</i>	Si	No	Si	(Du et al., 1998)
		<i>Aphidius Colemanii</i>	Si	Si	-	(Cui et al., 2012)
Neurotteri	Crisopidi	<i>Chrysoperla carnea</i>	Si	Si	Si	(Zhu et al., 1999)
		<i>Chrysopa perla</i>	Si	Si	-	
Emitteri	Miridi	<i>Macrolophus pygmaeus</i>	Si	Si	-	
	Nabidi	<i>Nabis limbatus</i>	Si	Si	-	
Acari	Trombidiidae	<i>Allothrombium spp.</i>	Si	Si	-	
Ragni	varie		Si	Si	No	(Cui et al., 2012)

Tabella 3. Confronto tra le specie di insetti capaci di utilizzare l'EβF come kairomone, quelle coinvolte principalmente nel controllo di *A. gossypii* e quelle osservate nel corso della presente sperimentazione.

## 1.4 Il genere *Mentha*

### 1.4.1 Descrizione della specie

*Mentha* è un genere appartenente alla famiglia delle Lamiaceae largamente distribuita in tutto il mondo, soprattutto nelle zone temperate e sub-temperate (Bhat et al., 2002). Le piante appartenenti a questo genere sono delle piante erbacee perenni che presentano un apparato radicale caratterizzato principalmente da rizomi e stoloni, foglie opposte, picciolate, lanceolate con margine dentato e fiori raggruppati in verticilli posti su spighe e il frutto è un tetrachenio.

Il genere *Mentha* è di difficile definizione e il numero di specie tassonomicamente ascrivibili ad esso è pertanto oggetto di speculazione. Questo è dovuto principalmente alla poliploidia che porta in queste piante un numero cromosomico estremamente elevato e alla facilità con cui avviene ibridazione interspecifica che ha portato alla generazione di moltissimi ibridi. Tra le numerosissime specie descritte possiamo considerare tra le principali per l'areale europeo le seguenti: *M. arvensis*, *M. aquatica*, *M. suaveolens*, *M. spicata* e *M. longifolia*. Tuttavia, la maggior parte delle specie importanti dal punto di vista commerciale sono specie anfiploidi o ibridi in quanto questi sono generalmente sterili e riprodotti per via vegetativa consentendo quindi di avere una maggior stabilità nel tempo. Le principali differenze osservabili tra le varietà di menta afferiscono al tipo di infiorescenza che può essere capitata, spicata o verticillata e in base alla tomentosità delle foglie (Šarić-Kundalić et al., 2009). Nelle foglie di queste specie, infatti, si possono osservare sia peli ghiandolari che non ghiandolari, presenti in diverse forme e diverse densità nelle varie specie di questo genere, aspetti che comunque non sembrano essere direttamente correlati a differenze nello spettro dei composti volatili direttamente emessi dalle relative specie (Šarić-Kundalić et al., 2009).



#### 1.4.2 Produzione di (E)- $\beta$ -Farnesene

E $\beta$ F viene prodotto oltre che da numerosi insetti come riportato in precedenza, anche da numerose specie vegetali come pino silvestre (Mumm et al., 2002), patata *L.* (Harmel et al., 2007), mais, tabacco, cotone, fagiolo di lima (Fabbri, 2008) in risposta ad un danno provocato da un fitofago al fine di attirare il relativo predatore o in condizioni normali come avviene nel caso di *Mentha* spp. (Crock et al., 1997; Yu et al., 2012).

I terpenoidi, cui appartiene l'E $\beta$ F, sono tra i principali composti volatili prodotti dalle piante, dalla via del Mevalonato o dalla via del MEP (2-C-metil-D-eritritolo 4-fosfato) dai cui si generano l'isopentil difosfato (IPP, C5) e il suo isomero aliciclico dimetilallil difosfato (Mahmoud & Croteau, 2002). Successivamente, in seguito a reazioni di condensazione si formeranno: GPP, geranil difosfato (C10), GGPP, geranilgeranil difosfato (C20) e FPP, farnesil difosfato (C15) da cui si origineranno steroli e sesquiterpeni cui appartiene l'E $\beta$ F (Yu et al., 2012). Per quanto riguarda la menta, sono stati isolati e caratterizzati due geni E $\beta$ F-sintasi in *Mentha*  $\times$  *piperita* individuati come: AF024615 (Crock et al., 1997) e AJ86642 (Prosser et al., 2006).

La capacità della menta di produrre un composto che funge da feromone di allarme negli afidi ha fatto ipotizzare che le piante di menta possano esercitare un'attività di controllo delle infestazioni di *A. gossypii*. Tuttavia, è stato evidenziato come nonostante l'E $\beta$ F sia sintetizzato dalla pianta, il suo effetto sugli afidi risulti inibito a causa della contemporanea sintesi di altri composti. In particolare, l'effetto di dispersione dell'E $\beta$ F sembra essere inibito da parte di  $\alpha$ -Humulene, Gurjuenene e soprattutto  $\beta$ -Cariofillene, un composto volatile molto comune nelle piante e biosinteticamente correlato all'E $\beta$ F (Abassi et al., 2000). Questa problematica unita ad altre legate alla stessa natura dell'E $\beta$ F come la sua alta volatilità e la sua facile ossidazione (Dawson et al., 1982) ha portato la ricerca a concentrarsi prevalentemente sullo sviluppo di soluzioni quali l'impiego come estratto di oli essenziali e la creazione di piante geneticamente modificate in grado di produrre tale composto autonomamente. In questo senso i lavori svolti da Yufeng Sun (Sun et al., 2011), Jiahui Liu (Liu et al., 2021) e Xiu-Dao Yu (Yu et al., 2012) hanno dimostrato l'efficacia di prodotti basati sull'E $\beta$ F nel controllo di vari afidi.

Il  $\beta$ -Cariofillene è coinvolto anche nell'inibizione del ruolo di kairomone dell'E $\beta$ F probabilmente a causa della capacità sviluppata nei predatori di saper riconoscere la

presenza di afidi anche all'interno di un ecosistema in cui l'E $\beta$ F potrebbe appunto provenire da altre fonti come i vegetali (Vosteen et al., 2016). Tale ipotesi è stata confermata nel caso di *Coccinella septempunctata* in cui si è determinato come grazie a dei recettori specifici per entrambi i composti, gli individui si sono dimostrati attratti da fonti di solo E $\beta$ F e non da fonti da cui provenivano insieme E $\beta$ F e Cariofillene (Abassi et al., 2000). Tuttavia, occorre sottolineare, come indicato già in passato (Dawson et al., 1982), che l'effetto inibitorio da parte di  $\beta$ -Cariofillene è spesso parziale e strettamente correlato alla sua quantità in rapporto a quella dell'E $\beta$ F. In letteratura non sono presenti studi specifici e approfonditi sulla produzione di questi composti da parte di *Mentha* spp. Sono stati riepilogati i dati pubblicati sulla composizione di oli essenziali ottenuti da diverse specie di menta. I risultati riportati appartengono a diversi studi e pertanto è presente una certa variabilità. È possibile osservare come il contenuto di E $\beta$ F e  $\beta$ -Cariofillene e il loro rapporto sia molto variabile in base a specie, cultivar, età della pianta e condizioni climatiche in cui questa si trova. I dati indicano, dunque, come non si possa escludere a prescindere l'efficacia dell'E $\beta$ F prodotto da *Mentha* spp. e che occorra, invece, svolgere studi più approfonditi sulla composizione dei suoi composti volatili e il suo possibile impiego in agricoltura.

Specie	cv	Età pianta (DAT o anni)	Altri parametri	EβF (%)	β-Caryophyllene (%)	Riferimenti bibliografici
<b>Mentha arvensis</b>	Kosi	30, 60, 90, 120, 150	-	-	t	(Verma et al., 2010a)
	Saksham	30, 60, 90, 120, 150	-	-	0 (t a 150)	
	Kalka	30, 60, 90, 120, 150	-	-	0 (t a 150)	
	Himalaya	30	-	-	0,14	
		60, 90, 120	-	-	0	
150		-	-	t		
<b>Mentha piperita</b>	CIM-Indus	60	-	0,41	0,76	
		90	-	0,4	4,13	
		120	-	0,47	4,86	
		150	-	0,29	3,27	
		180	-	0,31	2,43	
	Kukrail	30	-	t	0,19	
		60	-	0,19	0,79	
		90	-	0,18	0,96	
		120	-	0,22	0,95	
		150	-	0,14	0,74	
		180	-	0,17	1,03	
	CIM-Madhurus	30	-	t	-	
		60	-	0,28	0,89	
		90	-	0,21	1,1	
		120	-	t	0,89	
		150	-	0,18	0,79	
		180	-	t	1,02	
	Non specificato	3 anni	Non ombreggiante	0,04	0,33	(Ilić et al., 2022)
			Ombreggiante	0,12	0,73	
		-	-	-	0,156	2,068
	<b>Mentha viridis</b>	Non specificato	-	-	0,147	2,704
<b>Mentha rotundifolia</b>	variegata - Ananas	-	Essiccazione a 22°C	4,22	0	(Jing et al., 2013)
			Essiccazione a 60°C	5,66	0	
	Non specificato	1 anno	Piena fioritura	-	-	(Radu & Radu, 2014)
			Pre-fioritura	-	-	
		2 anni	Piena fioritura	-	-	
			Fine fioritura	-	-	
		3 anni	Pre-fioritura	-	-	
			Piena fioritura	-	-	
	<b>Mentha suaveolens</b>	Non specificato	1 anno	Piena fioritura	1,017	-
Pre-fioritura				1,456	-	
2 anni			Piena fioritura	1,228	-	
			Fine fioritura	-	-	
3 anni			Pre-fioritura	2,046	-	
			Piena fioritura	-	-	

Tabella 4. Confronto tra i risultati ottenuti nel contenuto percentuale di EβF e β-Cariofillene negli studi presenti in letteratura.

### 1.4.3 Rapporti tra *Mentha* spp. e acari

Le piante di menta potrebbero esercitare effetti anche sulle popolazioni degli acari. È risaputo innanzitutto come oli essenziali e vari estratti ottenuti da diverse specie di *Mentha* sp. possiedano capacità repellente ed acaricida. Gli studi a questo proposito legati ad acari di interesse agrario si sono concentrati particolarmente sulla possibilità di utilizzare tali prodotti contro *Tetranychus urticae*, dimostrando come moltissime specie ottenessero risultati promettenti: *M. spicata* (Abd- Allah et al., 2022), *M. longifolia* (Momen et al., 2018) e *M. piperita* (Momen et al., 2005). Si evidenzia come anche in questo ambito siano state evidenziate differenze tra le diverse specie di menta impiegate relativamente a *T. urticae* rispetto ai relativi predatori.

Oltre a questo effetto diretto verso gli acari, tuttavia, le piante di menta presentano un altro legame con gli acari che risulta maggiormente interessante ai fini del presente studio, ovvero il ruolo di queste come riserva di acari predatori di acari fitofagi.

In un recente studio svolto in Francia (Toniazio, 2018) si è evidenziato, infatti, come i Fitoseidi, in particolare *Typhlodromus recki* siano presenti naturalmente in grande quantità su piante di *Mentha suaveolens*. Questa relazione potrebbe essere motivata dalla tomentosità fogliare che presenta tale specie come riportato anche in seguito (Tabella 5), una caratteristica per la quale in numerosi studi è stata dimostrata una forte preferenza da parte di numerose specie appartenenti ai Phytoseiidae oltre che ai Tydeoidea (Tydeidae e Iolinidae). Seppure non tutte le specie di acari predatori preferiscano foglie tomentose come, ad esempio, *Amblyseius andersoni* (Chant) (Camporese & Duso, 1996), in generale, si riscontrano maggiori densità di acari sulle foglie pubescenti. Ad oggi, sono presenti evidenze a questo proposito soprattutto per i Fitoseidi che colonizzano la vite: *Galendromus occidentalis* Nesbitt (Downing & Moilliet, 1967), *Kampimodromus aberrans* Oudemans (Camporese & Duso, 1996; Duso & Vettorazzo, 1999; Rasmy & El-Banhawy, 1974), *Phytoseius finitimus* (Duso & Vettorazzo, 1999), *Amblydromella caudiglans* Schuster (Karban et al., 1995), ma la stessa preferenza è stata dimostrata anche per *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Roda et al., 2001) e per *Typhlodromus pyri* Scheuten (Duso et al., 2003). La presenza di tricomi potrebbe essere preferita da queste specie per la protezione fornita verso possibili predatori anche della stessa specie, la ricerca di condizioni abiotiche favorevoli, la maggior probabilità di trovare prede (Schmidt, 2014) ma anche, nel caso di specie generaliste, per l'effetto di immagazzinamento di polline da parte dei peli

fogliari, come dimostrato per *T. pyri* (Roda et al., 2003). Proprio grazie a questo ultimo aspetto, ad esempio, è stata dimostrata anche la possibilità di controllare le infestazioni di *A. lycopersici* grazie al mantenimento di acari Iolinidae (*Homeopronematus anconai* e *Pronematus ubiquitous*) sulle piante di pomodoro attraverso la somministrazione di polline (Pijnakker, Hürriyet, et al., 2022). Questi aspetti legati alla morfologia delle foglie di menta possono indicare, quindi un loro possibile utilizzo come banker plants di acari utili e quindi un possibile strumento per il contenimento di *A. lycopersici*.

## **1.5 Scopo del lavoro**

Con il presente lavoro si è intesa valutare la possibilità di contenere le infestazioni di *A. gossypii* e *A. lycopersici* su varie colture orticole tramite la consociazione di queste con piante di menta. Si è cercato di capire se queste piante svolgono funzioni di repellenza nei confronti degli afidi e di attrazione verso i predatori sia di afidi che di acari tramite il monitoraggio delle rispettive popolazioni in una situazione di reale coltivazione. Inoltre, sono state impiegate diverse varietà di menta con lo scopo di fornire possibili indicazioni preliminari per eventuali futuri approfondimenti.

## 2. Materiali e metodi

### 2.1 Sito aziendale

Le prove sono state svolte presso l'azienda agricola "Casa di Anna", situata in provincia di Venezia, N 45° 30' 17.528"; E 12° 11' 40.768".

L'azienda è in regime biologico e si estende su un totale di 3,5 ha di superficie coltivata, di cui 2500 m<sup>2</sup> di colture protette, suddivisi in 5 serre distinte. Le prove svolte su zucchini e pomodoro si sono svolte all'interno di una serra di dimensioni pari a 1680 m<sup>2</sup> (24x70 m) mentre la prova svolta su lattuga in una serra di dimensioni 250 m<sup>2</sup> (10x25 m). Entrambe le serre presentano la regolazione automatica delle pareti per il controllo della temperatura che è stata impostata a 25°C, il terreno è stato preparato con aiuole coperte con un telo pacciamante a maglie intrecciate. In entrambe le serre era presente un sistema di irrigazione a goccia regolato manualmente.

Nell'azienda è presente un giardino con aiuole rialzate permanenti, chiamato "Orto-giardino" realizzato a scopo didattico, che ospita moltissime specie erbacee raccolte secondo il loro impiego. Qui si trova un'aiuola in cui sono presenti diverse varietà di menta che nel presente studio sono state impiegate per un'indagine descrittiva su alcune possibili differenze all'interno di *Mentha* spp.

### 2.2 Colture utilizzate

#### 2.2.1 Zucchini

Per la sperimentazione sono state utilizzate piante di zucchini (*Cucurbita pepo* L.) varietà Milos. Il trapianto in campo è stato eseguito il 28 marzo 2022 e le piante disposte in una fila singola con una densità di 1,8 piante/m<sup>2</sup>. La concimazione è stata eseguita unicamente alla preparazione del terreno tramite l'apporto di 3 kg/m<sup>2</sup> di un ammendante compostato verde (ACV).

Le piante durante l'intero ciclo hanno subito unicamente 3 trattamenti nei giorni 8, 15 e 24 giugno a causa di un importante attacco oidico. A tale scopo è stato impiegato Bicarbonato di potassio che data la modalità di azione e l'assenza di permanenza sulle foglie è possibile considerare come non impattante sull'entomofauna e sull'acarofauna presente. Nessun altro tipo di trattamento è stato eseguito, nemmeno

di natura agronomica, al fine di ridurre al minimo le possibili interferenze con la naturale distribuzione degli afidi e dei loro antagonisti sulle piante.

### 2.2.2 Pomodoro

Per la sperimentazione sono state utilizzate piante di pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) varietà Carminio. Il trapianto è stato eseguito il 28 marzo 2022 per la prima ripetizione e il giorno 15 giugno 2022 per la seconda. Le piante sono state disposte su due file con una densità di 3 piante/m<sup>2</sup>. Le piante non hanno subito nessun intervento fitosanitario durante l'intero ciclo e sono state sottoposte ad operazioni di scacchiatura e legatura indicativamente ogni due settimane.

### 2.2.3 Lattuga

Per la sperimentazione sono state utilizzate piante di lattuga (*Lactuca sativa* L.) varietà Gentile. Il trapianto, eseguito il 24 settembre 2022, in questo caso è stato svolto in vasi di diametro 10 cm con un substrato composto da terriccio e terra di campo. Poiché ogni pianta è stata isolata ai fini della prova tramite un cappuccio di organza come descritto nel capitolo successivo, l'irrigazione in questo caso è stata svolta tramite manichette gocciolanti poste sui sottovasi.

Le piante non hanno subito alcun intervento fitosanitario durante il corso della prova.

### 2.2.4 Menta

Le piante utilizzate nelle prove svolte su zucchino, pomodoro e lattuga, sono state acquistate in un vivaio locale in vasi di diametro 10 cm nelle due settimane precedenti l'inizio della rispettiva sperimentazione. Nella prova svolta su lattuga le piante di menta sono sempre state mantenute su tali vasi mentre, per le prove su zucchino e pomodoro, a causa della prolungata durata della prova, le piante di menta sono state trapiantate in vasi di diametro 22 cm.

L'irrigazione delle piante nel corso delle prove è stata eseguita sfruttando dei sottovasi bagnati tramite le manichette forate impiegate per l'irrigazione della coltura.

La menta presente nella prova "Orto-giardino", invece, è stata acquistata presso un vivaio in Alto Adige (da cui sono riportati i nomi delle varietà presenti) e trapiantate nelle aiuole permanenti 4 anni prima rispetto alla presente prova. Nella seguente tabella (Tabella 5) sono riportate tutte le varietà utilizzate nelle diverse prove del presente studio.

Prova di riferimento	Nome comune	Nome scientifico	Tomentosità della foglia
Zucchini e Pomodoro	Menta Piperita	<i>Mentha x piperita</i>	Media
Orto-giardino	Menta "Basilico"	<i>Mentha x piperita</i> "Basil"	Scarsa
	Menta "Bergamotto"	<i>Mentha x piperita</i> "Bergamotte" (f. citrata)	Scarsa
	Menta "Cioccolato"	<i>Mentha x piperita</i> "Chocolate" (f. citrata)	Scarsa
	Menta Zenzero	<i>Mentha gentilis</i> "variegata"	Scarsa
	Menta Citriodora	<i>Mentha gentilis</i> "citrata"	Scarsa
	Menta Fragola	<i>Mentha suaevolens</i>	Elevata
	Menta Ananas variegata	<i>Mentha suaevolens</i> "variegata".	Elevata
Lattuga	Menta Valdostana	<i>Mentha rotundifolia</i> subs.	Scarsa
	Menta Glaciale	<i>Mentha rotundifolia</i> subs.	Scarsa
	Menta Piperita	<i>Mentha x piperita</i>	Media
	Menta Fragola	<i>Mentha suaevolens</i>	Elevata

Tabella 5. Elenco delle varietà di menta impiegate nelle varie prove della presente sperimentazione e il loro livello di tomentosità fogliare.

### 2.2.5 Banker plants

Le banker plants sono state realizzate secondo le linee generali indicate da Skinner (Skinner et al., 2017). Sono state realizzate utilizzando piante di cetriolo (*Cucumis sativus* L.) varietà Markete per motivi pratici, ovvero in quanto questa specie è tra le piante ospiti di *A. gossypii* e può essere allevata con un assetto strettamente verticale che ha consentito il massimo sfruttamento dello spazio disponibile all'interno delle strutture utilizzate. Le banker plants, infatti, dopo essere state seminate all'interno di vasi di diametro 10 cm, una volta raggiunto lo stadio di seconda foglia vera sono state portate all'interno di box (Figura 10) che permettessero la crescita in un ambiente protetto che da un lato impedisse l'arrivo sulle colonie di *A. gossypii* di predatori o parassitoidi e dall'altro che gli afidi si potessero allontanare verso altre piante. A questo scopo, infatti, le pareti delle box sono state realizzate con TNT (Tessuto non tessuto) in grado di impedire il passaggio degli afidi o di altri insetti e allo stesso tempo permettere una buona aerazione alle piante.





Figura 10. A sinistra foto delle box realizzate per l'isolamento delle piante utilizzate come banker plants. A destra alcune delle piante di cetriolo utilizzate come banker plants all'interno di una box. (Foto: L. Cadamuro)

L'infestazione delle piante di cetriolo con *A. gossypii* è avvenuta apportando delle colonie di afidi trovate in seguito a monitoraggi svolti nelle colture e nelle erbe spontanee nell'azienda in cui si è svolta la prova. Le prime colonie utili sono state individuate in piante di Melanzana (*Solanum melongena* L.) in foto (Figura 11). Le foglie infestate, una volta raccolte, sono state prima sottoposte ad un attento controllo al fine di eliminare eventuali predatori o parassiti presenti e successivamente suddivise in parti contenenti uno stesso numero di afidi ciascuna (è stata adottata un'approssimazione di 5 afidi) poste, in seguito, alla base di ogni pianta di cetriolo in modo da favorire una distribuzione omogenea dell'afide.



Figura 11. Foglie di Melanzana infestate da *A. gossypii*, successivamente impiegate per la realizzazione delle Banker plants. A destra particolare della foto in cui sono osservabili individui di *A. gossypii* in tutti gli stadi di sviluppo e individui parassitizzati. (Foto: L. Cadamuro, 20 maggio 2022)

Nelle settimane successive le banker plants sono state monitorate costantemente al fine di eliminare eventuali nemici naturali non individuati precedentemente tra cui particolarmente problematici si sono dimostrati *Aphidoletes aphidimyza* e *Aphidius colemani*.

È stata inoltre monitorata anche la distribuzione di *A. gossypii* sulle varie piante di cetriolo e costantemente regolata manualmente al fine di ottenere piante omogeneamente infestate al momento della disposizione in campo.



Figura 12. Foglia di cetriolo all'interno delle box prima della messa in campo per l'inizio della prova. (Foto: L. Cadamuro, 28 maggio 2022)

## 2.3 Metodologia sperimentale

### 2.3.1 Prova su zucchini per *A. gossypii*

Lo scopo di tale prova era saggiare i possibili effetti prodotti su *A. gossypii* e i suoi antagonisti naturali dalla consociazione di piante di menta ad una coltivazione di zucchini in una reale situazione di campo.

Al fine di evitare per quanto possibile che i composti volatili prodotti dalla menta potessero influenzare anche le ripetizioni di controllo (non consociate), la prova è stata predisposta secondo lo schema sperimentale riportato in figura (Figura 13). Tale disposizione ha consentito di mantenere le parcelle in uno spazio sufficientemente limitato da contenere le differenze dovute all'ambiente e allo stesso tempo ottenere 9 ripetizioni per tesi.

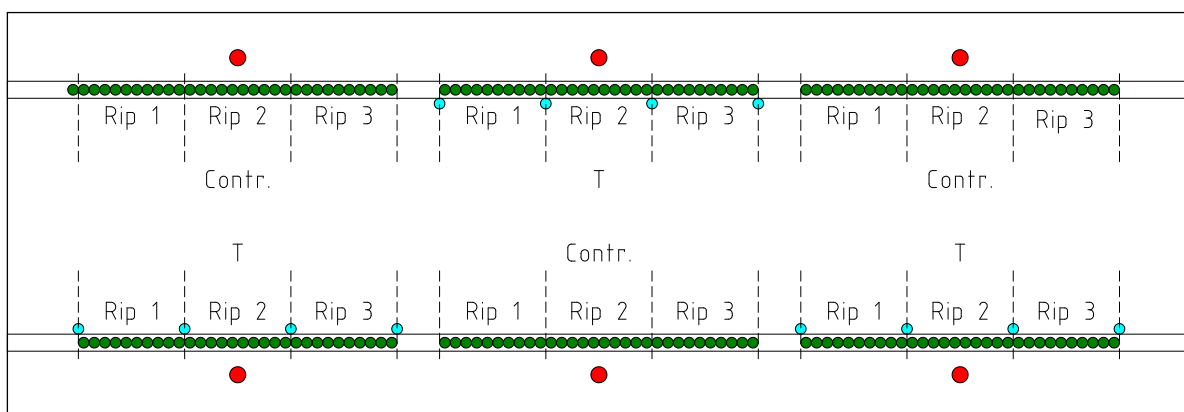


Figura 13. Rappresentazione della disposizione delle piante in prova. Le tesi a confronto sono rappresentate con contr (controllo) e t (tesi trattate). In verde sono rappresentate le piante di zucchini, in azzurro le piante di menta e in rosso le banker plants di afidi.

La prova è stata strutturata con 3 repliche per ogni tesi, ovvero tesi trattata in cui le piante di zucchini erano consociate con piante di menta e controllo non trattato. Ciascuna replica è stata suddivisa in 3 ripetizioni ognuna delle quali era formata da 10 piante di zucchini. Queste erano disposte lungo una fila e ad ogni estremità erano previste 5 piante di rispetto in cui non venivano effettuati monitoraggi al fine di ridurre le possibili interferenze tra le parcelle adiacenti.

Durante i primi mesi di sviluppo le piante sono state coperte con teli in tessuto non tessuto per favorirne la crescita. Il giorno 15 giugno è stata disposta una banker plant per ogni replica, posizionata al centro di questa e distanziata di 1 metro dalle piante di zucchini. Prima di apportare le piante di menta nella prova è stato svolto un monitoraggio (21 giugno) per verificare che le condizioni iniziali della sperimentazione fossero omogenee tra tutte le repliche. Il giorno successivo, le piante di menta

(*Mentha piperita*) sono state disposte con una densità di 4 piante/replica trattata corrispondenti a 1 pianta/5 m<sup>2</sup>, distribuite in una fila singola come si può osservare nelle seguenti immagini.



Figura 14. Predisposizione delle piante di menta nella prova. A destra particolare di una pianta di menta in una ripetizione della prova su zucchini durante la sperimentazione. (Foto: L. Cadamuro)

I monitoraggi, successivamente, sono stati svolti il 26 giugno, 5 giugno, 11 luglio e 19 luglio. Ad ogni monitoraggio, venivano campionate per ogni ripetizione 3 piante scelte casualmente. Per ogni pianta sono state monitorate una foglia basale (scelta casualmente tra le prime 5 foglie sane della pianta) e una foglia apicale (scelta casualmente tra le 5 foglie più giovani). Nel corso dei monitoraggi nelle foglie apicali non sono mai stati rilevati insetti di interesse per la presente sperimentazione e pertanto, tutti i dati riportati nei successivi risultati si riferiscono unicamente alle foglie basali. Il monitoraggio è stato eseguito in loco tramite una lente e una macchina fotografica per poter provvedere al successivo riconoscimento delle specie dell'entomofauna presente.

La prova si è conclusa quando le piante sono arrivate a fine ciclo produttivo e non erano più di interesse economico per l'azienda che ospitava la prova.

### 2.3.2 Prova su zucchini in pieno campo per *A. gossypii* (non completata)

Tra il 21 luglio e il 15 settembre è stata predisposta una prova su zucchini in pieno campo. Lo scopo di tale prova era, oltre a fornire ulteriori dati a supporto della precedente, analizzare diverse varietà di menta in modo da poter saggiare possibili differenze al loro interno e provare a ridurre la variabilità dei dati modificando in parte il procedimento. Nello specifico, *A. gossypii* anziché essere apportato nelle parcelle tramite banker plants, è stato inoculato direttamente su una foglia per pianta e questa chiusa all'interno di un cappuccio di organza (25 x 35 x 0,2 cm) affinché si potessero ottenere colonie esattamente uguali tra loro ed evitare che queste potessero essere precocemente parassitizzate o predate. In questa prova, dunque, dalle colonie di *A. gossypii* nelle banker plants, venivano prelevate le femmine alate per mezzo di una pinza e disposte 5 per foglia di zucchini. Tuttavia, non è stato possibile portare a termine tale prova poiché, nonostante i molti tentativi, non è stato possibile ottenere colonie di *A. gossypii* in un sufficiente numero di foglie di zucchini. Nonostante tecniche simili siano utilizzate allo stesso scopo su varie specie arboree, infatti, le piante di zucchini in questa stagione di crescita presentavano una velocità di crescita ed un'espansione tali da impedire lo sviluppo delle colonie di afidi prima che le foglie occupassero completamente lo spazio a disposizione nel cappuccio andando, di conseguenza, incontro a danni consistenti.

### 2.3.3 Prova su lattuga per *A. gossypii*

Un'ulteriore prova per saggiare gli effetti della menta sulle infestazioni di *A. gossypii* è stata eseguita in autunno e viste le condizioni climatiche in cui si è svolta è stata eseguita su lattuga.

In seguito a quanto osservato nelle precedenti prove, in questa occasione sono stati adottati di conseguenza nuovi accorgimenti al fine di ridurre ulteriormente le possibili fonti di errore presenti nella sperimentazione oltre che saggiare possibili differenze negli effetti ottenuti da diverse varietà di menta. Le piante di lattuga sono state allevate in vasi singoli e fin da subito isolate tramite un cappuccio con rete di organza sufficientemente grande da non disturbare la crescita della pianta (Figura 15).



Figura 15. Pianta di lattuga protetta con cappuccio in organza per lo sviluppo delle colonie di *A. gossypii*.  
(Foto: L. Cadamuro)

L'inoculo di afidi è stato eseguito dapprima utilizzando forme alate (5 femmine alate/pianta) in modo da ridurre ulteriormente la possibile presenza di parassitoidi all'interno delle nuove colonie e solo quando risultava necessario uniformare il numero di individui che componeva ogni colonia, si sono trasportate forme attere (Figura 16).



Figura 16. Particolare della disposizione di un individuo di *A. gossypii* tramite pennello su una foglia di lattuga.  
(Foto: L. Cadamuro)

Si è raggiunto un buon risultato tra grandezza della pianta, numero di afidi presenti e distribuzione omogenea tra tutte le piante il giorno 8 novembre.

Le piante sono state predisposte secondo lo schema sperimentale a blocchi randomizzati riportato (Figura 17). Il blocco sperimentale prevedeva il confronto tra 4 tesi di cui una era il testimone di controllo (non consociata) e le altre 3 prevedevano differenti consociazioni: Menta piperita, Menta glaciale e Menta fragola. Ogni tesi era costituita da 5 piante di lattuga che nel caso delle parcelle trattate erano affiancate a

5 piante di menta disposte casualmente su due file. Il blocco sperimentale è stato ripetuto 3 volte modificando in modo casuale la disposizione delle tesi.

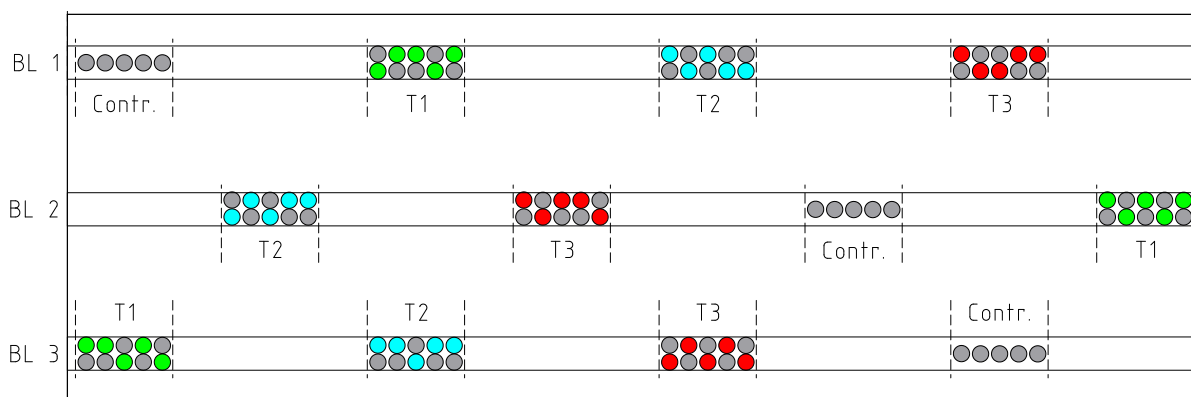


Figura 17. Rappresentazione dello schema sperimentale adottato nella prova su lattuga. Ogni blocco (BL) è costituito da una ripetizione per ogni tesi (Controllo, T1, T2, T3). In grigio sono rappresentate le piante di lattuga, mentre colorate sono le diverse varietà di menta: Piperita (verde), Glaciale (azzurro), Fragola (rosso).

Il giorno 14 novembre, quindi, sono stati rimossi i sacchetti di organza da tutte le piante di lattuga e predisposte le piante di menta che in questa prova erano presenti con un rapporto di 1:1 rispetto alle piante di lattuga.

I monitoraggi sono stati svolti ogni 2 giorni fino al 23.11, quando *A. gossypii* non era più presente nelle piante in prova ed è stato eseguito su tutte le 5 piante di lattuga che costituivano ogni tesi attraverso le stesse modalità adottate nella prima prova su zucchini.

#### 2.3.4 Prove su pomodoro per *A. lycopersici*

Gli effetti ottenibili rispetto ad *A. lycopersici*, invece, sono stati saggiati in due prove svolte su pomodoro, la prima con delle piante trapiantate il 28.03 e la seconda da un trapianto eseguito il 15.06.

Lo schema sperimentale in questo caso, come riportato in Figura 18, prevedeva 3 ripetizioni per ogni tesi a confronto ovvero piante di pomodoro consociate a piante di menta (tesi trattate, "T") e piante di pomodoro non consociate (controllo "contr."). Ogni ripetizione era composta da 10 piante di pomodoro.

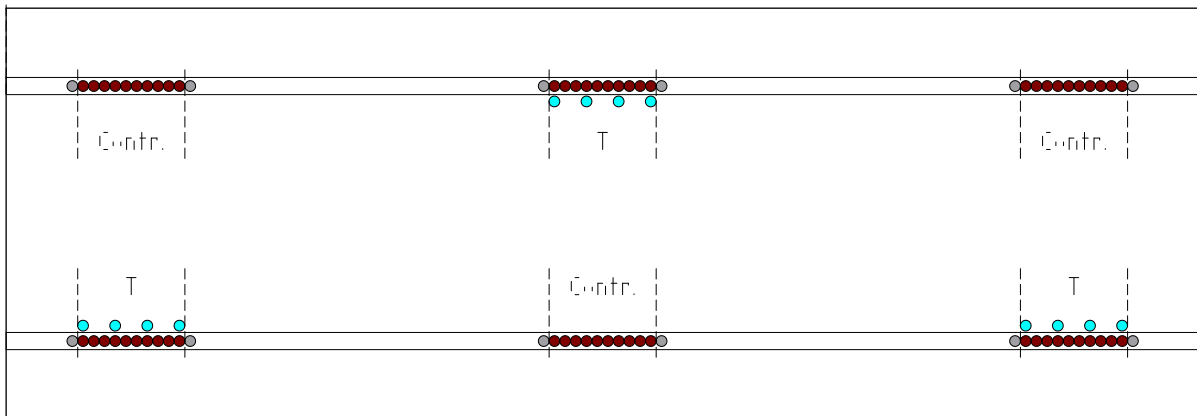


Figura 18. Rappresentazione dello schema sperimentale adottato per entrambe le prove svolte su pomodoro. Nel disegno: in rosso le piante di pomodoro oggetto di monitoraggio, in grigio le piante escluse dal monitoraggio e in azzurro le piante di menta. Le tesi a confronto sono indicate con Contr (controllo) e T (tesi trattate).

Le piante sono state costantemente monitorate per verificare l'arrivo dell'eriofide. I primi danni significativi (foglie e steli con rugginosità) causati da *A. lycopersici* sono stati osservati a partire dal 10 luglio, in modo omogeneo nell'intera serra.

Il giorno 19 luglio, in seguito al termine della prova eseguita su zucchino, è stato eseguito un primo monitoraggio, svolto su una foglia composta/pianta per 5 piante/ripetizione che ha confermato l'effettiva omogeneità tra le ripetizioni prima dell'inizio della prova.

Le piante di menta sono quindi state affiancate alle piante di pomodoro e disposte secondo lo schema sperimentale nel numero di 4 piante/tesi il giorno 11 agosto.

In seguito, sono stati eseguiti due monitoraggio il 30 agosto e il 20 settembre per monitorare l'andamento della crescita delle popolazioni di Eriofidi, Fitoseidi, Tideidi e Iolinidi presenti.

È stata eseguita una seconda ripetizione della prova svolta con la stessa varietà di pomodoro, con lo stesso schema sperimentale e lo stesso procedimento su piante di pomodoro trapiantate il giorno 15 giugno. In questo secondo caso il monitoraggio svolto per assicurare l'omogeneità tra le parcelle è stato svolto il giorno 26 settembre (in seguito alla conclusione della prima ripetizione dell'esperimento) ed è stato svolto un solo monitoraggio, il giorno 20 ottobre poiché già a partire da tale data le piante risultavano compromesse e non permettevano più di ottenere dati sufficienti per l'esperimento.

Il procedimento seguito per il monitoraggio prevedeva la raccolta di una foglia composta per pianta per 5 piante per ogni tesi che venivano prelevate da palchi alla stessa altezza. Le foglie raccolte erano poste in contenitori separati, che venivano tempestivamente portati in laboratorio e qui le foglie analizzate allo stereoscopio. Gli



individui di *A. lycopersici* sono stati conteggiati in tutte le foglie in una superficie di 1 cm<sup>2</sup>/foglia, per 5 foglie semplici per foglia composta. In totale, pertanto, nel presente elaborato i dati sono riferiti ad una superficie di 5 cm<sup>2</sup>/foglia di pomodoro. La scelta dell'area osservata avveniva casualmente sulla superficie fogliare della pagina inferiore delle foglie.

Gli individui di Fitoseidi e Tideoidei riscontrati durante i monitoraggi sono stati conteggiati su tutte le foglie semplici che componevano la foglia composta prelevata e un campione per ogni specie osservata è stato posto in provette Eppendorf con alcol e successivamente predisposto in vetrini per permetterne l'identificazione.

### 2.3.5 Prova menta "Orto-giardino"

Questa prova è stata svolta con lo scopo di saggiare possibili differenze tra le varietà di menta nella loro capacità di attrarre ed ospitare acari utili al controllo di *A. lycopersici*, con particolare riferimento a Fitoseidi e Tydeoidea. A questo scopo, è stata svolta un'indagine su delle piante di menta presenti in delle aiuole permanenti nel cosiddetto "Orto-giardino" dell'azienda precedentemente descritto. È stato svolto un monitoraggio (4 settembre) su 5 piante per ogni specie per ognuna delle quali è stata osservata una superficie fogliare di 60 cm<sup>2</sup> (corrispondente alla pagina inferiore e superiore di 5-7 foglie in base alla specie di Menta).

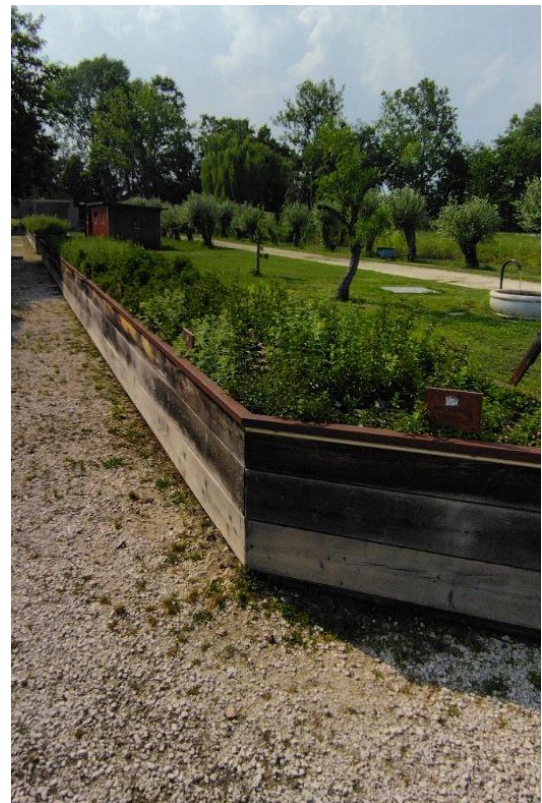


Figura 19. "Orto-giardino" dell'azienda. Aiuola rialzata permanente in cui sono presenti le diverse varietà di menta analizzate nell'indagine.

## 2.4 Analisi statistica

L'analisi statistica è stata svolta mediante un modello generalizzato lineare misto di analisi della varianza (ANOVA) utilizzando il PROC MIXED del SAS. Sono state valutate le differenze tra la numerosità di artropodi, sia fitofagi (afidi) e sia predatori e/o parassitoidi in tre diverse colture: zucchini, pomodoro e lattuga consociate o meno con piante di menta. Come effetto fisso si è considerato la consociazione con la menta in tutte le analisi, inoltre si è anche considerato l'effetto del tempo ed è stato valutato l'effetto dell'interazione della consociazione\*tempo. Laddove quest'ultima fosse risultata significativa, mediante l'opzione SLICE si è andati a valutare le differenze tra tesi (con o senza menta oppure le diverse varietà di menta) entro ciascuna data di campionamento. L'effetto delle variabili indipendenti è stato valutato mediante F test ( $P=0,05$ ) e successivamente è stato eseguito un confronto tra tesi applicando dei t-test sulle differenze tra medie minime quadratiche ( $P=0,05$ ). Prima di ciascuna analisi i dati sulle densità delle popolazioni sono stati controllati e successivamente trasformati in  $\log(x+1)$  per rispettare gli assunti dell'analisi della varianza.

## 3. Risultati e discussione

### 3.1 Prova su zucchini

#### 3.1.1 *Aphis gossypii*

L'analisi statistica effettuata sul totale dei monitoraggi svolti durante la prova evidenzia come, nel complesso, il numero medio di afidi per foglia sia significativamente inferiore nelle tesi in cui le piante erano consociate alla menta ( $F=4,86$ ,  $Gdl=1,80$ ;  $P= 0,03$ ) (Figura 20).

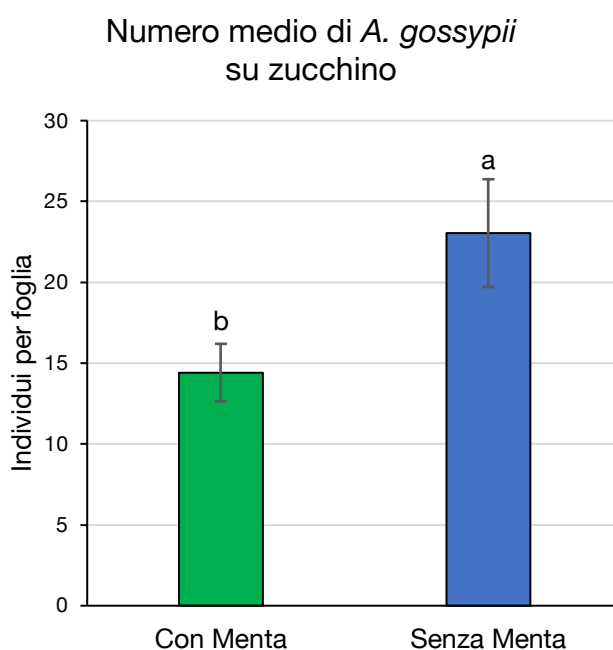


Figura 20. Densità media di *A. gossypii* riscontrata nel corso della prova svolta. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

Non sono risultate, invece, differenze significative per quanto riguarda l'effetto tempo ( $F=1,73$ ;  $Gdl=4,80$ ;  $P= 0,152$ ) (Figura 21) e l'interazione tra le tesi e il tempo ( $F=0,94$ ;  $Gdl=4,80$ ;  $P= 0,443$ ).

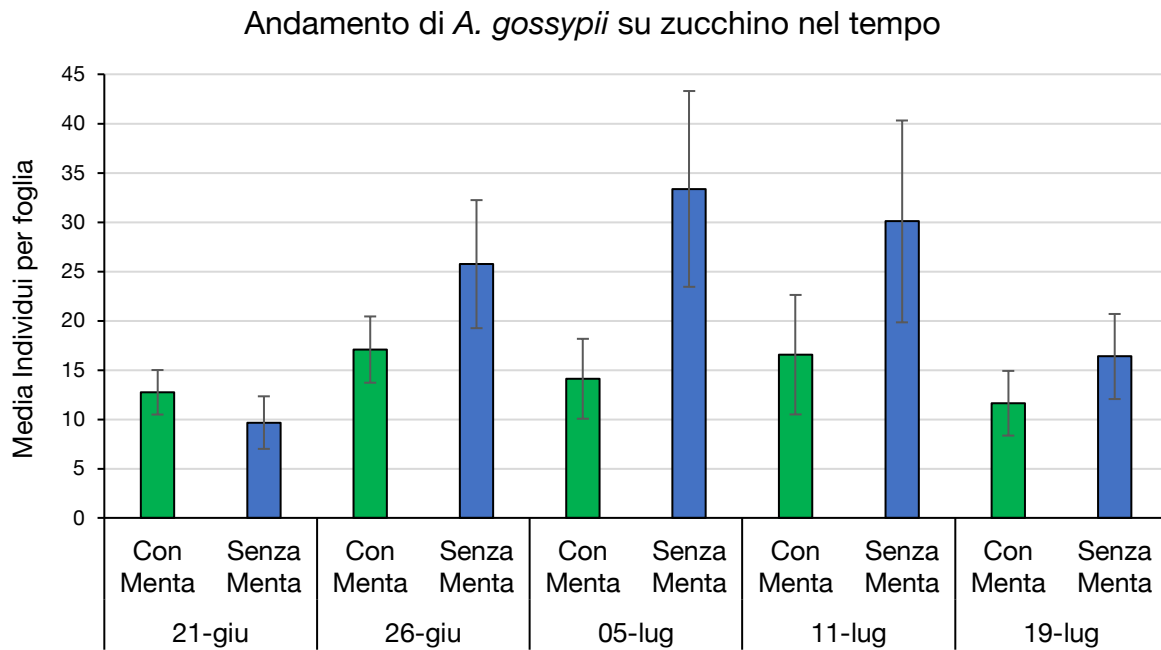


Figura 21. Andamento della densità media di *A. gossypii* nei diversi monitoraggi svolti.

Oltre al numero totale di afidi, anche la loro distribuzione sulle foglie è risultata differente. Nel seguente grafico (Figura 22) sono rappresentate le colonie di *A. gossypii* classificate in base alla numerosità di individui che formavano ogni colonia (con un'approssimazione del 10%). Si evidenzia come nelle piante consociate con menta siano stati tendenzialmente presenti molti più afidi dispersi (ovvero individui solitari) e che, in generale, le colonie nelle tesi con menta erano formate da un numero inferiore di individui rispetto a quelle rilevate nelle piante non consociate con menta.

Classificazione delle colonie di *A. gossypii* per numero medio di individui per colonia

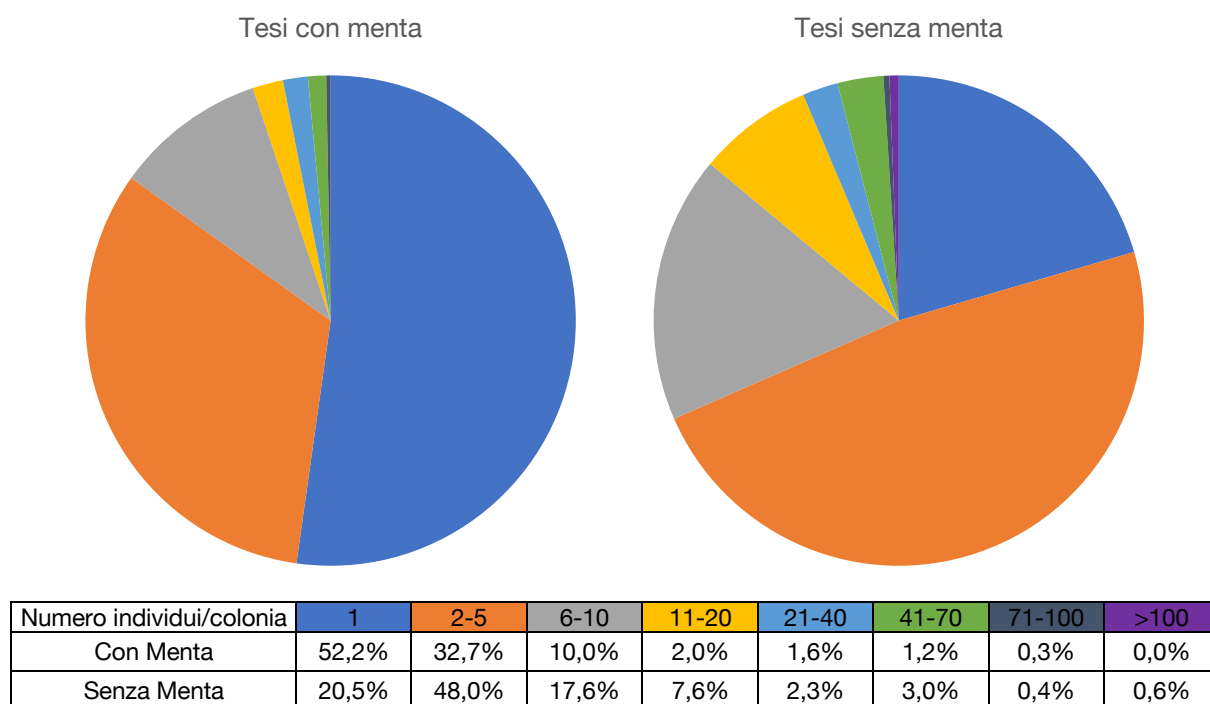


Figura 22. Classificazione delle colonie di *A. gossypii* riscontrate durante l'intera prova in base alla loro densità di popolazione. I valori riportati rappresentano la distribuzione percentuale delle diverse categorie sul totale di colonie rilevate per ogni tesi.

### 3.1.2 Antagonisti naturali

Nel corso dell'intera prova sono state osservate molte specie di antagonisti naturali di *A. gossypii* come riportato in Tabella 3, ma le principali riscontrate nel corso di questi monitoraggi sono *Scymnus* spp. e *Aphidoletes aphidimyza*.

Analizzando nel complesso il numero totale di antagonisti naturali, ovvero l'insieme di Coccinellidi e *A. aphidimyza*, riscontrato nell'esperimento non si sono evidenziate differenze significative tra le tesi a confronto ( $F=2,43$ ;  $Gdl=1,80$ ;  $P= 0,123$ ) (Figura 23).

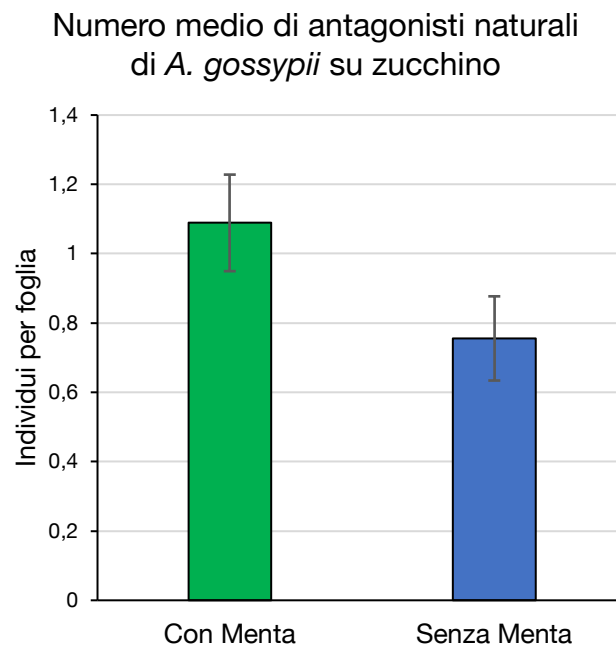


Figura 23. Numero medio di antagonisti naturali di *A. gossypii* riscontrati nei monitoraggi svolti durante l'intera prova (Coccinellidi e *A. aphidimyza*).

Non si sono evidenziate differenze significative nemmeno analizzando singolarmente le diverse specie riscontrate nel corso dei presenti monitoraggi ovvero Coccinellidi, tra i quali la principale specie osservata è stata *Scymnus* spp. e *A. aphidymiza* (Figura 24, Figura 25, Figura 26).

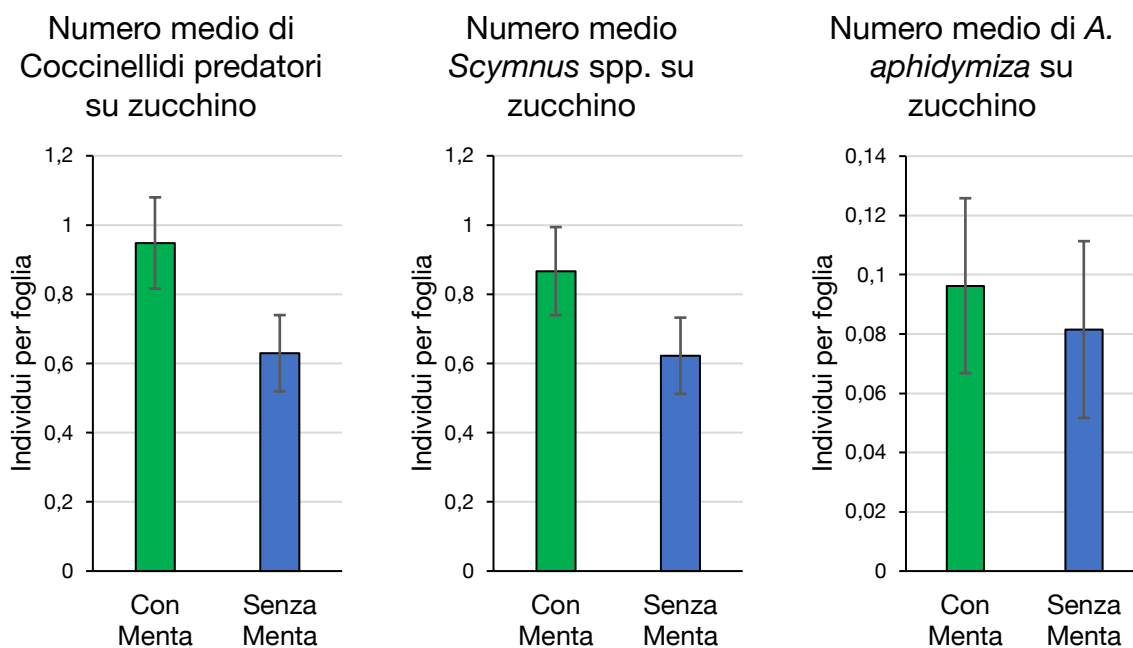


Figura 24. A sinistra. Numero medio di Coccinellidi predatori riscontrati nel corso dell'intera prova.

Figura 25. Al centro. Numero medio di *Scymnus* riscontrato nel corso dell'intera prova.

Figura 26. A destra. Numero medio di *Aphidoletes aphidymiza* riscontrato nel corso dell'intera prova.

### 3.1.3 Confronto tra popolazioni di *A. gossypii* e relativi antagonisti naturali nel tempo

Alla conclusione della prova, *A. gossypii* è stato controllato sia nelle tesi consociate con menta sia in quelle che non lo erano. Confrontando l'andamento nel tempo delle popolazioni dell'afide e dei suoi antagonisti naturali (Figura 27), si evidenzia come in entrambe le tesi a quest'ultimi possa essere attribuito un importante contributo a tale risultato. Si nota, infatti, come nel caso delle piante non consociate con menta il numero di afidi sia inizialmente cresciuto arrivando al suo picco ad avere più del triplo di afidi rispetto al primo monitoraggio mostrando allo stesso tempo una chiara relazione tra preda e predatore (curve parallele lungo l'intera prova). Nelle piante consociate con la menta, invece, il numero medio di afidi si è mantenuto costante durante tutta la prova mentre il numero di antagonisti naturali è costantemente

cresciuto (progressivo scostamento tra le due curve). Questa differenza diventa particolarmente evidente nell'ultimo monitoraggio svolto il 19 luglio in cui il numero di afidi nelle tesi era statisticamente non differente (Figura 21) mentre il numero di insetti utili, in proporzione, risulta nettamente maggiore. In tale data, infatti, nelle tesi di controllo erano presenti mediamente 34 contro 8 afidi per insetto utile nelle tesi consociate con menta. Questi dati, dunque, sembrano ipotizzare un'effettiva capacità delle piante di menta di attrarre predatori di *A. gossypii*. In seguito a quanto detto nei capitoli introduttivi, è ragionevole ipotizzare che le piante di menta siano in grado di attrarre predatori di afidi grazie alla produzione di E $\beta$ F ma che questo effetto, a causa delle quantità prodotte, sia significativo solo quando nella serra non sono presenti importanti popolazioni di afidi.

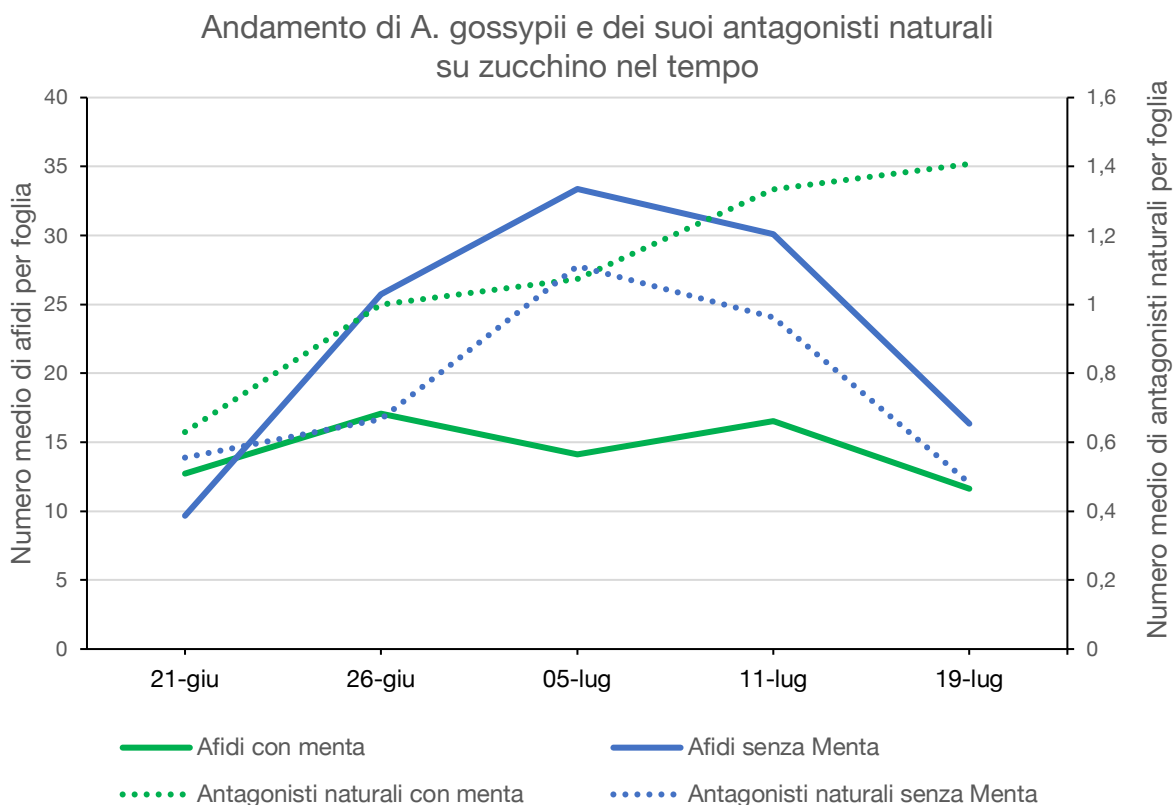


Figura 27. Andamento di *A. gossypii* e dei suoi antagonisti naturali (*Coccinellidi* e *A. aphidymiza*) riscontrati nel tempo nella prova su zucchini a confronto.



### 3.1.4 *Psyllobora vigintiduopunctata*

Una menzione particolare in questa prova spetta anche a *Psyllobora vigintiduopunctata* che, pur non avendo un'attività predatoria nei confronti di *A. gossypii* (non rientra, infatti tra i coccinellidi riportati in precedenza), è un coccinellide conosciuto per la sua attività alimentare a spese di micelio, generalmente oidico. *P. vigintiduopunctata* ha mostrato una chiara tendenza verso le prove consociate con menta anche se questa non è stata completamente supportata statisticamente ( $F=3,80$ ;  $Gdl=1,80$ ;  $P= 0,052$ ) (Figura 28).

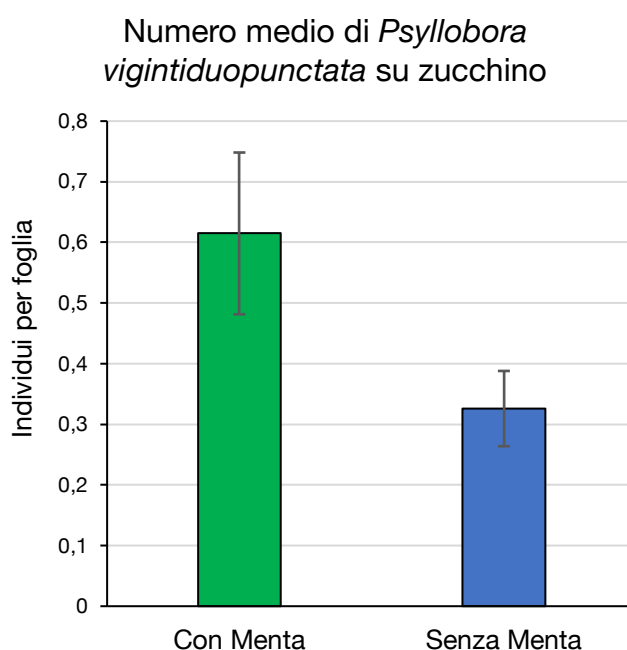


Figura 28. Numero medio di *Psyllobora vigintiduopunctata* per foglia riscontrato nel corso dell'intera prova.

L'andamento nel tempo (Figura 29) di questa specie mostra una similitudine con quello osservato in campo di oidio (di cui tuttavia non sono presenti dati). A conferma di questo, si sottolinea come in seguito al trattamento antiodico svolto il 24 giugno si osservi un calo anche in *Psyllobora* che poi ha presentato una crescita esponenziale nei successivi monitoraggi come è stato osservato anche nel caso dell'oidio. Anche se non sono presenti dati a supporto, durante la prova non si sono osservate evidenti differenze tra le tesi nella presenza di oidio che, oltre a confermare la probabile incapacità di questa coccinella nel contenere efficacemente le infestazioni fungine, rende improbabile la possibilità che sia stata questa a portare la differenza osservata tra le piante consociate con menta e quelle che non lo erano. Tale risultato, quindi,

richiederebbe ulteriori studi per essere verificato e per vagliare la possibilità che anche *Psyllobora* possa essere attratta da qualche composto volatile emesso dalla menta.

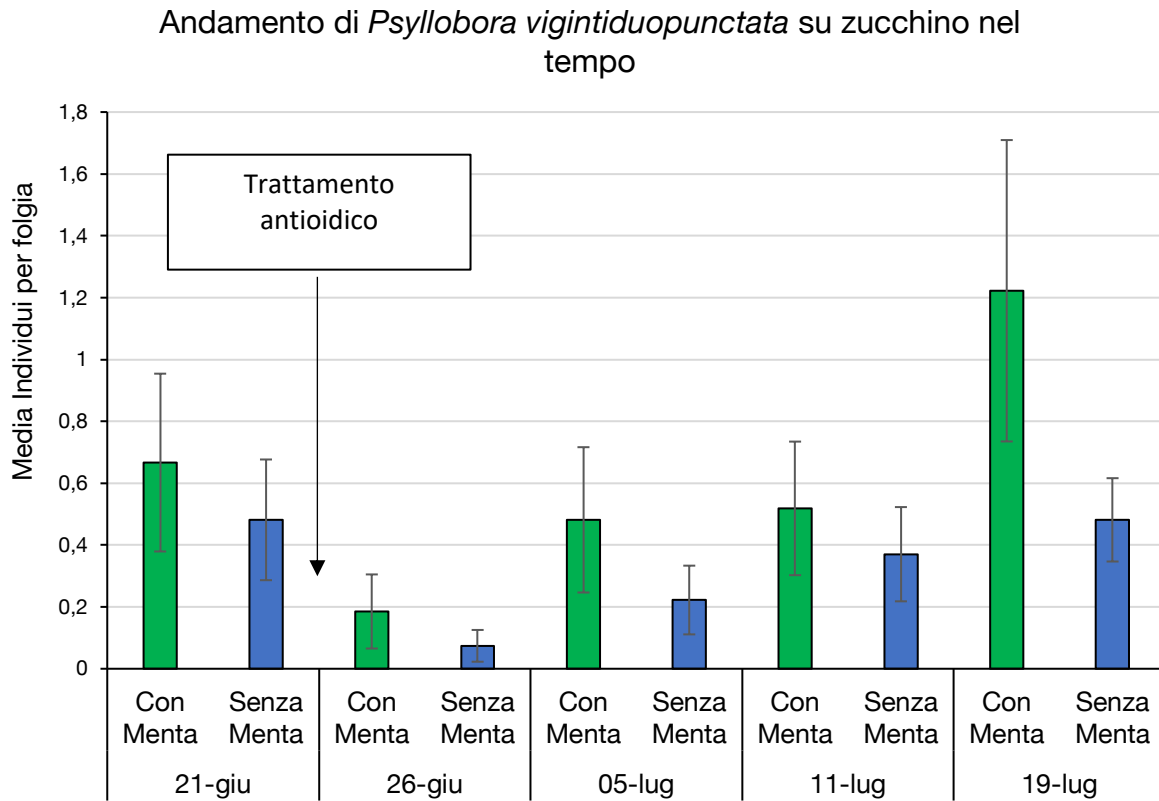


Figura 29. Andamento della densità media di *P. vigintiduopunctata* nei diversi monitoraggi svolti.

## 3.2 Prova su lattuga

### 3.2.1 *Aphis gossypii*

Come nella precedente prova svolta su zucchini, anche nella prova effettuata su lattuga si è confermata una differenza significativa ( $F=4,7$ ;  $Gdl=3, 56$ ;  $P= 0,005$ ) tra le tesi consociate con menta e quelle testimoni nel numero medio di *A. gossypii* (Figura 30). Nello specifico, tutte le varietà di menta hanno presentato un numero inferiore di afidi rispetto al controllo: Controllo e M. Fragola ( $t=3,59$ ;  $P=0,0007$ ); Controllo e M. Glaciale ( $t=2,54$ ;  $P=0,014$ ); Controllo e M. Piperita ( $t=2,61$ ;  $P=0,0116$ ); mentre non si sono evidenziate differenze tra le varietà.

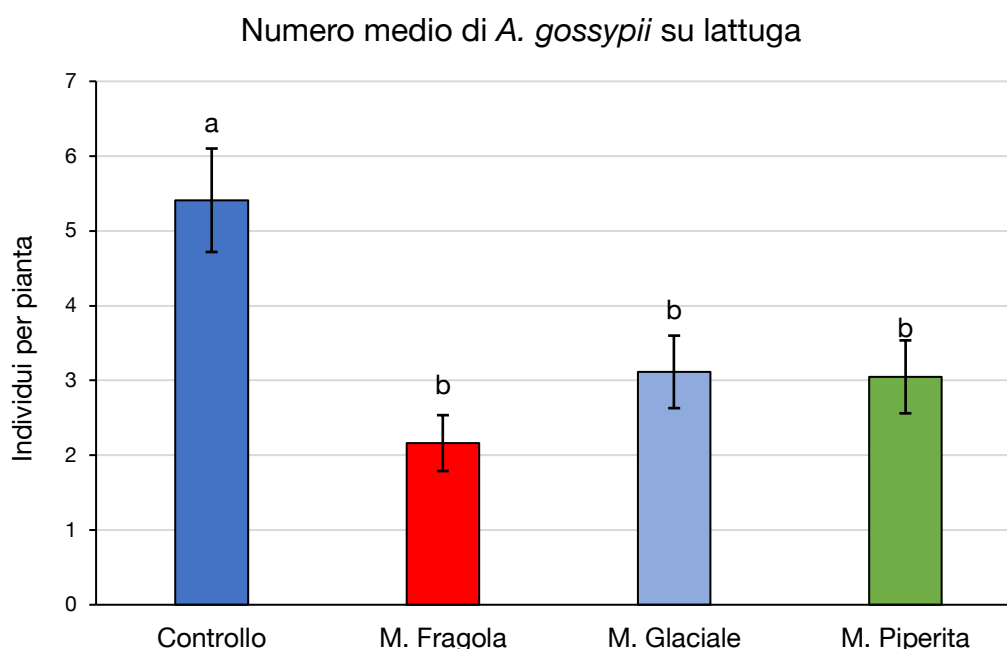


Figura 30. Densità media di *A. gossypii* nelle diverse tesi a confronto, in ordine: prove non consociate, prove consociate con Menta Fragola, con Menta Glaciale e con Menta Piperita. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

Nell'analisi statistica svolta sono emerse differenze significative anche per il tempo ( $F=17,5$ ;  $Gdl=6, 56$ ;  $P= <0.0001$ ) (Figura 31).

Questo, oltre all'azione degli antagonisti naturali presenti, potrebbe essere dovuto allo svolgimento della prova nel mese di novembre nel quale, pur essendo in ambiente protetto, le condizioni ambientali non sono più favorevoli per *A. gossypii*.

Andamento di *A. gossypii* su lattuga nel tempo

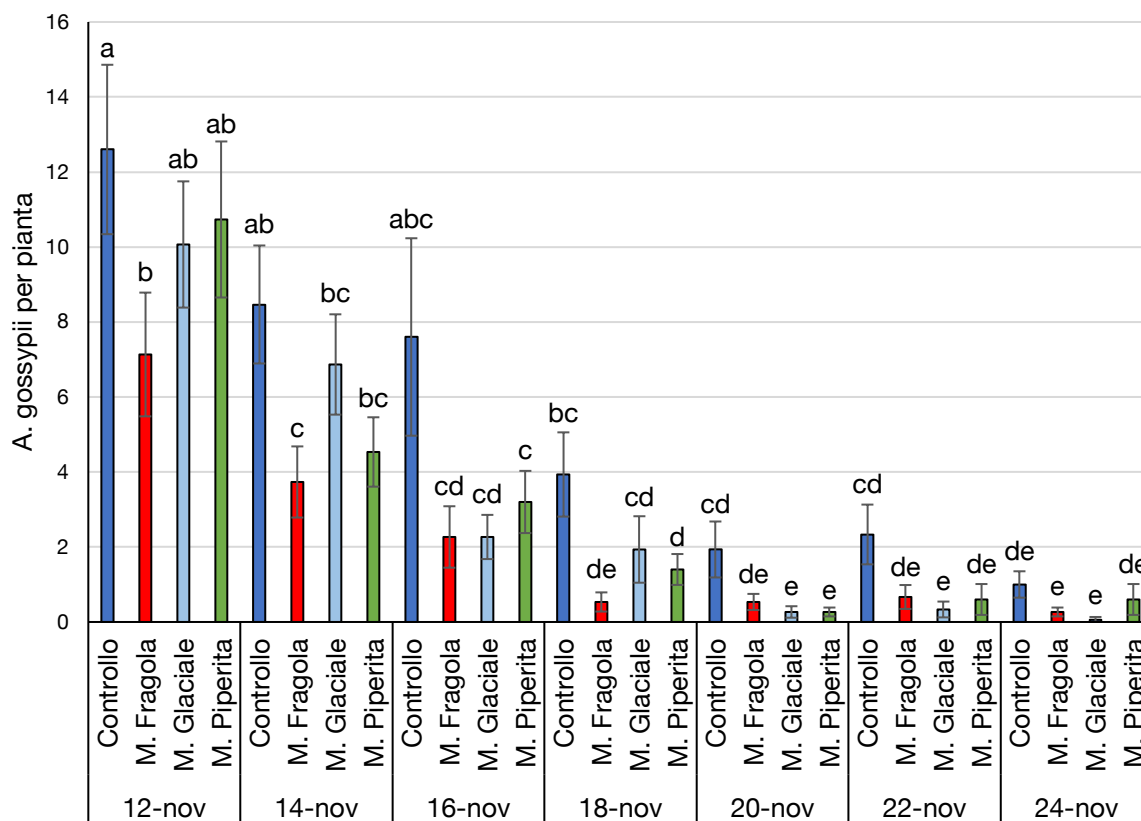


Figura 31. Andamento della densità media di *A. gossypii* nei diversi monitoraggi svolti. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P < 0,05$ ).

### 3.2.2 Antagonisti naturali

Nella prova svolta su lattuga le principali specie di antagonisti naturali riscontrate sono state *Allothrombium* spp. e *Aphidius colemani* ma sono stati rilevati anche Sirfidi, Miridi e Coccinellidi. Non si sono osservate differenze significative tra le tesi per quanto riguarda il numero totale di insetti utili al controllo di *A. gossypii*.

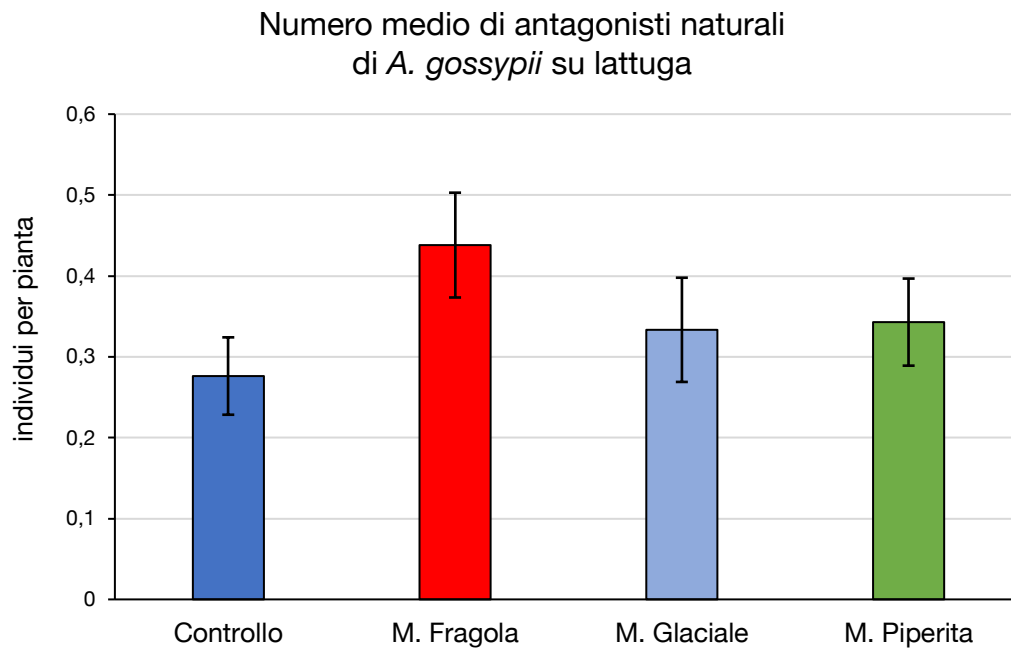


Figura 32. Numero medio di tutti gli antagonisti naturali di *A. gossypii* riscontrati nei monitoraggi svolti durante l'intera prova (*Allothrombium* spp., *Aphidius colemani*, Sirfidi, Miridi e Coccinellidi).

I predatori principali (*Allothrombium* spp. e *A. colemani*), inoltre, non hanno presentato differenze significative nella distribuzione tra le varie tesi nemmeno singolarmente (Figura 33, Figura 34).

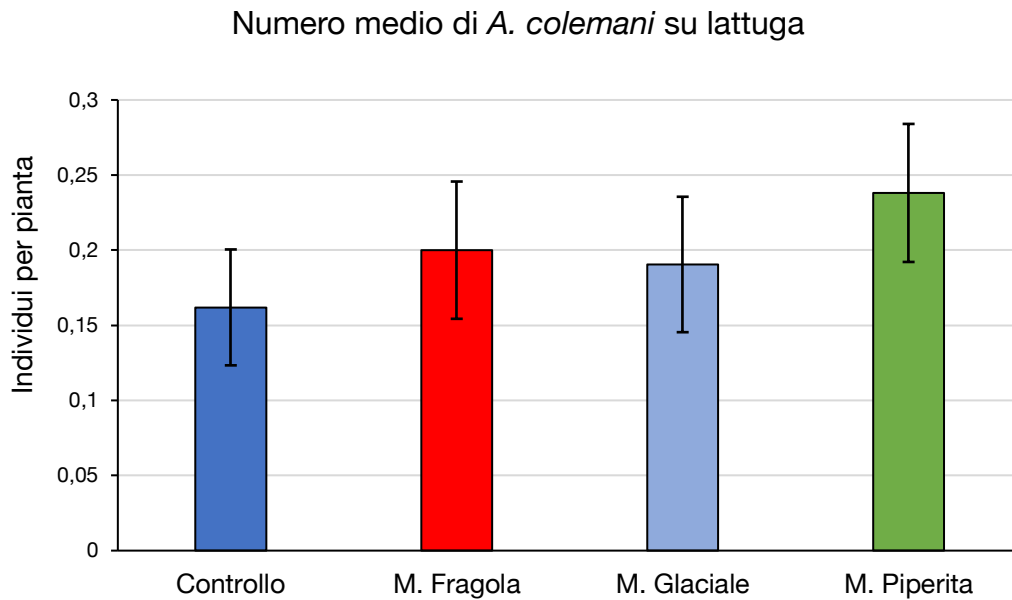


Figura 33. Numero medio di *A. colemani* per foglia riscontrato nel corso dell'intera prova.

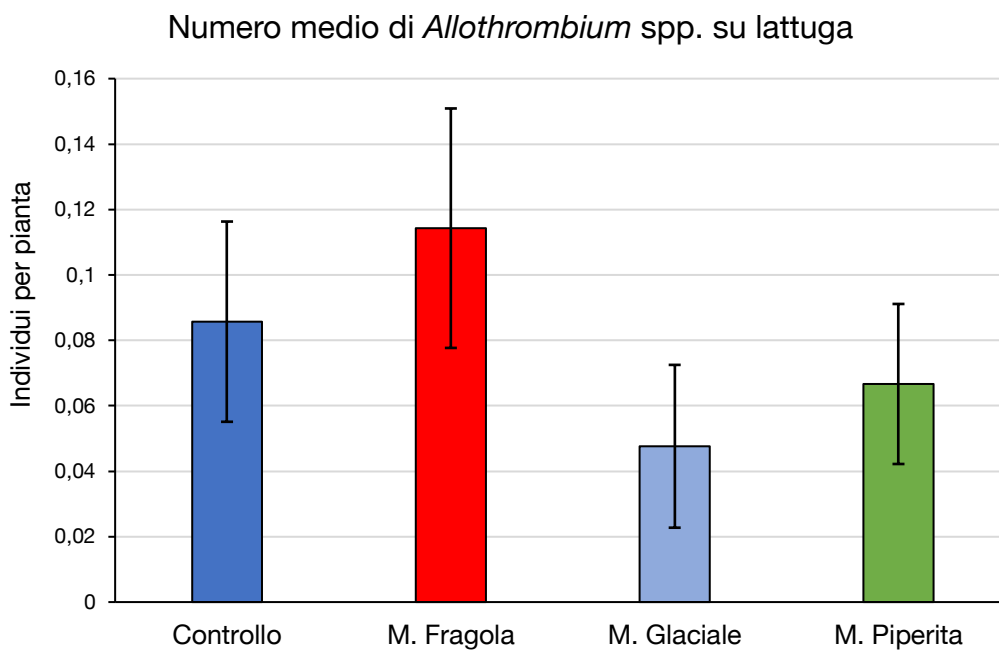


Figura 34. Numero medio di *Allothrombium* spp. per foglia riscontrato nel corso dell'intera prova.

Per quanto riguarda il numero di *Allothrombium* spp. l'effetto tempo è risultato significativo ( $F=2,6$ ; Gdl=6, 56;  $P= 0,027$ ). La loro presenza, come si può osservare nel relativo grafico (Figura 35), è fluttuante nel corso dei vari monitoraggi.

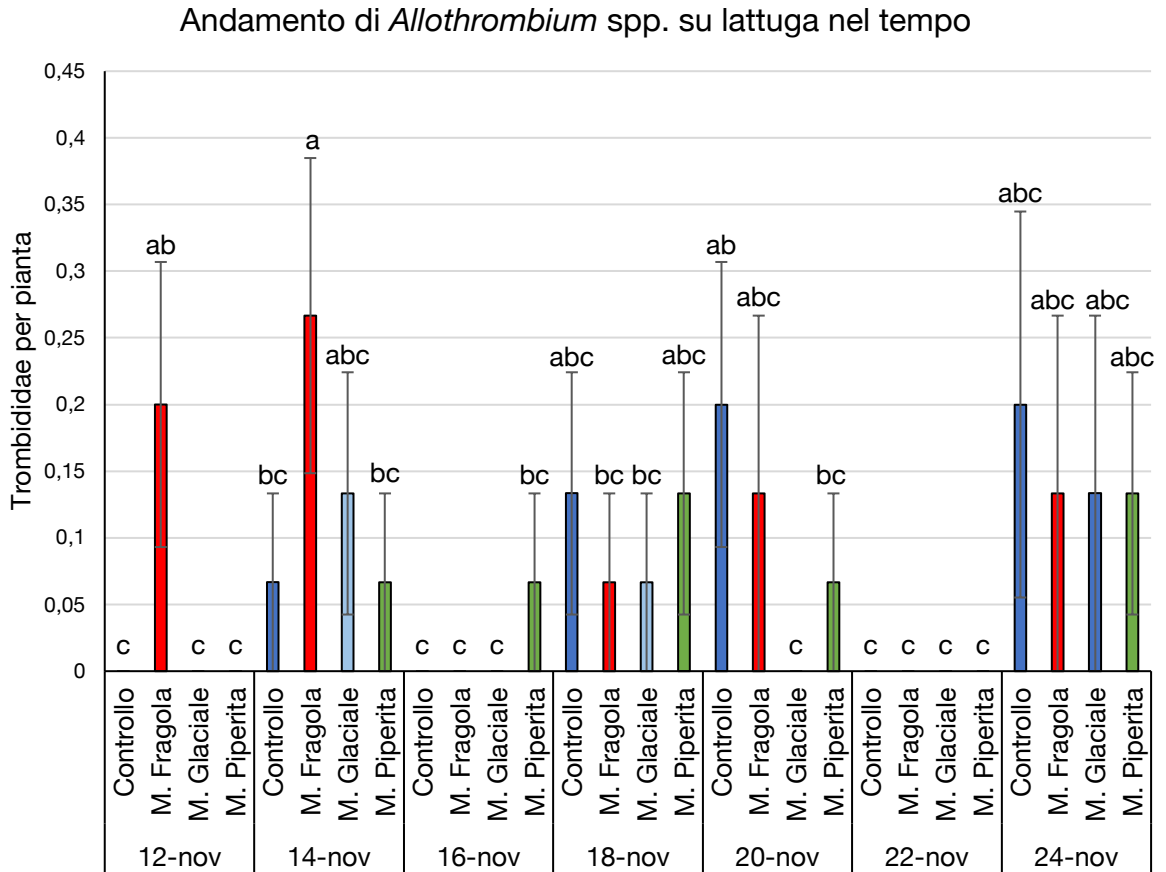


Figura 35. Andamento della densità media di *Allothrombium* spp. nei diversi monitoraggi svolti. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P < 0,05$ ).

### 3.2.3 *Acyrtosiphon lactucae*

Molto interessanti sono stati anche i dati emersi per quanto riguarda *Acyrtosiphon lactucae*, un altro afide fitofago maggiormente specializzato su lattuga rispetto ad *A. gossypii* e particolarmente adattato alle temperature autunnali presenti durante i monitoraggi svolti. L'analisi statistica ha dimostrato, anche per questo afide, differenze significative tra le tesi, similmente a quanto osservato per *A. gossypii* ( $F=2,96$ ;  $Gdl=3, 56$ ;  $P= 0.04$ ). Nello specifico, nelle piante di lattuga consociate con Menta fragola era presente un numero di *A. lactucae* significativamente inferiore rispetto al controllo ( $t=2,92$ ;  $P= 0.005$ ), mentre non si sono evidenziate differenze tra quest'ultimo e le altre due varietà di menta, come nemmeno tra queste e M. Fragola (Figura 36).

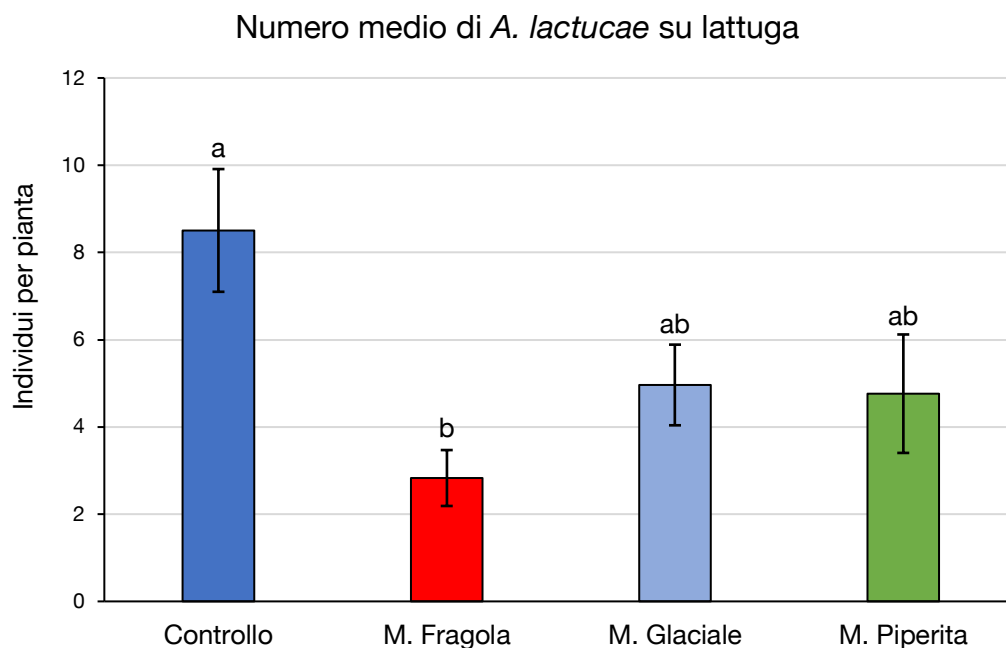


Figura 36. Densità media di *A. lactucae* nel corso dell'intera prova. Le lettere indicano la presenza di differenze al *t*-test ( $P<0,05$ ).



Nell'analisi statistica è risultato significativo anche l'effetto tempo ( $F=3,56$ ;  $Gdl=6, 56$ ;  $P= 0.005$ ) ed infatti si può osservare come dopo i primi campionamenti, questo afide abbia avuto una crescita esponenziale opposta a quella di *A. gossypii* dimostrando le differenti attitudini dei due afidi rispetto alle condizioni climatiche (Figura 37).

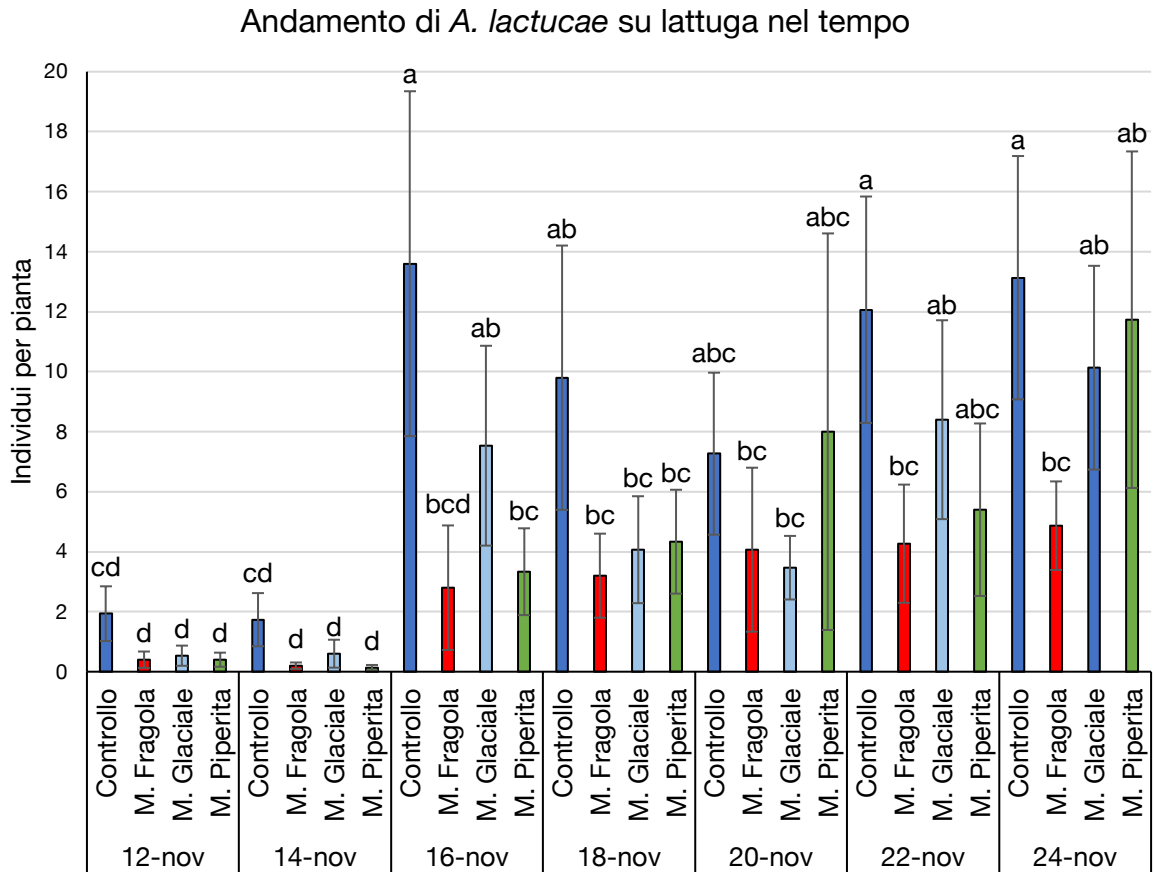


Figura 37. Andamento della densità media di *A. lactucae* nei diversi monitoraggi svolti. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P < 0,05$ ).

### 3.3 Prove su pomodoro

#### 3.3.1 Prima prova: Eriofidi

L'analisi statistica effettuata sul totale dei campionamenti svolti su pomodoro durante la prima prova, evidenzia come il numero medio di eriofidi presenti per 5 cm<sup>2</sup> fosse significativamente maggiore nelle piante che non erano consociate con menta rispetto a dove, invece, la menta era presente ( $F=6,5$ ;  $Gdl=1, 8$ ;  $P= 0,0342$ ) (Figura 38).

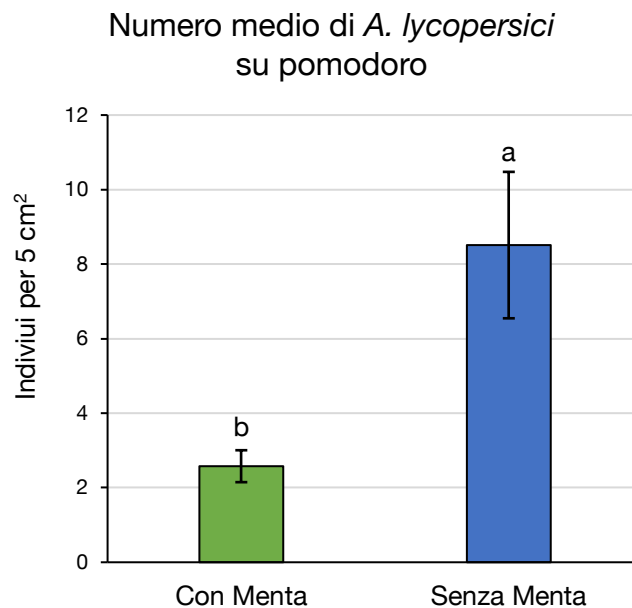


Figura 38. Numero medio di *A. lycopersici* riscontrato nel corso della prova. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P < 0,05$ ).

Non sono emerse differenze significative per l'effetto tempo, né per l'interazione tra tempo e tesi (Figura 39).

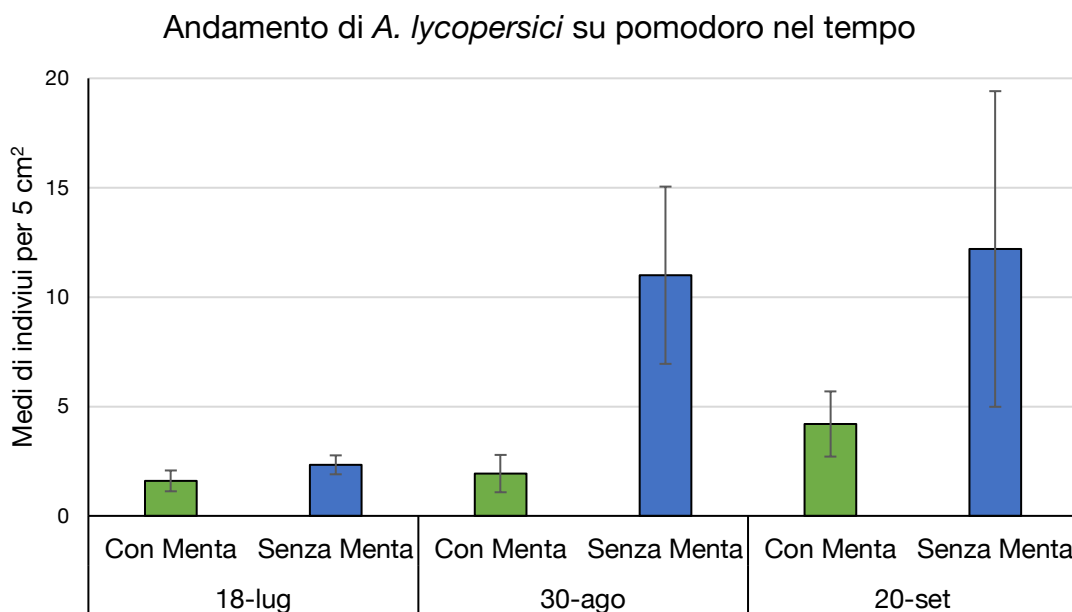


Figura 39. Andamento della densità media di *A. lycopersici* nei diversi monitoraggi svolti.

### 3.3.2 Prima prova: Phytoseiidae

Il numero medio di Fitoseidi per foglia è risultato statisticamente maggiore nelle piante consociate con menta rispetto a quelle in cui la menta non era presente ( $F=7$ ,  $Gdl=1$ ,  $8$ ;  $P= 0,0294$ ) (Figura 40). Significativa è risultata anche la differenza relativa all'effetto tempo ( $F=9,8$ ,  $Gdl=2$ ,  $8$ ;  $P= 0,0071$ ) (Figura 41).

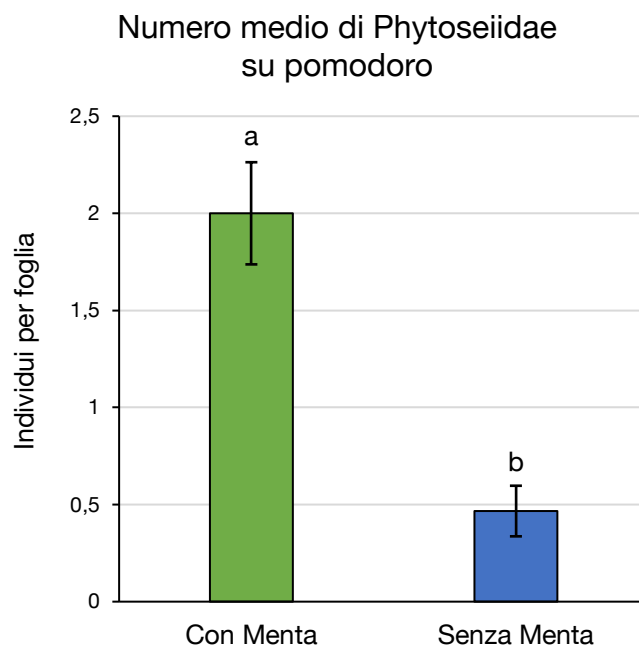


Figura 40. Numero medio di Phytoseiidae nel corso dell'intera prova. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

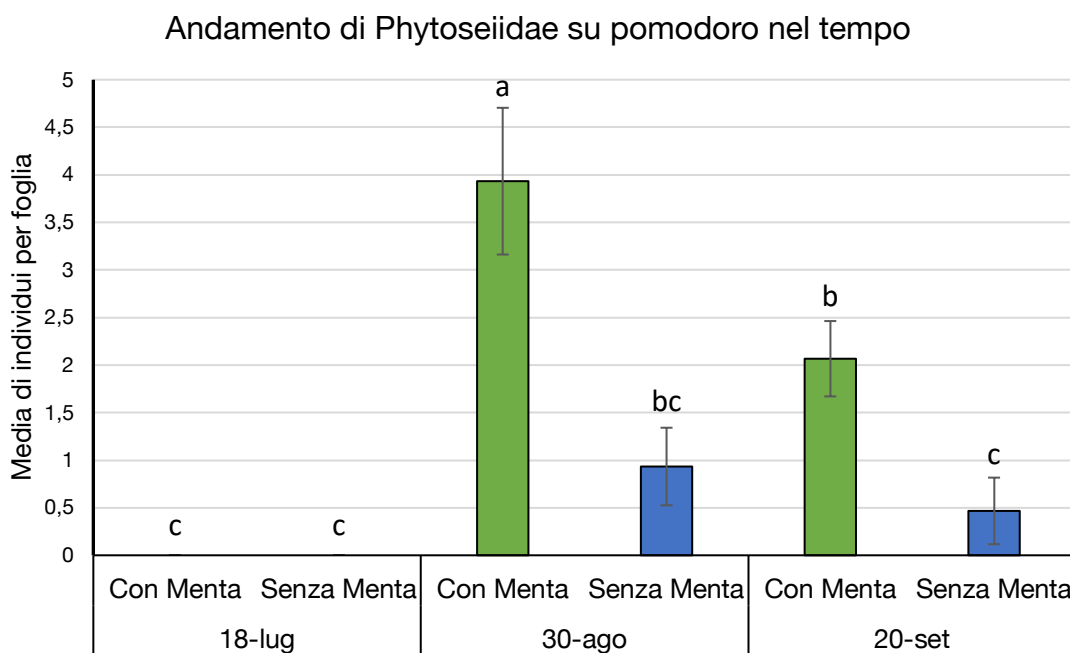


Figura 41. Andamento della densità media Phytoseiidae nei diversi monitoraggi svolti. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

### 3.3.3 Prima prova: Tydeoidea

Nel caso dei Tydeoidea (Tydeidae e Iolinidae), invece, non sono emerse differenze significative tra le tesi a confronto (Figura 42). Tuttavia, anche in questo caso, è risultato significativo l'effetto tempo ( $F=13,37$ ,  $Gdl=2, 8$ ;  $P= 0,0028$ ) (Figura 43).

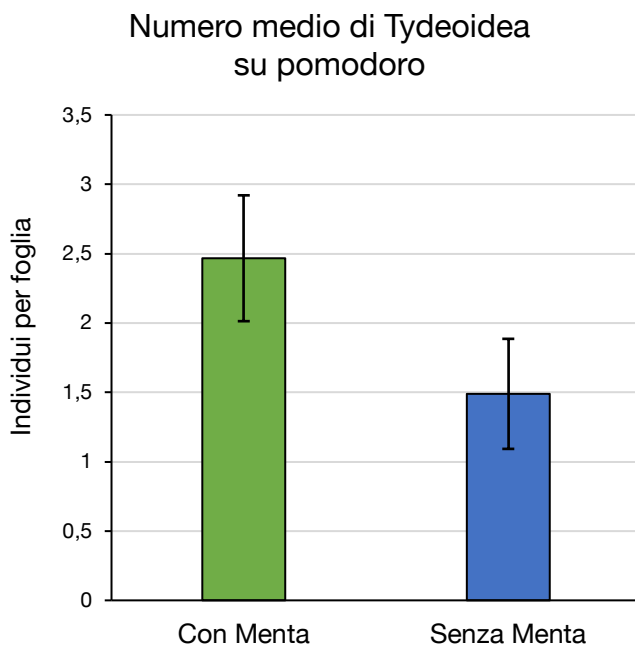


Figura 42. Numero medio di Tydeoidea (Tydeidae e Iolinidae) nel corso dell'intera prova.

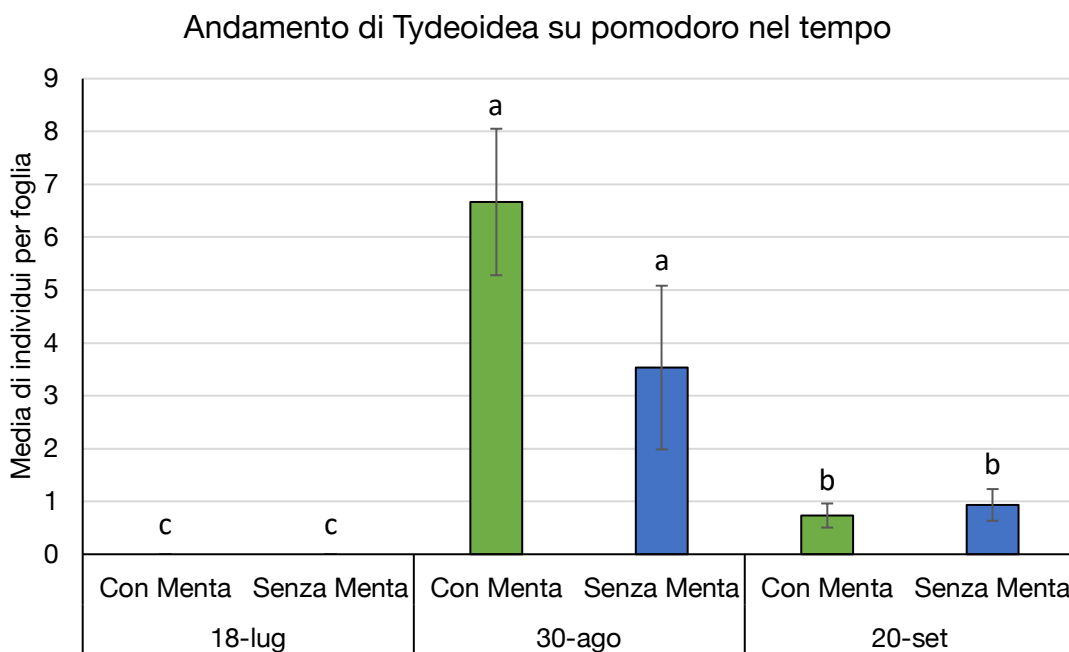


Figura 43. Andamento della densità media di Tydeoidea (Tydeidae e Iolinidae) nei diversi monitoraggi svolti. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

### 3.3.4 Seconda prova: Eriofidi

Nella seconda prova, a differenza della prima, non sono emerse differenze significative tra le tesi per quanto riguarda il numero medio di Eriofidi presenti (Figura 44).

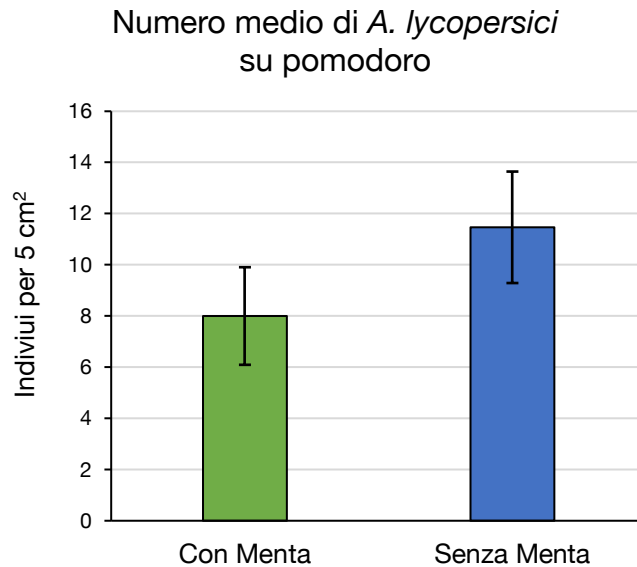


Figura 44. Numero medio di *A. lycopersici* nel corso dell'intera prova.

### 3.3.5 Seconda prova: Phytoseiidae

Anche per quanto riguarda il numero medio di Phytoseiidae non si sono evidenziate differenze significative tra le tesi a confronto (Figura 45).

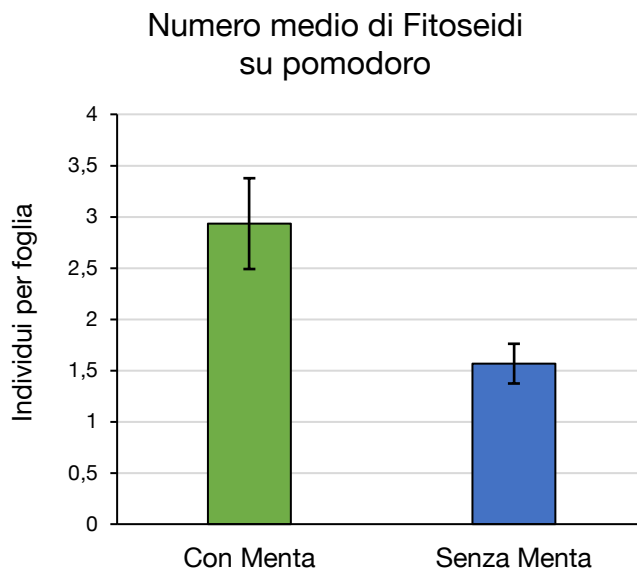


Figura 45. Andamento della densità media di Phytoseiidae nei diversi monitoraggi svolti.

### 3.3.6 Seconda prova: Tydeoidea

A differenza di quanto rilevato nella prima prova, si è osservato un numero maggiore di Tydeoidea sulle piante consociate con menta rispetto a quelle non consociate ( $F=9,8$ ; Gdl=1, 16;  $P= 0,0065$ ).

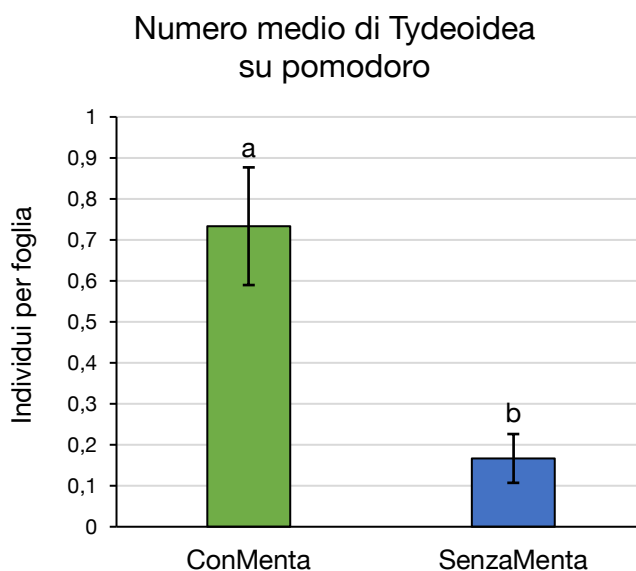
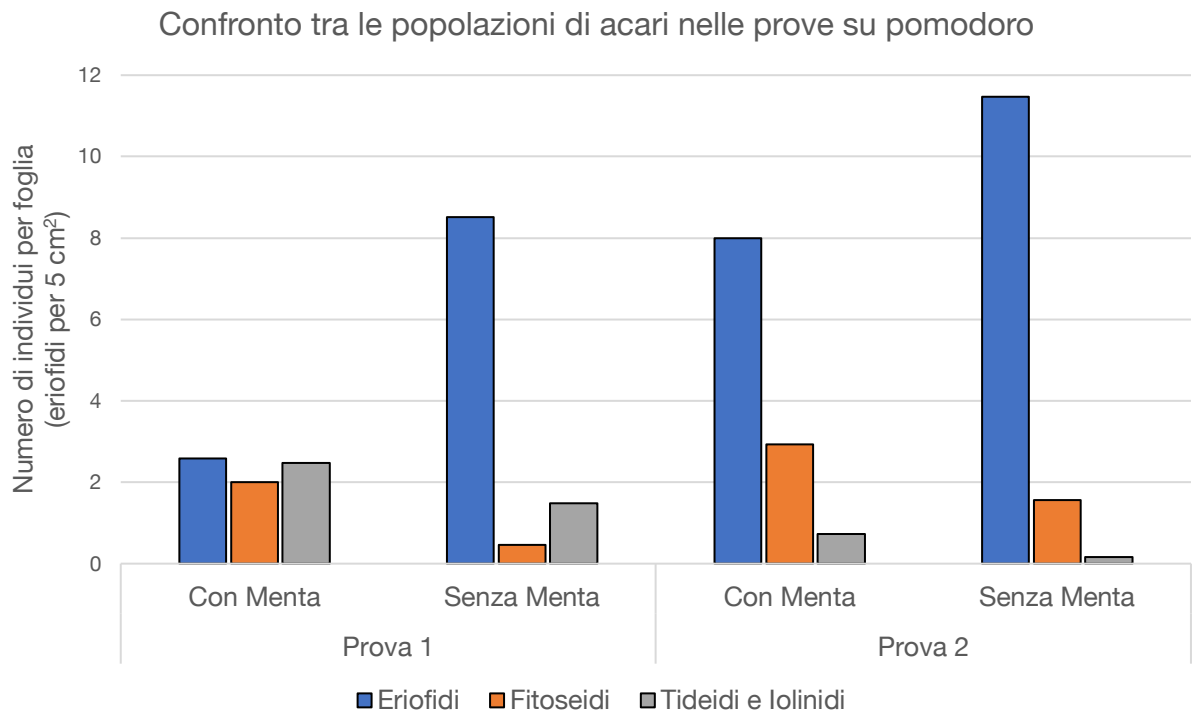


Figura 46. Numero medio di Tydeoidea (Tydeidae e Iolinidae) nel corso dell'intera prova. Le lettere indicano la presenza di differenze al t-test ( $P<0,05$ ).

### 3.3.7 Confronto delle popolazioni di acari nelle due prove

A causa dei possibili effetti provocati sullo sviluppo degli acari dalle differenti temperature registrate nelle due prove svolte sul pomodoro e all'infestazione estremamente precoce e aggressiva che si è registrata nella seconda prova, si è ritenuto maggiormente corretto non analizzare i dati delle due prove insieme. Tuttavia, confrontando le popolazioni di Eriofidi, Fitoseidi, Tidedi e Iolinidi nelle due prove svolte (Figura 47) si può notare come la distribuzione degli acari presenti una certa similitudine in entrambe le prove. Nella seconda prova non sono emerse differenze statisticamente significative per Eriofidi e Fitoseidi come osservato nella prima ma si evidenzia come anche in questo caso per entrambi sia stato registrato un numero medio più elevato nelle tesi consociate con menta. Allo stesso modo, nella prima prova si è osservato un valore medio di Tydeoidea più alto in presenza di menta anche se la differenza non risulta statisticamente significativa come nella successiva prova. È pertanto ipotizzabile come la mole di dati a disposizione o la modalità di monitoraggio impiegata non abbiano permesso di ridurre sufficientemente la variabilità dei dati e permettere quindi di osservare possibili differenze tra le tesi.



*Figura 47. Confronto del numero medio di A. lycopersici, Fitoseidi, Tideidi e Iolinidi osservati nelle due prove svolte su pomodoro. Il numero di Fitoseidi, Tideidi e Iolinidi è espresso come numero di individui per foglia mentre quello di Eriofidi come numero di individui per 5 cm<sup>2</sup>.*

### 3.4 Prova “Orto-giardino”

L'indagine svolta in questo caso non può essere supportata da una valida analisi statistica in quanto i dati presentati sono frutto di un singolo monitoraggio e vuole, dunque, essere solo un'indicazione generale sulla possibilità che diverse varietà di menta possano influenzare in modo differente le popolazioni di acari utili.

Il numero di Fitoseidi mediamente presente per foglia presenta una certa diversità nei risultati delle varietà analizzate (Figura 48) suggerendo una propensione dei Fitoseidi verso le varietà M. Ananas-variegata e M. Fragola.

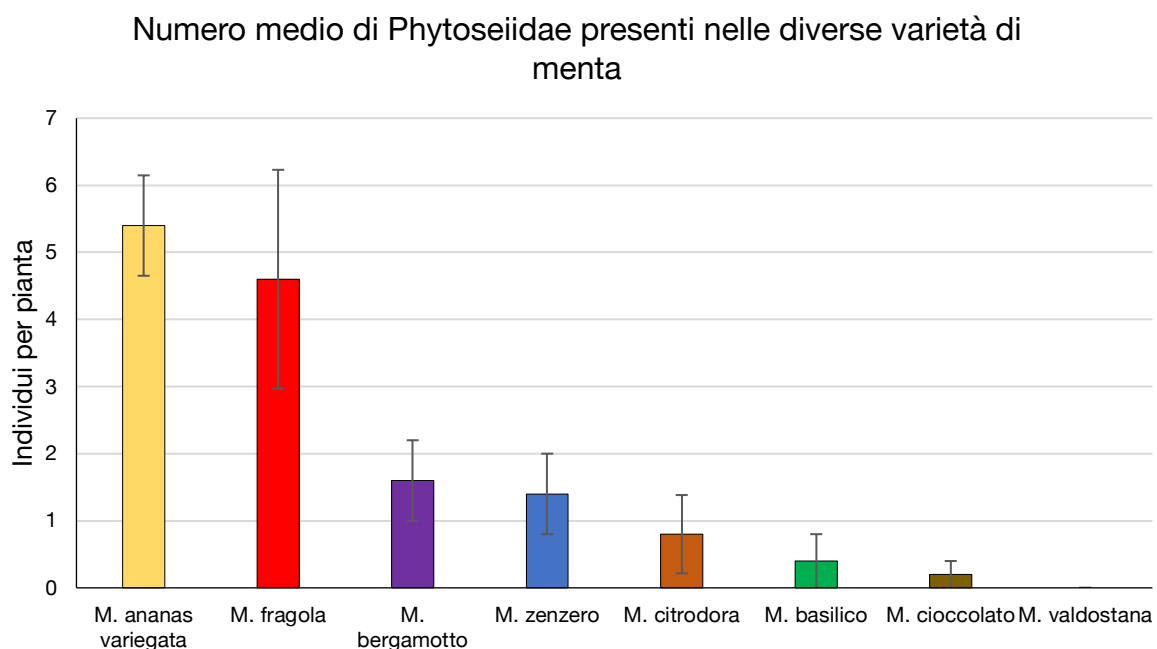


Figura 48. Confronto del numero medio di Phytoseiidae presente in diverse varietà di menta. Per pianta è intesa una superficie fogliare di 60 cm<sup>2</sup>. Monitoraggio svolto il 31.08.2022.

Differenze ancora più marcate appaiono per quanto riguarda il numero di Tydeoidea. In questo caso, infatti, in particolare M. Ananas-variegata ha presentato una popolazione sensibilmente maggiore a tutte le altre specie (Figura 49).



### Numero medio di Tydeoidea presenti nelle diverse varietà di menta

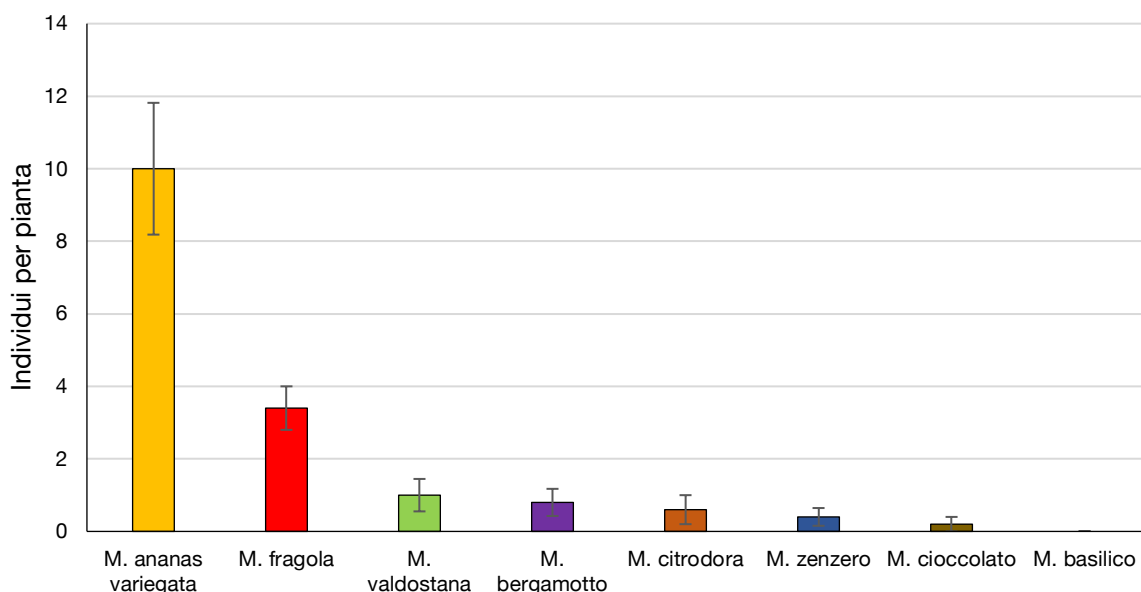


Figura 49. Confronto del numero medio di Tydeoidea presente in diverse varietà di menta. Per pianta è intesa una superficie fogliare di 60 cm<sup>2</sup> Monitoraggio svolto il 31.08.2022.

Da quanto osservato, dunque, si è ipotizzata una possibile differenza dovuta alla tipologia di foglia delle varietà analizzate. Nello specifico, come si può osservare nel grafico sottostante (Figura 50), è plausibile ipotizzare un effetto dovuto alla tomentosità delle foglie che porterebbe sia Phytoseiidae che Tydeoidea a preferire foglie più tomentose.

### Numero medio di Phytoseiidae e Tydeoidea

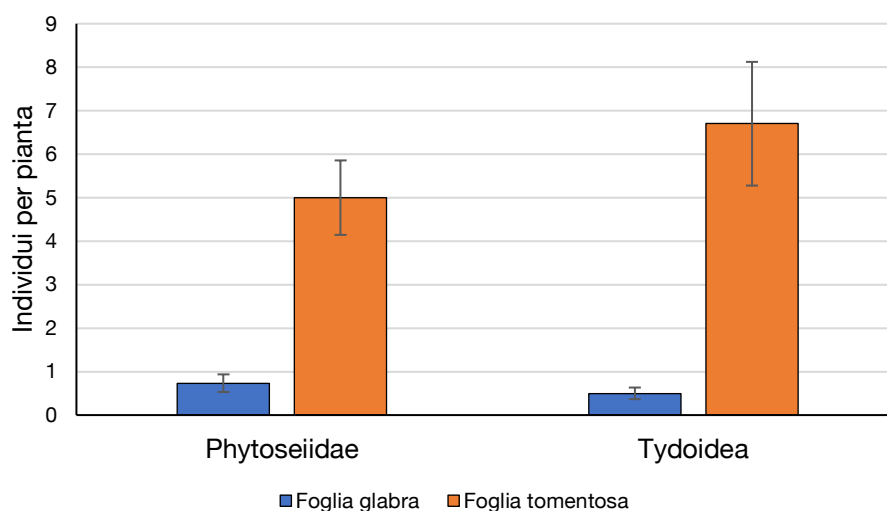


Figura 50. Confronto del numero medio di Phytoseiidae e Tydeoidea presente nelle varietà di menta a foglia glabra e a foglia tomentosa. Per pianta è intesa una superficie fogliare di 60 cm<sup>2</sup>. Monitoraggio svolto il 31.08.2022.

I risultati ottenuti in questo senso sono allineati con quanto osservato in numerosi studi relativamente alla correlazione esistente tra presenza di acari e tomentosità fogliare come riportato nel capitolo introduttivo.

## 4. Conclusioni

Nel presente lavoro, è emerso innanzitutto come *A. gossypii* sia stato controllato in tutte le prove svolte senza ricorrere all'impiego di prodotti fitosanitari e come la consociazione con piante di menta abbia favorito ulteriormente tale risultato. Analoghe tendenze sono emerse nei confronti di altri afidi, come *A. lactucae* nella prova su lattuga. Sebbene non siano state rilevate differenze significative nel numero di antagonisti naturali degli afidi tra le tesi, gli andamenti delle popolazioni suggeriscono che la presenza di piante di menta favorisca la colonizzazione di tali insetti. I dati a disposizione richiamano pertanto la necessità di indagare con approcci multidisciplinari al fine di determinare se i risultati ottenuti possano essere attribuibili all'EBF come ipotizzato ed eventualmente determinare se questo effetto possa essere associato al ruolo dell'EBF come feromone di allarme, kairomone o entrambi. Ovviamente, l'esclusione sperimentale dei predatori rappresenta la *conditio sine qua non* per indagare sugli effetti diretti dell'E $\beta$ F nei confronti degli afidi.

I dati raccolti pongono in evidenza un effetto di mitigazione anche se non sistematico della consociazione con menta sull'acaro rugginoso del pomodoro. Tale fenomeno potrebbe essere legato alla capacità delle piante di menta di favorire la presenza di acari predatori in grado di trasferirsi sulle piante di pomodoro. Le piante di menta hanno evidenziato la capacità di attirare sia i Fitoseidi sia i Tifeidi, con effetti positivi nel controllo dell'eriofide. Un effetto diretto dell'E $\beta$ F prodotto dalle piante di menta sull'eriofide andrebbe valutato in esperimenti in cui sia assicurata l'esclusione degli acari predatori. In ogni caso, i riflessi dell'esperimento prospettano interessanti implicazioni nel controllo dell'eriofide rugginoso del pomodoro.

Le differenze varietali tra le piante di menta, soprattutto riguardo alla loro tomentosità fogliare, sembrano essere particolarmente rilevanti rispetto alla possibilità di favorire la presenza di acari utili. La varietà non risulta essere altrettanto significativa per quanto riguarda gli effetti nei confronti degli afidi, salvo il caso di Menta Fragola verso *A. lactucae*. Anche in questo caso sarebbero utili ulteriori approfondimenti in merito alla produzione di E $\beta$ F nelle diverse varietà di menta, ad oggi non ancora sufficientemente definita.

I risultati suggeriscono come, sia nel caso di *A. gossypii* sia nel caso di *A. lycopersici*, la consociazione di piante di menta potrebbe essere particolarmente vantaggiosa se

impiegata preventivamente nelle colture anziché quando le infestazioni di fitofagi risultano essere già sviluppate.

L'identificazione di una varietà di menta che presenti contemporaneamente una elevata produzione di E $\beta$ F, una minima produzione dei suoi inibitori ed una elevata tomentosità fogliare, potrebbe rappresentare una soluzione in grado di apportare un significativo contributo al contenimento di numerosi fitofagi, e, pertanto, rappresentare un importante strumento nelle mani degli agricoltori.

## 5. Bibliografia

- Abassi, S. Al, Birkett, M. A., Pettersson, J., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (2000). Response of the seven-spot ladybird to an aphid alarm pheromone and an alarm pheromone inhibitor is mediated by paired olfactory cells. In *Journal of Chemical Ecology* (Vol. 26, Numero 7).
- Abd- Allah, G. E., Habashy, M. G., & Shalaby, M. M. (2022). Efficacy of Mint Derivatives, *Mentha Spicata* L., Against Two Species of *Tetranychus* Spp. (Acari: Tetranychidae) and the Predator, *Neoseiulus* sp. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, 15(1), 63–70. <https://doi.org/10.21608/EAJBSA.2022.224349>
- Acar, E. B., Medina, J. C., Lee, M. L., & Booth, G. M. (2001). Olfactory behavior of convergent lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) to alarm pheromone of green peach aphid (Hemiptera: Aphididae). *The Canadian Entomologist*, 133(3), 389–397. <https://doi.org/DOI: 10.4039/Ent133389-3>
- Bailey, S. F., & Keifer, H. H. (1943). The Tomato Russet Mite, *Phyllocoptes destructor* Keifer: Its Present Status. *Journal of Economic Entomology*, 36(5), 706–712. <https://doi.org/10.1093/JEE/36.5.706>
- Bhat, S., Maheshwari, P., Kumar, S., & Kumar, A. (2002). *Mentha* species: in vitro regeneration and genetic transformation. In *Molecular Biology Today* (Vol. 3, Numero 1). [www.caister.com/bacteria-plant](http://www.caister.com/bacteria-plant)
- Bowers, W. S., Nault, L. R., Webb, R. E., & Dutky, S. R. (1972). Aphid Alarm Pheromone: Isolation, Identification, Synthesis. *Science*, 177(4054), 1121–1122. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.177.4054.1121>
- Camporese, P., & Duso, C. (1996). Different colonization patterns and predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on three grape study of phytophagous Tetranychidae, varieties: a case. In *Experimental & Applied Acarology* (Vol. 20).
- Carmo-Sousa, M., Moreno, A., Garzo, E., & Fereres, A. (2014). A non-persistently transmitted-virus induces a pull–push strategy in its aphid vector to optimize transmission and spread. *Virus Research*, 186, 38–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.12.012>
- Chinery, M. (2016). *Guida degli insetti d'Europa* (M. Franco, A c. Di). Gruppo Editoriale Italiano.

- Conte, L. (2018). *Orto biologico - Tecniche di difesa* (Edizioni L'Informatore Agrario).
- Cotes, B., Rännbäck, L. M., Björkman, M., Norli, H. R., Meyling, N. V., Rämert, B., & Anderson, P. (2015). Habitat selection of a parasitoid mediated by volatiles informing on host and intraguild predator densities. *Oecologia*, *179*(1), 151–162. <https://doi.org/10.1007/S00442-015-3326-2/FIGURES/3>
- Crock, J., Wildung, M., & Croteau, R. (1997). Isolation and bacterial expression of a sesquiterpene synthase cDNA clone from peppermint (*Mentha x piperita*, L.) that produces the aphid alarm pheromone (E)- $\beta$ -farnesene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *94*(24), 12833–12838. <https://doi.org/10.1073/PNAS.94.24.12833/ASSET/A4499A89-FBFB-4F83-9A0D-785631EC33E7/ASSETS/GRAPHIC/PQ2473222006.JPEG>
- Cui, L. L., Francis, F., Heuskin, S., Lognay, G., Liu, Y. J., Dong, J., Chen, J. L., Song, X. M., & Liu, Y. (2012). The functional significance of E- $\beta$ -Farnesene: Does it influence the populations of aphid natural enemies in the fields? *Biological Control*, *60*(2), 108–112. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCONTROL.2011.11.006>
- Dawson, G. W., Gibson, R. W., Griffiths, D. C., Pickett, J. A., Rice, A. D., & Woodcock, C. M. (1982). Aphid alarm pheromone derivatives affecting settling and transmission of plant viruses. *Journal of Chemical Ecology*, *8*(11), 1377–1388. <https://doi.org/10.1007/BF01403101/METRICS>
- Downing, R. S., & Moilliet, T. K. (1967). RELATIVE DENSITIES OF PREDACIOUS AND PHYTOPHAGOUS MITES ON THREE VARIETIES OF APPLE TREES. *The Canadian Entomologist*, *99*(7), 738–741. <https://doi.org/DOI: 10.4039/Ent99738-7>
- Du, Y., Poppy, G. M., Powell, W., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., & Woodcock, C. M. (1998). Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, *24*(8).
- Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S., & Angeli, G. (2010). The impact of eriophyoids on crops: Recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology*, *51*(1), 151–168. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9300-0>
- Duso, C., Pasini, M., & Pellegrini, M. (2003). Distribution of the Predatory Mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) on Different Apple Cultivars. *Biocontrol*

*Science and Technology*, 13(7), 671–681.

<https://doi.org/10.1080/09583150310001606264>

Duso, C., & Vettorazzo, E. (1999). *Mite population dynamics on different grape varieties with or without phytoseiids released (Acari: Phytoseiidae)*.

Eastwood, E. A. (1996). Behavioral responses of three species of ground beetle (coleoptera: carabidae) to olfactory cues associated with prey and habitat. *Journal of Insect Behavior*, 9(2), 237–250. <https://doi.org/10.1007/BF02213868/METRICS>

Edwards, J. J., & Murray, L. J. (1973). Trans-B-farnesene, Alarm Pheromone of the Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). In *Aust. J. Chem* (Vol. 235).

Fabbri, E. (2008). *Interazioni piante - insetti mediate da semiochimici*. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna.

Francis, F., Lognay, G., & Haubruge, E. (2004). Olfactory response to aphid and host plant volatile releases: (E)- $\beta$ -Farnesene an effective kairomone for the predator *Adalia bipunctata*. *Journal of Chemical Ecology*, 30(4).

Francis, F., Martin, T., Lognay, G., & Haubruge, E. (2005). Role of (E)-beta-farnesene in systematic aphid prey location by *Episyrphus balteatus* larvae (Diptera: Syrphidae). *European Journal of Entomology*, 102(3), 431–436. <https://doi.org/10.14411/EJE.2005.061>

Francis, F., Vandermoten, S., Verheggen, F., Lognay, G., & Haubruge, E. (2005). Is the (E)- $\beta$ -farnesene only volatile terpenoid in aphids? *Journal of Applied Entomology*, 129(1), 6–11. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0418.2005.00925.X>

Harmel, N., Almohamad, R., Fauconnier, M.-L., Du Jardin, P., Verheggen, F., Marlier, M., Haubruge, E., & Francis, F. (2007). Role of terpenes from aphid-infested potato on searching and oviposition behavior of *Episyrphus balteatus*. *Insect Science*, 14(1), 57–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00126.x>

Ilić, Z. S., Milenković, L., Tmušić, N., Stanojević, L., Stanojević, J., & Cvetković, D. (2022). Essential oils content, composition and antioxidant activity of lemon balm, mint and sweet basil from Serbia. *LWT*, 153, 112210. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112210>

IRAC. (s.d.). *Melon & Cotton Aphid Archives*. Visitato il 19 aprile 2023, da <https://irac-online.org/pests/aphis-gossypii/>

- Jeppson, L. R., Keifer, H. H., & Baker, E. W. (1975). *Mites injurious to economic plants*. Univ of California Press.
- Jing, W., Rong, L., Jin, T., & Zi-Tao, J. (2013). Effect of Drying on Essential Oil Yields and Chemical Composition of Pineapple Mint (*Mentha rotundifolia* “variegata”) from China. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. <https://doi.org/10.1080/0972060x.2013.854507>
- Joachim, C., & Weisser, W. W. (2015). Does the Aphid Alarm Pheromone (E)- $\beta$ -farnesene Act as a Kairomone under Field Conditions? *Journal of Chemical Ecology*, 41(3), 267–275. <https://doi.org/10.1007/S10886-015-0555-0/TABLES/1>
- Karban, R., English-Loeb, G., Walker, M. A., & Thaler, J. (1995). Abundance of phytoseiid mites on *Vitis* species: effects of leaf hairs, domatia, prey abundance and plant phylogeny. In *Experimental & Applied Acarology* (Vol. 19).
- Kielty, J. P., Allen-Williams, L. J., Underwood, N., & Eastwood, E. A. (1996). Behavioral Responses of Three Species of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) to Olfactory Cues Associated with Prey and Habitat. *Journal of insect Behavior*, 9(2).
- Kunert, G., Schmoock-Ortlepp, K., Reissmann, U., Creutzburg, S., & Weisser, W. W. (2008). The influence of natural enemies on wing induction in *Aphis fabae* and *Megoura viciae* (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, 98(1), 59–62. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005391>
- Laffi, Franco. (1981). *Acari di interesse agrario*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>
- Leite, G. L. D., Picanço, M., Guedes, R. N. C., & Zanuncio, J. C. (1999). Influence of canopy height and fertilization levels on the resistance of *Lycopersicon hirsutum* to *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *Experimental and Applied Acarology*, 23(8), 633–642. <https://doi.org/10.1023/A:1006201915292/METRICS>
- Linee Tecniche di Difesa Integrata Reg. Veneto, U.O. Fitosanitario Regione del Veneto (2023).
- Liu, J., Zhao, X., Zhan, Y., Wang, K., Francis, F., & Liu, Y. (2021). New slow release mixture of (E)- $\beta$ -farnesene with methyl salicylate to enhance aphid biocontrol efficacy in wheat ecosystem. *Pest Management Science*, 77(7), 3341–3348. <https://doi.org/10.1002/PS.6378>
- Mahmoud, S. S., & Croteau, R. B. (2002). Strategies for transgenic manipulation of monoterpene biosynthesis in plants. *Trends in Plant Science*, 7(8), 366–373. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02303-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02303-8)

- Mcmurtry, J. A., & Croft, B. A. (1997). Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. In *Annu. Rev. Entomol* (Vol. 42). [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org)
- MeiYu, W., Dong Sheng, W., & Yong Da Y, X. H. (2008). Development of the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae) on various tomato lines. *Acta Entomol Sinica*, 51(8), 839–843.
- Micha, S. G., & Wyss, U. (1996). Aphid alarm pheromone (E)-p-farnesene: a host finding kairomone for the aphid primary parasitoid *Aphidius uzbekistanicus* (Hymenoptera: Aphidiinae). *Chemoecology*, 7, 132–139.
- Momen, F. M., Abdelkader, M. M., & Fahim, S. F. (2018). Composition, repellent and fumigant toxicity of *Mentha longifolia* essential oil on *Tetranychus urticae* and three predatory mites of the family phytoseiidae (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 53(2), 221–232. <https://doi.org/10.1556/038.53.2018.007>
- Momen, F. M., & Abdel-Khalek, A. (2008). Effect of the tomato rust mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae) on the development and reproduction of three predatory phytoseiid mites. *International Journal of Tropical Insect Science*, 28(1), 53–57. <https://doi.org/10.1017/S1742758408942594>
- Momen, F. M., Amer, S. A. A., & Refaat, A. M. (2005). Influence of Mint and Peppermint on *Tetranychus urticae* and Some Predacious Mites of the Family Phytoseiidae (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 36(1–2), 143–153. <https://doi.org/10.1556/APHYT.36.2001.1-2.17>
- Momen, F. M., Amer, S., & Refaat, A. M. (2001). Influence of Mint and Peppermint on *Tetranychus urticae* and Some Predacious Mites of the Family Phytoseiidae (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*. <https://sci-hub.ru/https://doi.org/10.1556/aphyt.36.2001.1-2.17>
- Mumm, R., Schrank, K., Wegener, R., Schulz, S., & Hilker, M. (2002). Chemical analysis of volatiles emitted by *Pinus sylvestris* after induction by insect ovideposition. *Journal of Chemical Ecology*, 29(5).
- Nishino, C., Bowers, W. S., Montgomery, M. E., Nault, L. R., & Nielson, M. W. (1977). Alarm pheromone of the spotted alfalfa aphid, *Therioaphis maculata* Buckton (Homoptera: Aphididae). In *J. Chem. Ecol* (Vol. 3, Numero 3).
- Pemberton, R. W., & Turner, C. E. (1989). *Occurrence of predatory and fungivorous mites in leaf domatia 1* (Vol. 76, Numero 1).



- Pennacchi, F. (2014). *Gli insetti e il loro controllo* (Liguori Editore).
- Pickett, J. A., & Griffiths, D. C. (1980). Composition of aphid alarm pheromones. In *Journal of Chemical Ecology* (Vol. 6, Numero 2).
- Pickett, J. A., Wadhams, L. J., Woodcock, C. M., & Hardie, J. (1992). The chemical ecology of aphids. *Annual review of entomology*, 37(1), 67–90.
- Pijnakker, J., Hürriyet, A., Petit, C., Vangansbeke, D., Duarte, M. V. A., Arijs, Y., Moerkens, R., Sutter, L., Maret, D., & Wäckers, F. (2022). Evaluation of Phytoseiid and Iolinid Mites for Biological Control of the Tomato Russet Mite *Aculops lycopersici* (Acari: Eriophyidae). *Insects*, 13(12).  
<https://doi.org/10.3390/insects13121146>
- Pijnakker, J., Moerkens, R., Vangansbeke, D., Duarte, M., Bellinkx, S., Benavente, A., Merckx, J., Stevens, I., & Wäckers, F. (2022). Dual protection: A tydeoid mite effectively controls both a problem pest and a key pathogen in tomato. *Pest Management Science*, 78(1), 355–361.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.6647>
- Prosser, I. M., Adams, R. J., Beale, M. H., Hawkins, N. D., Phillips, A. L., Pickett, J. A., & Field, L. M. (2006). Cloning and functional characterisation of a cis-muuroladiene synthase from black peppermint (*Mentha × piperita*) and direct evidence for a chemotype unable to synthesise farnesene. *Phytochemistry*, 67(15), 1564–1571. <https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2005.06.012>
- Radu, I. M., & Radu, O. (2014). Comparative study of essential oil from two species of mint grown in Orastie. *FARMACIA*, 62.
- Rasmy, A. H., & El-Banhawy, E. M. (1974). Behaviour and bionomics of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* [Acarina: Phytoseiidae] as affected by physical surface features of host plants. *Entomophaga*, 19(3), 255–257.  
<https://doi.org/10.1007/BF02371050>
- Rice, R. E., & Strong, F. E. (1962). Bionomics of the Tomato Russet Mite, *Vasates lycopersici* (Masse). *Annals of the Entomological Society of America*, 55(4), 431–435. <https://doi.org/10.1093/AESA/55.4.431>
- Roda, A., Nyrop, J., & English-Loeb, G. (2003). Leaf pubescence mediates the abundance of non-prey food and the density of the predatory mite *Typhlodromus pyri*. *Experimental & Applied Acarology*, 29(3), 193–211.  
<https://doi.org/10.1023/A:1025874722092>

- Roda, A., Nyrop, J., English-Loeb, G., & Dicke, M. (2001). Leaf pubescence and two-spotted spider mite webbing influence phytoseiid behavior and population density. *Oecologia*, 129(4), 551–560. <https://doi.org/10.1007/s004420100762>
- Royalty, R. N., & Per Ring, T. M. (1988). Morphological Analysis of Damage to Tomato Leaflets by Tomato Russet Mite (Acari: Eriophyidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(3), 816–820. <https://doi.org/10.1093/JEE/81.3.816>
- Salvaudon, L., De Moraes, C. M., & Mescher, M. C. (2013). Outcomes of co-infection by two potyviruses: implications for the evolution of manipulative strategies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1756), 20122959. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2959>
- Šarić-Kundalić, B., Fialová, S., Dobeš, C., Ölzant, S., Tekel'ová, D., Grančai, D., Reznicek, G., & Saukel, J. (2009). Multivariate numerical taxonomy of *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars. *Scientia Pharmaceutica*, 77(4), 851–876. <https://doi.org/10.3797/scipharm.0905-10>
- Schmidt, R. A. (2014). Leaf structures affect predatory mites (Acari: Phytoseiidae) and biological control: A review. In *Experimental and Applied Acarology* (Vol. 62, Numero 1, pagg. 1–17). <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9730-6>
- Simmons, A. T., & Gurr, G. M. (2005). Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 7(4), 265–276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2005.00271.x>
- Singh, R., & Singh, G. (2021). Aphids. In Omkar (A c. Di), *Polyphagous Pests of Crops* (pagg. 105–182). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8075-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8075-8_3)
- Skinner, M., Sullivan, C. E. F., & Valentin, R. (2017). *Aphid Banker Plant System for Greenhouse IPM, Step by Step What is the Aphid Banker Plant System, and how does it work? What crops are appropriate for this system?* <http://www.youtube.com/watch?v=MCfOZtFB3aU&feature=related>
- Song, X., Qin, Y. G., Yin, Y., & Li, Z. X. (2021). Identification and Behavioral Assays of Alarm Pheromone in the Vetch Aphid *Megoura viciae*. *Journal of Chemical Ecology*, 47(8–9), 740–746. <https://doi.org/10.1007/S10886-021-01297-4/FIGURES/4>

- Sun, Y., Qiao, H., Ling, Y., Yang, S., Rui, C., Pelosi, P., & Yang, X. (2011). New analogues of (E)- $\beta$ -farnesene with insecticidal activity and binding affinity to aphid odorant-binding proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(6), 2456–2461. [https://doi.org/10.1021/JF104712C/ASSET/IMAGES/LARGE/JF-2010-04712C\\_0002.JPEG](https://doi.org/10.1021/JF104712C/ASSET/IMAGES/LARGE/JF-2010-04712C_0002.JPEG)
- Šundić, M., & Pajović, I. (2012). Seasonal Abundance and host preference by *Allothrombium pulvinum* Ewing (1917) (Acari:Trombidiidae) larvae on aphids (Homoptera:Aphididae) of Montenegro, with notes on rate of parasitism and new metric data. In *Agriculture & Forestry* (Vol. 56, Numero 10).
- Toniazzo, A. (2018). *Biological studies of dispersal of Typhlodromus (Anthoseius) recki (Acari: Phytoseiidae) between mint plants and tomatoes*. Università degli studi di Padova.
- Tremblay, E. (1981). *Entomologia applicata*, vol. II. *Parte I-Liguori (Ed.)*, Napoli, 1–312.
- Verheggen, F. J., Fagel, Q., Heuskin, S., Lognay, G., Francis, F., & Haubruge, E. (2007). *Electrophysiological and Behavioral Responses of the Multicolored Asian Lady Beetle, Harmonia axyridis Pallas, to Sesquiterpene Semiochemicals*. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9370-6>
- Verma, R., Rahman, L. ur, Rk, V., Chauhan, A., Yadav, A., & A, S. (2010). Essential Oil Composition of Menthol Mint (*Mentha arvensis* L.) and Peppermint (*Mentha piperita* L.) Cultivars at Different Stages of Plant Growth from Kumaon Region of Western Himalaya. *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1, 13–18.
- Vervaeke, L., De Vis, R., De Clercq, P., & Van Leeuwen, T. (2021). Is the emerging mite pest *Aculops lycopersici* controllable? Global and genome-based insights in its biology and management. *Pest Management Science*, 77(6), 2635–2644. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.6265>
- Vosteen, I., Weisser, W. W., & Kunert, G. (2016). Is there any evidence that aphid alarm pheromones work as prey and host finding kairomones for natural enemies? *Ecological Entomology*, 41(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/EEN.12271>
- Wang, B., Dong, W., Li, H., D’Onofrio, C., Bai, P., Chen, R., Yang, L., Wu, J., Wang, X., Wang, B., Ai, D., Knoll, W., Pelosi, P., & Wang, G. (2022). Molecular basis of (E)- $\beta$ -farnesene-mediated aphid location in the predator *Eupeodes corollae*. *Current Biology*, 32(5), 951–962.e7. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2021.12.054>

- Wohlens, P. (1981). Aphid avoidance of plants contaminated with alarm pheromone (E)- $\beta$ -farnesene. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 92(1–5), 329–336. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0418.1981.TB01681.X>
- Wohltmann, A., & Małkol, J. (2009). A redescription of *Allothrombium Meeidionale* berlese, 1910 (Acari: Trombidiformes: Trombidioidea) with notes on biology and developmental malformations. *Annales Zoologici*, 59(3), 397–413. <https://doi.org/10.3161/000345409X476468>
- Xin, Z.-Q. (1989). Biology of *Allothrombium pulvinum* (Acariformes: Trombidiidae), a potential biological control agent of aphids in China. In *Experimental & Applied Acarology* (Vol. 6).
- Yanar, D., Erdoğan, H., & Yanar, Y. (2013). Feeding behaviors of the tydeid mites. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(2), 1–5.
- Yu, X. D., Pickett, J., Ma, Y. Z., Bruce, T., Napier, J., Jones, H. D., & Xia, L. Q. (2012). Metabolic Engineering of Plant-derived (E)- $\beta$ -farnesene Synthase Genes for a Novel Type of Aphid-resistant Genetically Modified Crop Plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 54(5), 282–299. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7909.2012.01107.X>
- Zhu, J., Cosse, A. A., Obrycki, J. J., Saeng Boo, K., & Baker, T. C. (1999). Olfactory reactions of the twelve-spotted lady beetle, *Coleomegilla maculata* and the green lacewing, *Chrysoperla carnea* to semiochemicals released from their prey and host plant: electroantennogram and behavioral responses. *Journal of Chemical Ecology*, 25(5).