



UNIMORE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Dipartimento di Scienze della Vita
Agraria

Corso di Laurea in
Sostenibilità Integrata dei Sistemi Agricoli

FITOFAGI DEL PERO: UNA GESTIONE SOSTENIBILE TRAMITE L'UTILIZZO DI PRODOTTI CORROBORANTI

Relatore

Prof. ssa Lara Maistrello

Correlatore

Dott. Daniele Iotti

Prof. ssa Elena Costi

Studente

Andrea Nicoloso

N. Matricola

189950

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

SOMMARIO

1) ABSTRACT.....	4
2) INTRODUZIONE	5
2.1) Produzione e declino del pero in Italia.....	5
2.2) Biologia fitofagi di interesse	6
2.2.1) <i>Halyomorpha halys</i> (Cimice asiatica)	6
2.2.2) <i>Cacopsylla pyri</i> (Psilla del Pero).....	9
2.2.3) <i>Stephanitis pyri</i> (Tingide del pero).....	10
2.3) Necessità di alternative alla difesa chimica	11
2.4) Difese alternative per la gestione sostenibile di <i>Halyomorpha halys</i>	11
3.1) Propolis	13
3.2) Polveri di roccia	14
3.3) Zolfo.....	15
3.4) Oli vegetali.....	16
3.5) Saponi molli	16
4) SCOPO DELLA TESI	18
5) MATERIALI E METODI.....	19
5.1) Aziende coinvolte nella prova.....	19
5.1.1) Azienda 1	19
5.1.2) Azienda 2	19
5.2) Trattamenti e rilievi.....	20
5.3) Effetti dei trattamenti su parassitoidi oofagi di <i>Halyomorpha halys</i>	22
5.4) Allevamenti di cimici	23
6.1) Raccolta dati.....	24
6.2) Analisi statistica	25
7) RISULTATI.....	26
7.1) Numero di individui di <i>Halyomorpha halys</i> per parcella	26
7.2) Frutti danneggiati da parte di <i>Halyomorpha halys</i>	26
7.3) Numero di individui di <i>Cacopsylla pyri</i> per parcella.....	28
7.4) Numero di individui di <i>Stephanitis pyri</i> per parcella.....	29
7.5) Effetti dei trattamenti su parassitoidi oofagi di <i>Halyomorpha halys</i>	30
7.6) Monitoraggio antocoridi	31
7.7) Danni a livello fogliare	31
9) CONCLUSIONI	34

10) BIBLIOGRAFIA	35
11) SITOGRAFIA.....	41
12) SITOGRAFIA DELLE FIGURE.....	41
13) RINGRAZIAMENTI.....	42

1) ABSTRACT

In Italia negli ultimi anni si è assistito ad un progressivo declino della coltivazione del pero, con riduzione drastica della superficie coltivata e un crollo della produzione. Tra le cause principali ci sono i danni e le difficoltà nella gestione di alcuni fitofagi quali *Halyomorpha halys* (Cimice asiatica), *Cacopsylla pyri* (Psilla del pero) e *Stephanitis pyri* (Tingide del pero). I prodotti corroboranti, sostanze diverse dagli insetticidi di sintesi, sono sfruttati in agricoltura per una difesa alternativa e sostenibile delle produzioni. Questo elaborato si occupa di analizzare l'efficacia di alcune sostanze corroboranti (zeolite, zolfo, miscela di propoli e bentonite) nel contrastare gli insetti fitofagi precedentemente elencati. Sono state condotte delle prove in pereti in aziende con regimi di agricoltura differenti (una azienda Biologica e una azienda Integrata) per testare i prodotti, verificando attraverso dei monitoraggi l'effettiva validità di queste sostanze. Durante la stagione sono state rilevate le densità di infestazione degli insetti target dello studio e i danni alla produzione imputabili a essi come ad esempio i frutti danneggiati. I risultati hanno dato complessivamente esito positivo con i trattamenti che presentavano una differenza significativa rispetto al controllo in termini di danni sui frutti, mentre per l'infestazione da *C. pyri* non si è avuto nessun riscontro sull'efficacia dei prodotti in quanto la densità in campo di questo insetto è risultata molto bassa. Inoltre, si è notato che lo zolfo corroborante applicato a bassa dose, può avere una sua efficacia nel ridurre la presenza di tingidi nel pero rispetto al controllo. Saranno necessari nei prossimi anni ulteriori sperimentazioni in campo per verificare l'efficacia dei diversi prodotti nel proteggere la coltura da insetti fitofagi.

2) INTRODUZIONE

2.1) Produzione e declino del pero in Italia

Uno dei settori frutticoli più importanti in Italia è quello del pero. Nella regione Emilia-Romagna si concentra il 70% della produzione nazionale di questa coltura (Regione Emilia- Romagna, 2025). Tuttavia, dal 2011 si è assistito ad un declino nella coltivazione di questa commodity, passando da 926 mila tonnellate ad appena 180 mila tonnellate del 2023 sull'intero territorio italiano (Figura 2.1) (Nomisma, 2025).

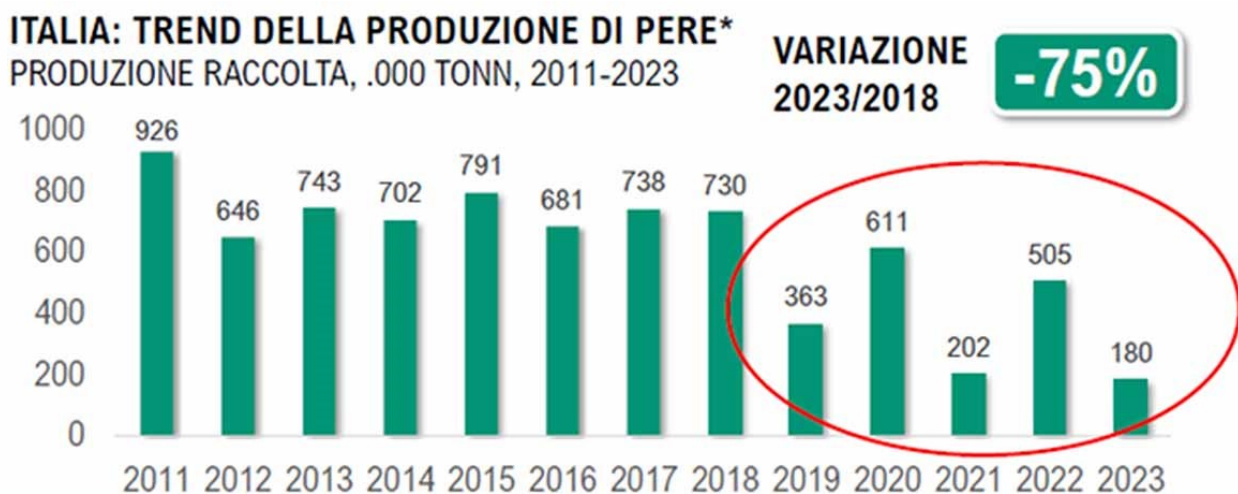


Figura 2.1) Trend della produzione di pere in Italia (Nomisma)

Il declino è imputabile a diversi fattori di tipo biotico e abiotico. Il cambiamento climatico ha ridotto le capacità produttive di questa coltura grazie ad una maggiore esposizione alle gelate tardive, ad una interruzione della dormienza delle gemme e una fioritura sempre più precoce (Reeves et al., 2022). Inoltre, essa ha necessità di trascorrere un elevato numero di ore freddo durante i mesi invernali per garantire delle rese sufficienti e un germogliamento omogeneo durante la ripresa dell'attività vegetativa che sempre più difficilmente è raggiungibile in inverni in cui sono presenti temperature miti (Soni Joshi, 2015).

Si è assistito, oltretutto, a problemi fitosanitari che affliggono il pero; esempi di patogeni di maggiore importanza che hanno portato ad un declino nella coltivazione di questa coltura sono *Stemphylium vesicarium* (Maculatura Bruna del Pero), *Candidatus Phytoplasma pyri* (fitoplasma agente causale della “Moria del Pero”) e *Erwinia amylovora* (batterio responsabile del “Colpo di fuoco batterico”). *S. vesicarium* è un fungo Ascomicete che negli anni, in cui si sono verificate condizioni climatiche favorevoli, ha causato danni fino al 90% della produzione (Regione Emilia-Romagna, 2025). I sintomi visibili sul frutto sono delle aree marcescenti brune contornate da zone di colore rossastro, spesso individuabili nella zona calicina (Regione Emilia-Romagna, 2025).

Candidatus Phytoplasma pyri è il fitoplasma agente causale della Moria del Pero ed è trasmesso da individui appartenenti al genere *Psylla* (Seemüller & Schneider, 2004) o attraverso l'utilizzo di marze infette su piante sane (Siemonsmeier et al., 2019). I sintomi si manifestano come arrossamenti a livello della vegetazione, il margine fogliare si piega verso l'alto, si assiste ad una defogliazione precoce (soprattutto all'apice delle branche) e ad una produzione di frutti di dimensione ridotta. Questo porta ad un deperimento progressivo della pianta negli anni successivi (Regione Emilia-Romagna, 2025).

La sintomatologia del batterio *E. amylovora* si manifesta con necrosi e annerimenti sulla parte aerea della pianta durante il periodo primaverile, mentre i germogli assumono la tipica forma ad uncino. I segni della malattia si estendono anche ai frutti nelle fasi successive l'allegagione (Piqué et al., 2015); altra sintomatologia tipica è la formazione dei cancri a livello degli organi legnosi che possono provocare la morte della pianta (Pedroncelli & Puopolo, 2024). Inoltre, possono svilupparsi degli essudati di colore biancastro sulle parti colpite (Regione Emilia-Romagna, 2025).

Ai fini di questo elaborato, ci si concentrerà sui fitofagi importanti per le perdite produttive nella coltivazione del pero, analizzando i loro cicli biologici e la tipologia di danni che possono causare.

2.2) Biologia fitofagi di interesse

2.2.1) *Halyomorpha halys* (Cimice asiatica)

Halyomorpha halys (Figura 2.2) (Hemiptera, Pentatomidae) è originario del Sud East Asiatico (Corea del Nord, Corea del Sud, Giappone e Cina) (Nielsen & Hamilton, 2009) che si è espanso in diverse aree geografiche differenti dall'areale di origine, diventando una specie invasiva. Tale situazione è stata determinata dall'aumento dei traffici commerciali a livello mondiale che ne ha facilitato la propagazione in altre zone. La cimice asiatica si è diffusa al di fuori del proprio luogo di origine colonizzando inizialmente gli Stati Uniti d'America (la prima segnalazione è risalente al 1996 nello stato della Pennsylvania) e successivamente è stata individuata in Europa nel 2007 (Zhu et al., 2012). Nel 2012 è stato rinvenuto il primo esemplare di *H. halys* in Italia (Bariselli et al., 2016). Questo insetto è particolarmente dannoso, non solo per la coltura del pero, ma per centinaia di colture. Viene stimato che le perdite produttive nell'anno 2019 in Italia nel settore della frutticoltura siano state stimate in 590 milioni di euro (CSO Italy, 2020).

Il ciclo biologico è articolato in: stadio di uovo, 5 stadi giovanili (3 stadi neanidali e 2 stadi ninfali) e stadio adulto. In climi di paesi come Italia e Slovenia, questa specie svolge due generazioni all'anno (bivoltinismo), mentre in Svizzera ne svolge solo una (monovoltinismo) (Costi et al., 2017; Rot et al., 2022).

Durante il periodo invernale, gli adulti si raggruppano presso rifugi artificiali (Inkley, 2012) o naturali per trascorrere il periodo di svernamento (Nielsen et al., 2008), fuoriuscendo da essi in primavera, nel momento in cui le temperature e il fotoperiodo lo consentono nei mesi di marzo-aprile. A seguito dell'incontro fra i due sessi in primavera, esse depongono gruppi di 28 uova di colore bianco-azzurro denominati ovature (Hodges & Penca, 2019) (figura 2.3A) sulla pagina inferiore delle foglie e nel corso della loro vita sono in grado di deporre fino a 244 uova (Nielsen & Hamilton, 2009).



Figura 2.2) Adulto di *Halyomorpha halys* (Consorzio Fitosanitario Provinciale di Parma, 2025)

Le neanidi di prima età (Figura 2.3B) presentano una scarsa mobilità e tendono a rimanere raggruppate nel luogo in cui è stata deposta l'ovatura per poter assumere i microrganismi endosimbionti (*Pantoea carbekii*) rilasciati dalla madre sulle uova durante la deposizione (Maistrello, 2024). Esse possiedono una colorazione giallo-arancio (gli stadi preimmaginali successivi e l'adulto mostrano tonalità di colore tendenti al bruno marmorizzato) (Maistrello, 2024) e una lunghezza del corpo mediamente di 1,4 mm (Medal et al., 2013). Negli stadi ninfali (quarto e quinto stadio giovanile) sono presenti gli abbozzi alari, forme incomplete delle ali (Figura 2.3C). Allo stadio adulto, i due sessi presentano delle differenze a livello somatico; gli individui di sesso femminile tendono ad avere dimensioni generalmente più elevate rispetto al maschio (Maistrello, 2024). I maschi presentano il pigoforo, una appendice presente all'apice dell'addome, mentre le femmine ne sono prive (Maistrello, 2024).

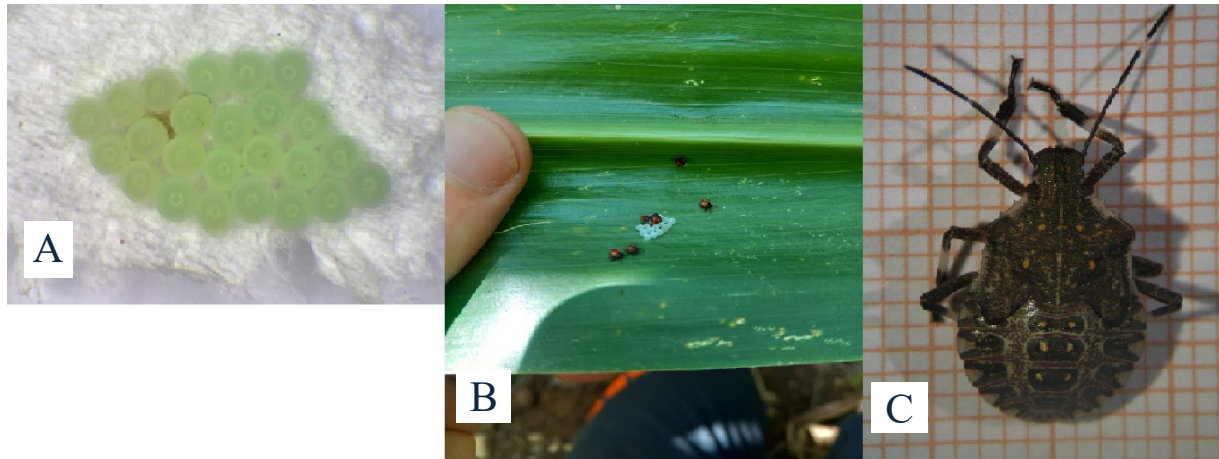


Figura 2.3) Ovatura di *Halyomorpha halys* (foto di Daniele Iotti) (A), neanidi di prima età (B) e ninfa di ultima età con abbozzi alari evidenti (foto di Elena Costi) (C)

L'atto dell'alimentazione avviene attraverso l'apparato boccale pungente-succhiante e determina necrosi e decolorazioni sulla superficie del frutto, mentre si verificano suberificazioni a livello della polpa (Maistrello, 2024). Se nel momento in cui viene colpito il frutto, questo è ancora in fase di accrescimento, esso può presentare delle deformazioni dovute alla morte cellulare (Maistrello, 2024), mentre la restante parte del frutto continuerà ugualmente a svilupparsi (Figura 2.4). Questa sintomatologia è dovuta agli enzimi presenti nella saliva che hanno la funzione di predigestione dell'alimento prima di effettuare la suzione (Maistrello, 2024). Le piante ospiti di interesse agrario sono numerose, data la sua elevata polifagia, e molte di queste sono presenti anche all'interno del territorio italiano, fra queste troviamo in particolare il nocciolo (Bosco et al., 2018), piante da frutto come pero, melo, pesco, actinidia, oltre a mais, soia ed altre (Maistrello, 2024). Il successo della sua colonizzazione di molte aree geografiche è dovuto alla sua estrema polifagia che ha consentito di trovare risorse per il suo sviluppo. Inoltre, questa specie presenta una elevata mobilità in tutti gli stadi di sviluppo e presenta un elevato potenziale riproduttivo. Queste caratteristiche, oltre all'inadeguatezza delle tecniche di difesa attuate inizialmente, hanno fatto sì che *H. halys* diventasse uno dei fitofagi principali della coltura del pero (Maistrello, 2024; Leskey & Nielsen, 2018; Costi et al., 2017).



Figura 2.4) Deformazioni dovute a punture precoci da parte di *Halyomorpha halys* (Confagricoltura, 2021)

2.2.2) *Cacopsylla pyri* (Psilla del Pero)

Cacopsylla pyri appartiene all'ordine dei Rincoti, famiglia Psyllidae. È monofaga, quindi a differenza della cimice asiatica, essa colpisce solamente la coltura del pero (*Pyrus communis*). La psilla del pero svolge annualmente 4-5 generazioni, svernando allo stadio di adulto sulla vegetazione. La fase adulta presenta le ali poste "a tetto" sul corpo e la forma svernante presenta, rispetto alle generazioni estive, una colorazione più scura (Irgashova & Jumaev, 2025). Il ciclo biologico si articola in 5 stadi giovanili (3 stadi neanidali e 2 stadi ninfali), che hanno un aspetto appiattito dorsalmente e presentano delle espansioni laterali a livello del pronoto (Alford, 2007) e hanno una colorazione che tende a diventare meno vivace man mano che si avvicina allo stadio adulto (Nin et al., 2013). Le ninfe, a differenza delle neanidi, presentano gli abbozzi alari e maggiori dimensioni del corpo. In primavera, gli adulti svernanti, che hanno passato l'inverno nelle fessure sotto la corteccia del pero o nella vegetazione intorno al frutteto, migrano verso le gemme presenti nella parte superiore della pianta per nutrirsi e in questo periodo si hanno le prime ovideposizioni a livello delle foglie (Nin et al., 2013). Il danno diretto determinato da questo insetto è principalmente dovuto alla sottrazione di linfa elaborata dalla pianta soprattutto a livello dei giovani germogli attraverso l'apparato boccale pungente-succhiante. Essendo una specie che svolge una alimentazione di tipo floematico, allo stadio giovanile emette grandi quantità di melata (Figura 2.5), capace di attrarre funghi saprofiti e determinare la formazione di fumaggini (Civolani, 2012; Irgashova & Jumaev, 2025). Questo provoca un danno indiretto alla pianta in quanto riduce la capacità fotosintetizzante delle foglie. Inoltre, *C. pyri* è capace di acquisire da piante infette, e successivamente trasmettere ad altre piante ospiti, il fitoplasma agente causale

della moria del pero (*Candidatus Phytoplasma pyri*) (Civolani, 2012; Seemüller & Schneider, 2004; Süle, 2014).



Figura 2.5) Stadi giovanili di *Cacopsylla pyri* con abbondanti secrezioni di melata

2.2.3) *Stephanitis pyri* (Tingide del pero)

Stephanitis pyri è un insetto oligofago, la cui dieta è principalmente legata a piante appartenenti alle pomacee (pero e melo), ma è presente anche su susino e ciliegio (Alford, 2007). Il tingide del pero svolge annualmente nella regione del Mediterraneo 3 generazioni (Aysal & Kivan, 2008). Allo stadio adulto, questo insetto presenta una lunghezza di 3 mm ed è riconoscibile da processi trasparenti e reticolati che si estendono sul pronoto e sulle ali (Alford, 2007).

Stephanitis pyri sverna allo stadio adulto e in primavera torna in attività. Questa specie forma colonie sulla pagina inferiore della foglia, dove viene svolta l'alimentazione e l'ovideposizione. In estate avviene l'emergenza delle neanidi e il passaggio all'età adulta si ha passando attraverso 5 stadi giovanili (Irgashova & Jumaev, 2025). Il tingide del pero si nutre delle cellule del mesofillo fogliare, le quali vengono svuotate del loro contenuto tramite l'apparato boccale pungente succhiante dell'insetto. Questo porta alla formazione di macchie clorotiche visibili sulla pagina superiore della foglia, e può portare a filloptosi anticipata. Sulla pagina inferiore della foglia sono visibili gli escrementi dell'insetto (Aysal & Kivan, 2008). *Stephanitis pyri* è diventato problematico nella gestione da parte delle aziende biologiche dopo l'integrazione delle reti monofila nella IPM (Integrated Pest Management) attuata in primis per la protezione da *H. halys* (Prete et al., 2023).



2.6) Esemplici di *Stephanitis pyri* presenti sulla foglia (foto di Daniele Iotti)

2.3) Necessità di alternative alla difesa chimica

Il controllo chimico con insetticidi ad ampio spettro fu l'unica strategia di controllo utilizzata all'inizio della diffusione della cimice asiatica al di fuori dell'areale di origine. Presto ha però dimostrato la propria inefficacia nel controllo della popolazione di *H. halys* (Kuhar & Kamminga, 2017; Leskey, Lee, et al., 2012).

L'utilizzo di insetticidi ad ampio spettro (come organofosfati, piretroidi e neonicotinoidi) è stato progressivamente limitato nel tempo dalle normative per la loro alta tossicità verso l'uomo e l'ambiente. L'applicazione di tali sostanze si è rivelata incompatibile con i programmi di lotta integrata (IPM) visti i diversi effetti negativi, tra i quali la riduzione degli impollinatori selvatici e dei nemici naturali che permettevano il controllo delle popolazioni di fitofagi secondari (Leskey, Lee, et al., 2012).

Inoltre, si è constatata una alta capacità movimento di *H. halys*, rispetto ad altri insetti, dall'interno del campo verso l'esterno, questo può consentirle di sfuggire ai trattamenti fitosanitari nel momento in cui vengono svolti riducendone quindi l'efficacia (Kuhar & Kamminga, 2017). La presenza di diverse piante arbustive a bordo campo funge per *H. halys* da rifugio alternativo per svolgere alimentazione e ovideposizione, risultando dunque un'importante sorgente di infestazione verso il campo (Tamburini et al., 2023).

2.4) Difese alternative per la gestione sostenibile di *Halyomorpha halys*

In attuazione alla Direttiva 2009/128/CE, gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno adottato nei propri Piani d'Azione Nazionali delle misure volte a ridurre l'utilizzo di prodotti fitosanitari (ERSA FVG, 2025). Questo ha portato l'Italia a rendere dal 1° gennaio 2014 la difesa integrata obbligatoria, vincolando gli agricoltori all'utilizzo di strategie preventive, mezzi di lotta alternativi alla difesa

chimica, soglia d'intervento e molecole a basso impatto ambientale (Regione Emilia-Romagna, 2025). Le diverse strategie di gestione sono attuate sinergicamente in modo tale da favorire un maggiore contenimento dei danni causati da parte dei fitofagi sulla produzione. Negli ultimi anni, c'è stato un notevole impegno per limitare le perdite produttive dovute alla cimice asiatica e altri target verso le produzioni frutticole adottando l'utilizzo di mezzi fisici e biologici.

Una strategia che ha favorito una riduzione dei danni alle colture da parte di *H. halys* sono le reti di esclusione (reti antigrandine, monoblocco e monofila) (Regione Emilia-Romagna, 2024). Uno studio svolto nella regione Emilia-Romagna (Caruso et al., 2019) ha dimostrato l'efficacia nel prevenire i danni da cimice asiatica implementando nel frutteto questo tipo di strategia. La sola rete antigrandine, utilizzata dalle aziende per contenere il danneggiamento dei frutti da parte delle avversità atmosferiche, ha ridotto l'impatto di questo fitofago sulla produzione del 50%, mentre l'implementazione di altri sistemi (reti monoblocco e monofila) tra l'80%-90%.

Una importante strategia per l'applicazione dell'IPM è la lotta biologica. Il termine "Lotta Biologica" si riferisce al contrastare organismi dannosi per l'agricoltura sfruttando altri organismi naturali antagonisti che con diverse strategie portano alla riduzione dell'organismo dannoso mantenendolo al di sotto della soglia di danno. Nel caso dei fitofagi, si fa riferimento all'utilizzo di insetti predatori, parassitoidi ed entomopatogeni. Nel caso di *H. halys*, l'assenza di nemici naturali nativi delle aree neocolonizzate capaci di ridurre in modo significativo la sua popolazione, ha portato all'avvio in Italia di un programma di lotta biologica "classica". Questa strategia consiste nell'importazione degli antagonisti naturali del parassita esotico dal suo luogo di origine in modo tale da ristabilire l'equilibrio ecologico nelle aree di recente invasione. Nel caso della cimice asiatica si è ricorso all'introduzione del parassitoide oofago *Trissolcus japonicus* (Imenotteri, Scelionidae) tramite un progetto approvato dal MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), all'interno del territorio italiano (Costi et al., 2022). Si è assistito nel tempo ad una progressiva diffusione di questo antagonista sul territorio italiano con soddisfacenti tassi di parassitizzazione delle ovature di cimice asiatica (Maistrello, 2024).

Inoltre, sono in corso studi nell'applicazione della strategia "Push-Pull" verso *H. halys* per contenere le perdite produttive in campo. Questa tecnica consiste nell'utilizzare sostanze repellenti che hanno lo scopo di "spingere" (push) al di fuori del campo l'insetto, mentre ai bordi del campo vengono usati dei dispositivi con stimoli attrattivi. Questi due stimoli hanno lo scopo di manipolare in modo sinergico il comportamento dell'insetto, riducendo la sua presenza in campo (Cook et al., 2007). Per quanto riguarda la cimice asiatica, si sta esaminando l'utilizzo di diverse sostanze repellenti in campo (Bazzocchi et al., 2023), mentre come attrattivo l'utilizzo del feromone di aggregazione (Giannuzzi et al., 2025) posto su trappole per cattura massale.

3) PRODOTTI CORROBORANTI

Nel corso degli anni, grazie al peso dell'opinione pubblica c'è stata la necessità di aumentare la sostenibilità delle produzioni agricole e ridurre l'impatto di avversità di tipo biotico nei frutteti (soprattutto nell'agricoltura biologica), questo ha spinto i frutticoltori a adottare prodotti alternativi ai prodotti fitosanitari di sintesi. Fra questi è possibile trovare i prodotti corroboranti, che vengono definiti dal D.P.R. n°55/2012 (Art.1, comma 4) come “sostanze di origine naturale, diverse dai fertilizzanti, che: 1) migliorano la resistenza delle piante nei confronti di organismi nocivi; 2) proteggono le piante da danni non provocati da parassiti”. Come esposto precedentemente, questi prodotti essendo prettamente di origine naturale, possono essere anche utilizzati in agricoltura di tipo biologico (Reg. CE 834/2018).

Esistono diverse tipologie di prodotti corroboranti (Regione Emilia-Romagna, 2024). Verranno forniti alcuni esempi in questo elaborato.

3.1) Propolis

Sostanza prodotta principalmente da *Apis mellifera* a partire da composti di origine vegetale, come gomme e resine, che vengono uniti alla cera (Bankova & Popova, 2023) (Figura 3.1A). Per questo insetto, oltre alla funzione di riparazione della struttura dell'alveare, la propoli ha anche l'attività di difesa antimicrobica verso vari patogeni dovuta a composti fenolici presenti all'interno (Bankova et al., 2018). Per questo motivo, si sono sfruttati i suoi principi per portare benefici alla salute umana (la propoli viene utilizzata per le sue proprietà antinfiammatorie) e negli ultimi anni si sono ampliati gli studi anche nell'ambito agrario per ridurre l'utilizzo degli input chimici. La ricerca riguardante questo contesto si è focalizzata principalmente sull'impiego della propoli come antifungino e antibatterico, ma anche per contrastare gli insetti e altri artropodi problematici per le produzioni (Bankova & Popova, 2023). L'interesse per l'applicazione come insetticida nasce dal fatto che questa sostanza è risultata tossica verso alcuni parassiti di *A. mellifera* come, ad esempio, *Varroa destructor* (Pusceddu et al., 2021). Lo studio di Amer & Nafea (2011) mostra una discreta efficacia verso alcuni fitofagi, soprattutto ai primi stadi larvali, come *Pectinophora gossypiella* (lepidottero dannoso per la coltura del cotone), *Spodoptera littoralis* (lepidottero polifago appartenente alla famiglia *Noctuidae*) e *Aphis craccivora* (afide polifago dannoso soprattutto per le piante appartenenti alle leguminose). Le sostanze fenoliche presenti nella propoli possono variare in termini di composizione (Aliyazcoglu et al., 2013; Santos-Buelga & González-Paramás, 2025) e vengono estratte tramite soluzioni idroalcoliche o emulsioni (Regione Emilia-Romagna, 2024). In altri studi (Daher et al., 2022, 2023) ci si è basati sull'utilizzo della propoli per contrastare l'infestazione di *Bactrocera oleae*, dittero appartenente alla famiglia dei *Tephritidae*, il cui danno si esplica tramite l'ovideposizione sulle drupe

dell'olivo e la successiva alimentazione delle larve. Si è dimostrato l'aumento dell'efficacia di deterrenza alla deposizione delle uova di questo fitofago tramite l'applicazione in miscela del prodotto con polveri di roccia, facendo sì che ci fosse una maggiore persistenza del trattamento in campo nel tempo. Inoltre, nella coltura del pero la propoli ha dimostrato una validità nel contenere *Stemphylium vesicarium* e il marciume molle batterico (Bakeer et al., 2016; Loebler et al., 2020)

3.2) Polveri di roccia

Le polveri di roccia sono ottenute dalla macinazione meccanica di sottoprodotti dell'industria mineraria che possono essere utilizzati favorendo un processo di economia circolare (Palma et al., 2025). Sono di diversa natura le polveri di roccia presenti sul mercato: le zeoliti (Figura 3.1B) sono alluminosilicati che presentano una struttura cristallina (organizzazione ordinata) composta da tetraedri di SiO_4 e AlO_4 (Kordala & Wyszowski, 2024). In agricoltura, questa tipologia di prodotto viene utilizzata come ammendante oppure come corroborante. La prima attività è data dalla capacità di questi composti di aumentare la ritenzione idrica del terreno, importante soprattutto in territori in cui le precipitazioni sono scarse, grazie alla struttura porosa delle particelle che intrappolano l'acqua e successivamente la rilasciano (Belviso, 2025). Inoltre, le zeoliti presentano una elevata capacità di scambio cationico che può essere utile ai fini della fertilità chimica, ma anche per l'assorbimento di inquinanti nel terreno (Cataldo et al., 2021). Diversi studi hanno analizzato l'impiego di zeolite come corroborante per ridurre l'infestazione di diversi fitofagi. Si è riscontrata la capacità di questo geomateriale di ridurre l'adesione e il movimento sulla pianta di *Nezara viridula* (Salerno et al., 2021). In uno studio riguardante *Bactrocera oleae* (Kovaiou et al., 2024), si è rilevata una riduzione significativa dei tassi di ovideposizione sulle olive, arrivando anche a renderla assente se la zeolite veniva applicata in miscela con un adesivante. Prove svolte su *H. halys* hanno dimostrato che questa polvere di roccia presenta una buona efficacia nel controllo delle ninfe a 4 giorni (35.28 ± 11.55 % di mortalità) e a 7 giorni (35.07 ± 16.23 % di mortalità) dopo il trattamento in condizioni di laboratorio, anche se si sono riscontrati effetti negativi sul parassitoide *T. japonicus* (Chierici et al., 2025).

Il caolino (Figura 3.1C) è costituito principalmente da caolinite, un alluminosilicato, che strutturalmente presenta strati alternati con organizzazione ottaedrica di allumina (AlO_6) e tetraedrici di silice (SiO_4) (Murray, 2006b). Viene estratto da giacimenti per diversi scopi, principalmente per l'industria della ceramica e della carta (Murray, 2006b). Fra i suoi utilizzi è possibile trovare anche quello agricolo; generalmente esso determina fenomeni di deterrenza all'ovideposizione e all'alimentazione degli insetti quando viene applicato sulla coltura (Puterka et al., 2000). Il caolino ha mostrato una migliore capacità della zeolite nel rimanere legato alle superfici trattate nel tempo e una maggiore efficacia nel prevenire i danni da parte di *H. halys* (Regione Emilia-Romagna,

2023; Preti et al., 2023). Il caolino ha dimostrato anche un effetto di deterrenza all'atto di ovideposizione di *C. pyri* in prove su pero (Regione Emilia-Romagna, 2024; Nin et al., 2013). Sono anche stati svolti test riguardanti *Popilia japonica* (Coleotteri, Scarabaeidae) in vigneto, riscontrando un effetto di deterrenza all'alimentazione soprattutto nelle prime fasi della stagione rispetto il controllo, anche se in misura minore rispetto l'uso di insetticidi convenzionali (Maier & Williamson, 2016).

La terra di diatomee è una polvere di roccia derivante dalla fossilizzazione delle diatomee (alghe unicellulari). Essa, quando viene applicata in campo, determina il danneggiamento dello strato ceroso della cuticola per effetto abrasivo, portando l'insetto al disseccamento dovuto alla perdita di acqua (Korunic, 1998). Studi sull'utilizzo della terra di diatomee verso ninfe di *H. halys* ha mostrato una minore efficacia rispetto caolino e zeolite nel contenere la popolazione (Chierici et al., 2025). È possibile utilizzare in modo combinato questo prodotto insieme ad insetticidi (naturali o di sintesi) in modo tale da avere un sinergismo fra l'azione abrasiva, svolta dalla terra di diatomee, e l'azione tossica esplicita dal fitofarmaco (Zeni et al., 2021).

Un altro esempio di polveri di roccia è la bentonite (Figura 3.1D), minerale composto principalmente da montmorillonite ed è utilizzata per molteplici attività quali l'edilizia (Murray, 2006a). La bentonite viene utilizzata in agricoltura come additivo ai prodotti fitosanitari in quanto manifesta un potere adesivante (Serbios, 2025).

3.3) Zolfo

Lo zolfo (Figura 3.1E), sottoforma elementare oppure come solfato, viene utilizzato per molteplici scopi in agricoltura; oltre l'attività nutrizionale verso le piante, esso svolge anche una funzione correttiva del pH del terreno nel caso fosse alcalino. Inoltre, il suo utilizzo è anche esteso all'ambito fitosanitario per contrastare l'oidio, patogeno fungino presente in diverse colture.

Sebbene si ricorra ad esso per questi impieghi, si è esteso il suo utilizzo anche alla protezione delle produzioni dai fitofagi dannosi. Prove di laboratorio in uno studio (Chierici et al., 2025), hanno dimostrato una mortalità di ninfe di *H. halys* simile a prodotti come la zeolite, ma si è riscontrata anche una elevata mortalità per *T. japonicus*. È stato testato anche il danno subito dai frutti in due pereti abbinando lo zolfo con terra di diatomee. I risultati hanno dimostrato un'efficacia simile a Acetamiprid (insetticida neonicotinoide di sintesi). Prove svolte in condizioni di laboratorio e semi-campo hanno mostrato anche un effetto repellente di questo elemento verso questo insetto. I test hanno anche dimostrato che lo zolfo ha una proprietà di deterrenza, senza provocare la morte dell'insetto (Scaccini, Mirandola, et al., 2024). L'effetto di repellenza è stato rilevato anche con prove

in campo, dimostrando una riduzione degli individui di diversi stadi di *H. halys* all'interno dei frutteti e una riduzione della severità e dell'incidenza del danno sui frutti (Scaccini, Fornasiero, et al., 2024).

3.4) Oli vegetali

Gli oli vegetali (Figura 3.1F) vengono prodotti a partire da semi, foglie o altre parti di alcune piante (Es. semi di girasole, foglie di menta, olive, ...). È possibile discernere queste sostanze in oli di acidi grassi, derivanti dai semi o dai frutti di diverse colture oleaginose (soia, arachide, girasole, lino, cotone ...), e oli essenziali, prodotti tramite l'utilizzo di piante aromatiche (Regione Emilia-Romagna, 2024). Quest'ultimi derivano dal metabolismo secondario della pianta, che produce varie sostanze per azione difensiva verso organismi patogeni e insetti fitofagi e sono riconducibili a diversi composti (idrocarburi, terpeni, derivati del benzene, ecc.) (Mossa, 2016). Esempi di piante aromatiche che producono questi composti sono *Mentha piperita*, *Eucalyptus globulus*, *Thymus vulgaris*, *Citrus limon* e *Allium sativum*. Oli essenziali prodotti tramite l'utilizzo di lavanda, pino e menta hanno dimostrato una tossicità verso diversi insetti, fra i quali *Stephanitis pyri*, *Myzus persicae* e *Leptinotarsa decemlineata* (Regnault-Roger, 1997). Il D-Limonene, presente ad esempio nei prodotti a base di oli essenziali di arancio dolce, ha dimostrato anche un effetto di repellenza verso alcuni insetti, oltre al potere insetticida determinato dal contatto della sostanza sul fitofago (Ibrahim et al., 2001).

3.5) Saponi molli

I saponi molli (Figura 3.1G) sono composti da sali di potassio e acidi grassi. Sebbene questi prodotti vengano utilizzati insieme agli insetticidi come additivi in quanto presentano un potere adesivante e bagnante (Regione Emilia-Romagna, 2024), essi hanno dimostrato in alcuni studi scientifici un effetto tossico per contatto verso gli insetti fitofagi. Uno studio (Quesada & Sadof, 2017) ha dimostrato un effetto insetticida dei saponi molli verso stadi avanzati di alcune specie di cocciniglie. Conclusioni favorevoli sono state ottenute anche nella riduzione della popolazione in campo di *Spodoptera frugiperda* (Aniwanou et al., 2020). Sono anche stati testati i saponi molli in miscela con insetticidi naturali (Olio di Neem), valutandone l'efficacia e ottenendo risultati positivi nel controllo di *Myzus persicae* (Tremblay et al., 2009).



Figura 3.1) Propoli (<https://www.leaagricoltura.it/>) (A), Zeolite (<https://zeolite-italia.com/>) (B), Terra di diatomee (<https://ruffatogroup.com/>) (C), Bentonite (<https://coltivare.info/>) (D), Zolfo in polvere (<https://www.ortodacoltivare.it/>) (E), Oli vegetali (<https://www.sgaravattigroup.it/>) (F) e Saponi molli (<https://www.copyr.eu/>) (G)

4) SCOPO DELLA TESI

Il presente elaborato di tesi è inserito all'interno del progetto PRO.DI.P. (Nuove strategie e PROtocolli di utilizzo di corroboranti per integrare la Difesa del Pero) rientrante nel programma di sviluppo rurale (PSR) 2023-2027. Esso si è prefissato come scopo l'individuazione dell'efficacia di diversi prodotti corroboranti (a base di polveri di roccia, zolfo e propoli) nel limitare la dannosità e lo stato di infestazione in campo di diversi fitofagi importanti per la coltura del pero, fra i quali la cimice asiatica (*H. halys*), la Psilla del pero (*C. pyri*) e il Tingide del pero (*S. pyri*). Il fine è quello di individuare mezzi di difesa sostenibili a livello ambientale e che si dimostrino adeguati a limitare le perdite produttive dovute a problematiche di origine biotica. Fra le attività svolte nel progetto risultano anche prove per verificare possibili effetti negativi nei confronti dei nemici naturali, come i parassitoidi oofagi di *H. halys* e gli antocoridi (antagonisti di *Cacopsylla pyri*), che svolgono un ruolo ecologico fondamentale nel limitare le popolazioni dei fitofagi. Pertanto, sono state impostate le prove in due aziende che presentavano impianti di pero, con varietà e regimi produttivi diversi (regime di produzione biologica e integrata), in modo tale da dimostrare l'efficacia dei trattamenti (indicati nei materiali e metodi) per contrastare le avversità che possono compromettere la produzione e quindi la redditività della coltura.

5) MATERIALI E METODI

5.1) Aziende coinvolte nella prova

Nel progetto erano coinvolte due aziende: una condotta secondo il regime di agricoltura Biologica e una secondo il regime di agricoltura Integrata.

5.1.1) Azienda 1

Una delle aziende coinvolte è ubicata presso Fellegara di Scandiano (RE) (Figura 5.1). L'azienda è condotta secondo il regime di agricoltura integrata. Le varietà di pero coltivate sono Abate Fétel (prime dieci file partendo da Est) e Carmen (le successive sei file).

L'area di prova confina con un campo di erba medica (a Est), siepi di diverse specie arbustive selvatiche (a Nord), Vite (a Ovest) e un capannone (a Sud).

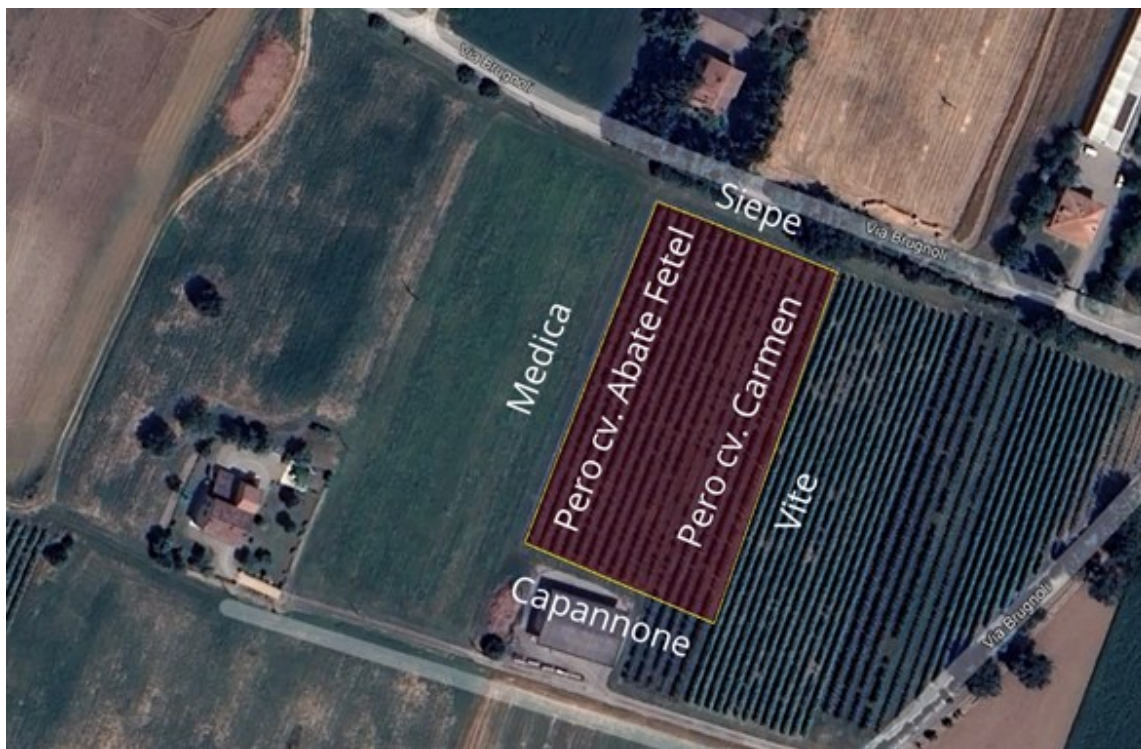


Figura 5.1) Prova situata presso azienda 1

Sono state individuate 5 parcelle all'interno dell'area con dimensione 7,2 metri di larghezza e 8,5m di lunghezza ognuna (superficie per ogni parcella di 65m²). Sono state prestabilite delle zone buffer (aree prive di trattamenti) fra le varie parcelle di 3 file ognuna in modo da prevenire possibili contaminazioni fra i trattamenti.

5.1.2) Azienda 2

La prova è stata svolta presso due appezzamenti separati situati nel comune di Cavezzo (MO) (Figura 5.2). L'azienda è condotta secondo il regime di agricoltura biologica. In entrambi gli appezzamenti la

varietà presente è Santa Maria. Le aree di prova confinano con altri pereti di differenti cultivar a Nord e a Ovest, e con Mais ed Erba Medica a sud e ad Est.



Figura 5.2) Prova situata presso l'azienda 2

Sono state stabilite 6 parcelle (3 in ognuno dei due appezzamenti). Le dimensioni delle parcelle sono 7 metri di larghezza e 10 metri di lunghezza (70 m² di superficie). In modo analogo all'altra azienda, sono state identificate delle aree buffer di 3 file tra le varie parcelle.

5.2) Trattamenti e rilievi

I trattamenti effettuati all'interno dell'area di prova presso l'azienda 1 sono stati i seguenti (Figura 5.3A e 5.3B):

- mix bentonite (Trouw Nutrition Italia S.p.A. Mozzecane (VR)) a 3 kg/ha + propoli idralcolico (L.E.A. S.r.l. Bomporto (MO)) 4 kg/ha (con flocculante)
- mix bentonite (Trouw Nutrition Italia S.p.A. Mozzecane (VR)) a 3 kg/ha + propoli idralcolico (L.E.A. S.r.l Bomporto (MO)) 8 kg/ha (con flocculante)
- Zeolite (Zolfi ventilati Mannino S.p.A. Cianciana (AG)) 15 kg/ha
- Zeolite (Zolfi ventilati Mannino S.p.A. Cianciana (AG)) 30 kg/ha
- controllo

I trattamenti che sono stati svolti nell'azienda 2 sono i seguenti (Figura 5.3C e 5.3D):

- mix bentonite (Trouw Nutrition Italia S.p.A. Mozzecane (VR)) a 3 kg/ha + propoli idralcolico (L.E.A. S.r.l Bomporto (MO)) 4 kg/ha (con flocculante)

- mix bentonite (Trouw Nutrition Italia S.p.A. Mozzecane (VR)) a 3 kg/ha + propoli idralcolico (L.E.A. S.r.l Bomporto (MO)) 8 kg/ha (con flocculante)
- controllo 1
- prodotto a base di Zeolite e zolfo in polvere (Zolfi ventilati Mannino S.p.A. Cianciana (AG)) a 10 kg/ha
- Prodotto a base di Zeolite e zolfo in polvere (Zolfi ventilati Mannino S.p.A. Cianciana (AG)) a 20 kg/ha
- controllo 2

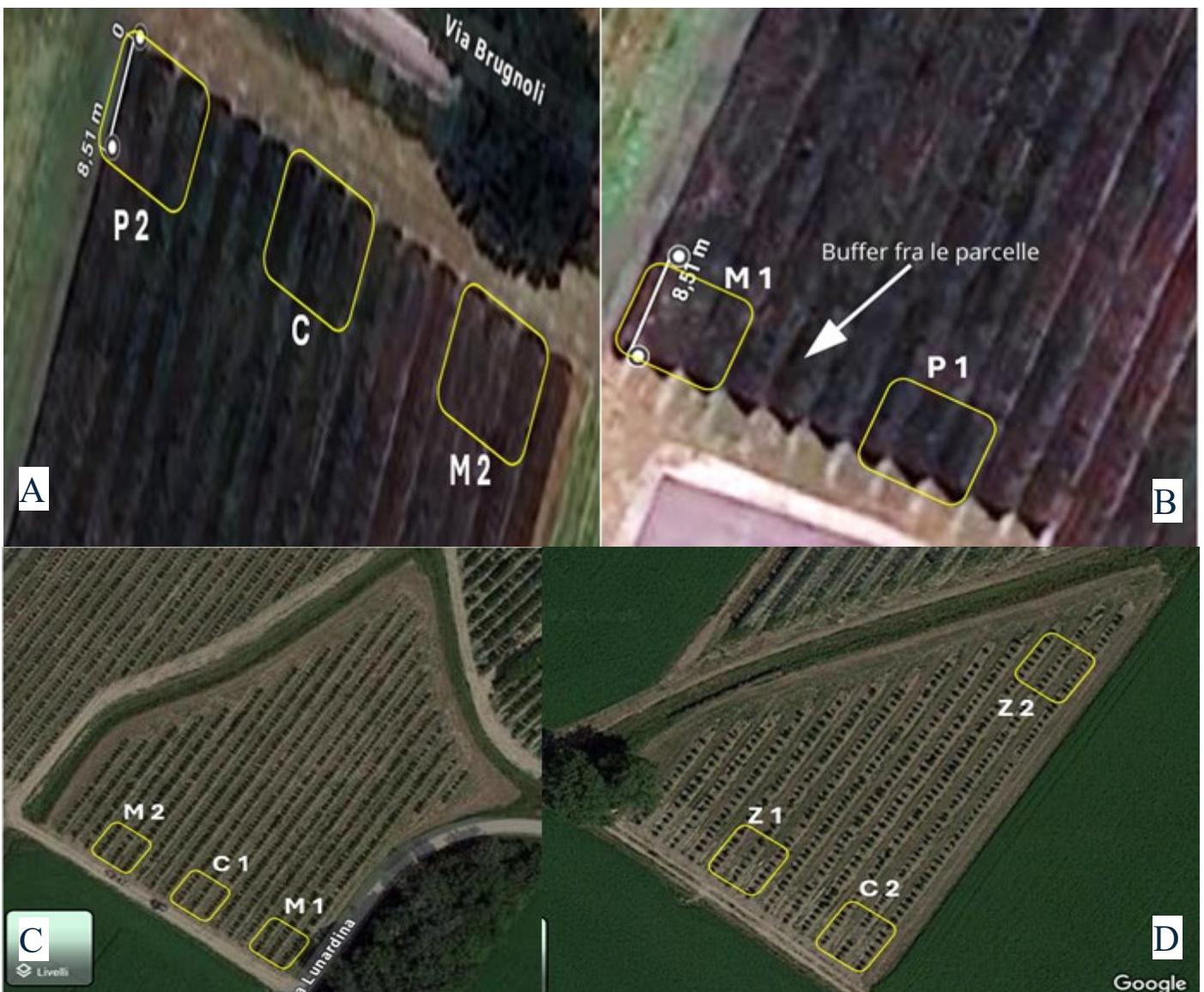


Figura 5.3) Trattamenti presenti nell'azienda 1 (A e B) e 2 (C e D).

I trattamenti sono stati ripetuti una volta a settimana per 12 settimane consecutive a partire da metà aprile. I trattamenti che presentano il mix di bentonite e propoli idroalcolica sono stati applicati utilizzando una pompa a spalla oppure attraverso atomizzatore in quanto presenti in forma liquida, mentre quelli polverulenti come zeolite e zolfo, usando i polverizzatori. I rilievi sono stati svolti

settimanalmente, dal giorno in cui si è svolta l'impostazione della prova in campo fino a due settimane dopo l'ultimo trattamento. Il rilevamento dei parametri ambientali (temperatura e umidità) in modo continuo è avvenuto tramite l'utilizzo di datalogger posti in ognuna delle due aziende.

In entrambe le aziende, si sono svolti i rilievi per verificare la presenza di *H. halys*. Inoltre, sono stati svolti i rilievi riguardanti *S. pyri* nell'azienda 2 e quelli per *C. pyri* nell'azienda 1

5.3) Effetti dei trattamenti su parassitoidi oofagi di *Halyomorpha halys*

La verifica di potenziali effetti negativi sui parassitoidi di *H. halys* *T. japonicus*, *Trissolcus mitsukurii* (Imenotteri, Scelionidae) e *Anastatus bifasciatus* (Imenotteri, Eupelmidae) è stata svolta presso le due aziende nel periodo di agosto nel momento di picco di deposizione delle uova da parte di *H. halys*. Nell'azienda 2 la prova è stata effettuata attraverso l'utilizzo di isolatori a livello di alcune branche di diverse piante prese casualmente all'interno delle parcelle con il dosaggio più alto dei trattamenti. Una settimana prima dei trattamenti sono stati posizionati 6 isolatori in ognuna delle parcelle (Figura 5.4), con all'interno 3 individui di sesso maschile 3 di sesso femminile di *H. halys*, assieme a del cibo (carote, pomodori, leguminose, mele) in modo tale da favorire la deposizione delle ovature. Il giorno precedente a quello in cui si sono svolti i trattamenti, gli isolatori e le cimici sono stati rimossi ed è stato effettuato il conteggio del numero di ovature per parcella e il numero di uova per ovatura. Nell'azienda 1, sono state posizionate ovature provenienti dagli allevamenti di *H. halys* del laboratorio all'interno delle parcelle che presentano il dosaggio più alto di bentonite e propoli e di zeolite. In entrambe le aziende si è provveduto a dividere il totale delle ovature in tre parti:

- 1) Un terzo delle ovature è stato avvolto con sacchetti di materiale plastico in campo per evitare il contatto con i trattamenti. Questo materiale plastico è stato asportato appena dopo il trattamento e le ovature sono state lasciate esposte 8 giorni in campo per una eventuale parassitizzazione naturale.
- 2) Un terzo delle ovature è stato asportato subito dopo il trattamento e portato in laboratorio per verificare l'effetto del trattamento sulla schiusura delle stesse in assenza di parassitizzazione da parte degli antagonisti naturali.
- 3) Un terzo delle ovature è stato lasciato in campo, esposto ai trattamenti e alla parassitizzazione naturale per 8 giorni.

Al termine degli 8 giorni, tutte le ovature presenti in campo sono state portate in laboratorio ed è stata verificata la percentuale di schiusura delle uova e di parassitizzazione da parte degli antagonisti di *H. halys*.



Figura 5.4) Isolatori utilizzati per testare gli effetti dei trattamenti sui parassitoidi oofagi

5.4) Allevamenti di cimici

Per l'esecuzione delle prove sugli effetti sui parassitoidi oofagi si è reso necessario avviare un allevamento massale di *H. halys* in laboratorio. Si è raccolto in maniera continuativa da metà giugno a fine agosto un numero elevato di individui in aree urbane o rurali, dove erano presenti determinate specie arbustive (ad esempio, *Fraxinus spp.* e *Acer spp.*) per poi trasferirli all'interno di gabbie Bugdorm (Figura 5.5). Queste erano posizionate in celle climatiche con parametri controllati (temperatura di 26°C, umidità relativa (UR) al 60% e un fotoperiodo di 16 ore di luce e 8 di buio). La manutenzione ordinaria dell'allevamento, effettuata due volte a settimana, prevedeva la fornitura di nuovo nutrimento (frutta e ortaggi freschi da agricoltura biologica) e dell'acqua, la rimozione dalle esuvie e dagli individui morti dal fondo della gabbia e la raccolta periodica delle ovature deposte.



Figura 5.5) Bugdorm con alcuni individui di *Halyomorpha halys* (foto di Elena Costi)

6) RILIEVI E ANALISI DEI DATI

6.1) Raccolta dati

I dati relativi all'andamento delle popolazioni dei diversi fitofagi ed i danni sui frutti sono stati raccolti durante i rilievi svolti da metà aprile a fine luglio con cadenza settimanale. I rilievi sono stati effettuati applicando protocolli differenti a seconda dell'insetto da monitorare:

- *Halyomorpha halys*: all'interno di ogni parcella sono state selezionate 5 piante in modo casuale; si è svolta la tecnica del tree beating, facendo 5 battute per ogni pianta e raccogliendo su un ombrello entomologico gli individui di cimice asiatica che cadevano dalle branche. Il conteggio è stato svolto classificando gli individui in base allo stadio di sviluppo (neanide II-III età, neanide/ninfe IV-V età, adulto). Si è svolta anche la raccolta delle ovature di *H. halys* se presenti sulle piante campionate. Inoltre, si è rilevato il danno sui frutti attraverso il campionamento di 100 frutti per parcella per tutte le tesi presenti nelle due aziende al momento della raccolta. Il risultato è espresso come percentuale (%) di frutti attaccati dividendoli in deformati da punture precoci e colpiti da punture tardive. Quest'ultime sono state individuate tramite la rimozione della buccia del frutto.
- *Stephanitis pyri*: Sono state selezionate 5 piante casualmente all'interno di ognuna delle parcelle. Su ogni pianta si sono scelti 5 germogli e da ognuno di questi, si è registrato il numero di individui e le rispettive età sulle 5 foglie basali di ogni germoglio. Si è inoltre rilevato il danno a livello della superficie fogliare e suddiviso in 4 classi di danno le foglie campionate (classe 0 – 0% di superficie danneggiata, classe I – 1-33% di superficie danneggiata, classe II – 34-66 % di superficie danneggiata e classe III – 67-100% di superficie danneggiata).
- *Cacopsylla pyri*: Sono state selezionate 5 piante per parcella. Da ogni pianta sono stati scelti 5 getti con lunghezza compresa fra i 20-25 cm, esposti al sole e con crescita attiva. Per ognuno dei getti sono state osservate a campione 10 foglie. Gli individui presenti sono stati suddivisi in base allo stadio in neanidi (I -III età) e ninfe (IV-V età).

Sono stati svolti anche dei rilievi riguardanti la popolazione di antocoridi (*Anthocorys nemoralis*) successivamente al loro rilascio in due momenti diversi della stagione presso l'appezzamento presente nell'azienda 1. Sono stati rilasciati 50 individui per ognuna delle parcelle presenti all'interno della prova attraverso l'utilizzo di due DiBox (contenitori di materiale cartaceo per il rilascio degli antagonisti naturali) per ogni parcella (gli insetti sono stati forniti da Koppert Italia S.r.l. Bussolengo (VR)). La verifica della presenza e la consistenza della popolazione degli antocoridi è stata effettuata nelle due settimane successive i rilasci e verificata tramite l'utilizzo di trappole cromotropiche blu (fornite da CBC (Europe) S.r.l. | Biogard Division Grassobbio (BG)), precedentemente installate all'interno delle parcelle nell'azienda 1.

Il monitoraggio dei parassitoidi dei Tingidi è avvenuto tramite il campionamento di 100 foglie per parcella. Questa attività è stata svolta a partire dal primo momento in cui sono comparsi i primi individui di *S. pyri* all'interno della prova situata presso l'azienda 2. Le foglie raccolte sono state successivamente conservate all'interno del laboratorio in modo da consentire lo sfarfallamento dei parassitoidi presenti e la successiva identificazione.

6.2) Analisi statistica

L'analisi dei dati è stata svolta tramite il software R (Ver. 4.4.2). Si è utilizzata la statistica descrittiva per i conteggi di individui di cimice e psilla per unità campionaria (si è ricorso a mediana e IQR). La rappresentazione grafica è stata svolta tramite l'utilizzo di grafici a dispersione e box plot con l'obiettivo di evidenziare la distribuzione delle osservazioni e la frequenza dei valori nulli. Si è deciso di ricorrere a test non parametrici in quanto la distribuzione dei dati presentava una elevata asimmetria e una presenza elevata di zeri. La presenza/assenza di danno da cimice sui frutti è stata espressa in forma binaria (0 per indicare un frutto sano e 1 per uno danneggiato) e per svolgere l'analisi dell'effetto del trattamento e della metodologia produttiva utilizzata dall'azienda (biologico/integrato) sulla probabilità del danno svolto da *H. halys* è stato utilizzato un modello generalizzato lineare (GLM) con distribuzione binomiale e funzione link logit.

Il livello di presenza dei tingidi all'interno delle parcelle è stato suddiviso in diverse classi ed è stato analizzato tramite modello lineare generalizzato (GLM) con distribuzione di Poisson e funzione link logit, considerando sia gli effetti dei trattamenti e delle classi sia la loro interazione. Per stimare la differenza fra le parcelle all'interno di ciascuna classe, sono stati eseguiti confronti post-hoc tramite il pacchetto emmeans con correzione di Tukey per confronti multipli.

7) RISULTATI

7.1) Numero di individui di *Halyomorpha halys* per parcella

Si è assistito ad una presenza generalmente bassa di individui di *H. halys* in tutte le parcelle in entrambe le aziende. Infatti, nei grafici box plot (Figura 7.1) è possibile identificare le mediane di tutti i trattamenti che tendono a 0. Il controllo presente nell'azienda a conduzione biologica, come è possibile notare dal grafico di destra, è l'unico trattamento che mostra un intervallo fra 0 e 2 nella differenza che intercorre fra il primo e il terzo quartile. Nell'azienda 1 si è riscontrata in tutte le parcelle una quasi assenza di individui di cimice asiatica.

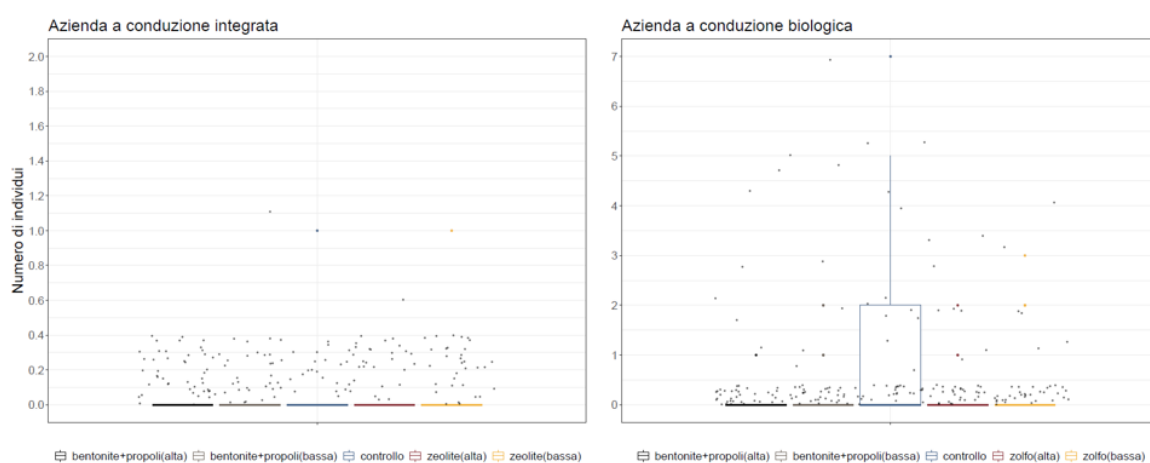


Figura 7.1) Numero di individui di *Halyomorpha halys* per parcella nelle due prove. Nei grafici i punti corrispondono ai conteggi per singola unità campionaria, mentre nel box plot la linea orizzontale corrisponde alla mediana, le estremità della “scatola” al primo quartile e al terzo quartile e i “baffi” (whiskers) al range di valori

7.2) Frutti danneggiati da parte di *Halyomorpha halys*

Nella prova situata nell'azienda 2 il controllo ha evidenziato una percentuale di frutti danneggiati da parte di *H. halys* del 72%, mentre le altre parcelle mostrano un numero di frutti danneggiati molto inferiori (19% tesi con bentonite+propoli a dose bassa, 30% con bentonite+propoli a dose alta, 35% con zolfo a dose bassa e 30% con zolfo a dose alta) (Tabella 7.1). Nel pereto 1 a conduzione integrata si è assistito complessivamente ad un minor numero di frutti danneggiati. Nel controllo è risultato il 9% dei frutti danneggiato, mentre le tesi in cui è stata impiegata la zeolite si sono osservate le percentuali di danno più basse (4% per dose bassa e 3% per dose alta). Infine, le parcelle in cui è avvenuto il trattamento con bentonite+propoli hanno evidenziato che per il dosaggio più basso si è avuta una percentuale di frutti danneggiati del 6% e 8% per il dosaggio più alto.

parcella	biologico	integrato
controllo	72	9
bentonite+propoli bassa	19	6
bentonite+propoli alta	30	8
zolfo bassa	35	
zolfo alta	30	
zeolite alta		3
zeolite bassa		4

Tabella 7.1) Percentuale di frutti danneggiati (campionando 100 frutti per tesi) nelle diverse parcelle per azienda 1 (integrato) e azienda 2 (biologico)

L'analisi statistica effettuata tramite il modello lineare generalizzato (GLM) ha evidenziato che la probabilità di danno da cimice asiatica sui frutti differisce in modo significativo solo nel controllo rispetto alla parcella di riferimento (trattata con bentonite e propoli a dose alta) (Tabella 7.2). Nello specifico, il controllo ha mostrato un aumento significativo della probabilità di danno (Estimate = 1.658; $z = 6.735$; $p = 1.64 \times 10^{-11}$) mentre per tutti gli altri trattamenti non sono emerse differenze statisticamente significative rispetto al trattamento di riferimento. Relativamente alla gestione aziendale (Figura 7.2) i risultati indicano una probabilità di danno nettamente inferiore nei frutteti coltivati con metodo integrato rispetto a quelli a conduzione biologica (Estimate = -2.582 ; $z = -9.768$; $p < 2 \times 10^{-16}$). L'efficacia di questo tipo di gestione nella riduzione dei frutti danneggiati è confermata dal valore negativo del coefficiente, che indica una chiara diminuzione della probabilità di danno associata alla gestione integrata.

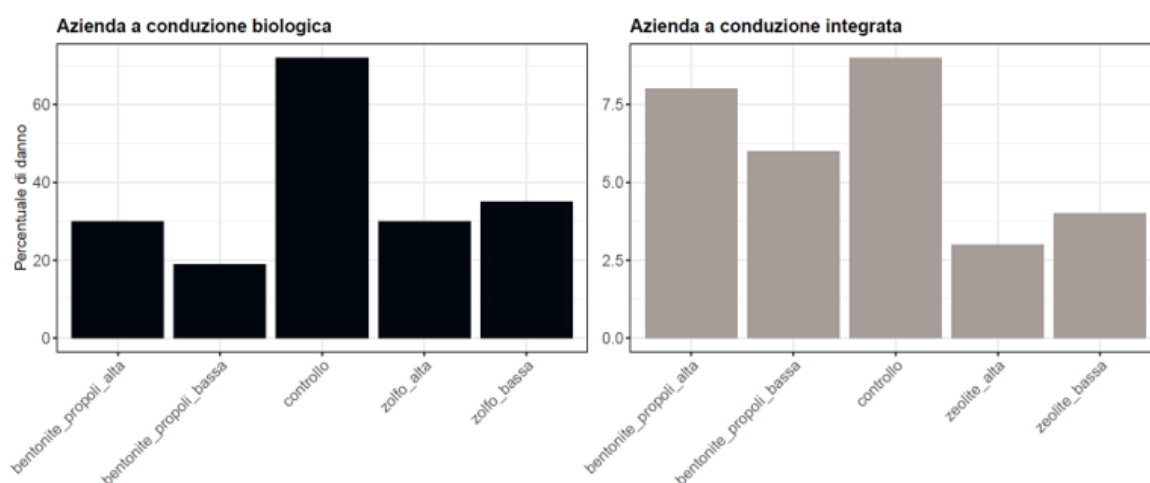


Figura 7.2) Percentuale di frutti danneggiati per azienda da parte di *Halyomorpha halys*

Variabile	Estimate	z value	p-value
(Intercetta, rif: bentonite+propoli alta)	-0.8531	-4.123	<0.001 ***
bentonite + propoli (bassa)	-0.2673	-0.893	0.372
Controllo	1.6584	6.735	<0.001 ***
Zeolite (alta)	-0.0410	-0.062	0.951
Zeolite (bassa)	0.2570	0.431	0.666
Zolfo (alta)	0.0058	0.019	0.985
Zolfo (bassa)	0.2341	0.795	0.427
Gestione integrata	-2.5820	-9.768	<0.001 ***

Tabella 7.2) Coefficienti stimati del modello logistico (GLM) per la probabilità di danno da cimice sui frutti nelle diverse parcelle e metodologie produttive aziendali

7.3) Numero di individui di *Cacopsylla pyri* per parcella

I monitoraggi per il fitofago *C. pyri* (Figura 7.3) hanno dato come risultato una sua presenza generale bassa. Infatti, le mediane, il primo e terzo quartile dei grafici box plot si attestano a zero, evidenziando dunque che almeno il 75% delle osservazioni attestavano l'assenza di individui. Questo ha determinato la mancanza di differenze significative tra i trattamenti.

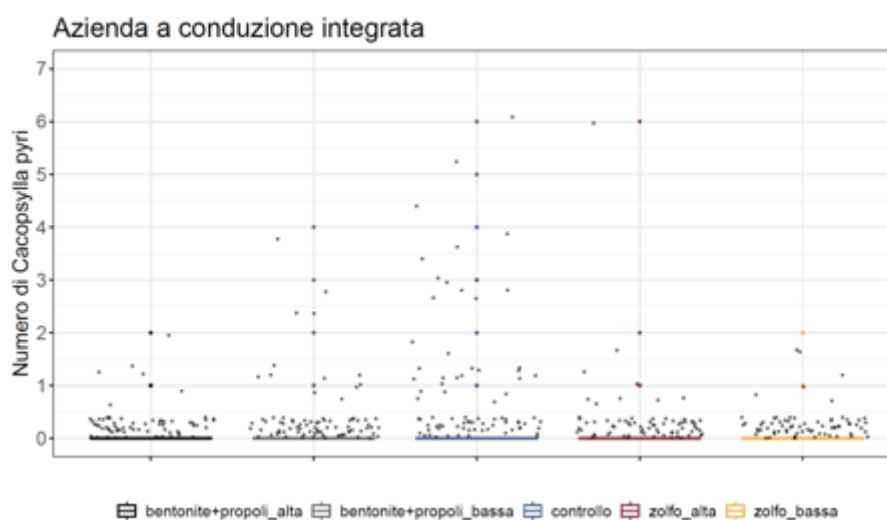


Figura 7.3) Grafico del numero di individui di *Cacopsylla pyri* rilevati nei monitoraggi svolti nell'azienda 1 (gestione integrata) per i diversi trattamenti

7.4) Numero di individui di *Stephanitis pyri* per parcella

Complessivamente i monitoraggi svolti presso l'azienda 2 hanno evidenziato una presenza di infestazioni di classe 1 per tutti i trattamenti, mentre quelle di classe 2 e 3 sono state osservate principalmente nella parcella di controllo (Figura 7.4). Per ogni parcella sono state svolte 70 osservazioni, mentre per il controllo 140. Il modello di regressione di Poisson (Tabella 7.3) ha dato come risultato l'esistenza di una differenza significativa fra i vari trattamenti e il controllo, in modo specifico fra quest'ultimo e il trattamento di riferimento (Bentonite+propoli alta), mentre gli effetti associati alle classi di infestazione e alla interazione parcella x classe ha dato risultati instabili dovuti a instabilità dei conteggi diversi da zero nelle classi 2 e 3. Gli altri trattamenti (zolfo dose alta e bassa, propoli+bentonite bassa) non si discostano in modo significativo dal trattamento di riferimento. Le stime marginali di risposta della classe 1 di infestazione evidenziano che il tasso atteso di individui per unità campionaria è più elevato per il controllo (0,23 circa) rispetto alle altre parcelle trattate i cui valori variano da 0,01 (zolfo a bassa dose) e 0,16 (zolfo ad alta dose). La classe 3 di infestazione si presenta solo nella parcella controllo (il tasso stimato è di 0,04 individui nel non trattato), mentre nelle altre è assente.

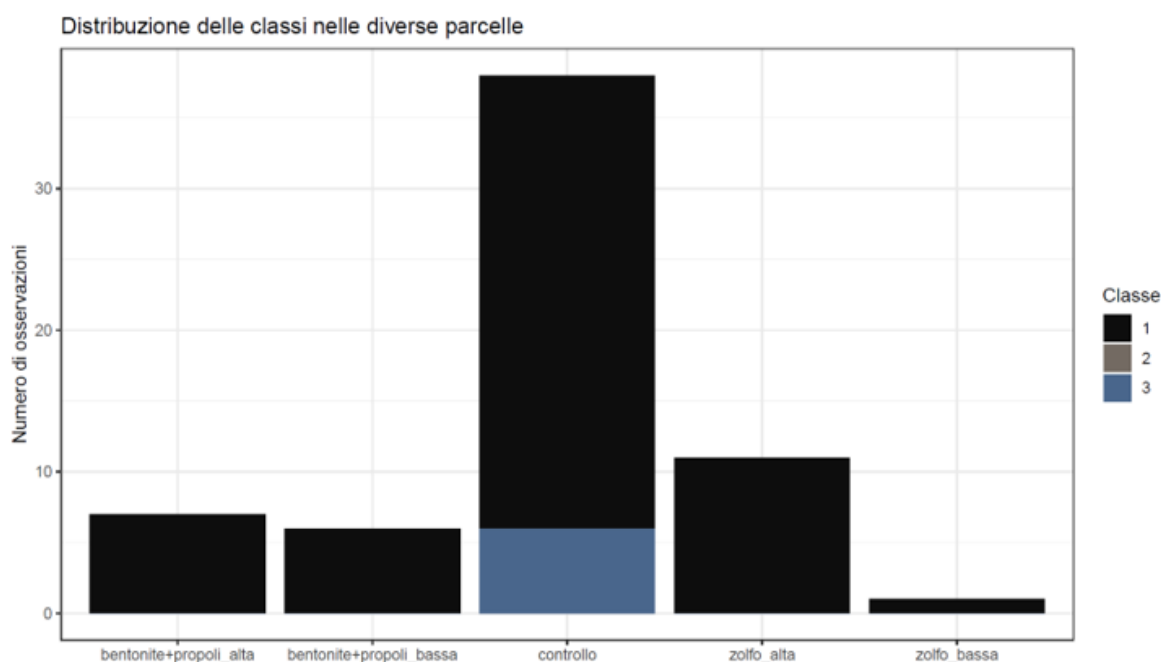


Figura 7.4) Grafico di distribuzione delle classi di infestazione di *Stephanitis pyri* nell'azienda 2 per le varie parcelle

I confronti multipli fra le varie parcelle per la classe 1 di infestazione (Tabella 7.4) dimostrano una differenza sostanziale fra il controllo e il trattamento con zolfo a bassa dose. Invece, per gli altri

confronti che sono svolti fra i vari trattamenti non risultano significative le differenze. Per le classi di danno 2 e 3 non sono presenti differenze significative fra i vari trattamenti.

	Stima	z value	P- value
(intercetta, rif: bentonite+propoli alta)	-2.3026	-6.092	<0.001***
bentonite+propoli bassa	-0.1542	-0.277	0.782
controllo	0.8267	1.981	0.048*
zolfo alta	0.4520	0.935	0.3499
zolfo bassa	-1.9459	-1.820	0.069
classe 2	-19.0000	-0.006	>0.999
classe 3	-19.0000	-0.006	>0.999
bentonite+propoli bassa * classe 2	0.1542	0.000	>0.999
controllo * classe 2	-0.8267	0.000	>0.999
zolfo alta * classe 2	-0.4520	0.000	>0.999
zolfo bassa * classe 2	1.9459	0.000	>0.999
bentonite+propoli bassa * classe 3	0.1542	0.000	>0.999
controllo * classe 3	17.3260	0.006	>0.999
zolfo alta * classe 3	-0.4520	0.000	>0.999
zolfo bassa * classe 3	1.9459	0.000	>0.999

Tabella 7.3) Coefficienti stimati dal modello di regressione di Poisson utilizzato per determinare le classi di infestazione di *Stephanitis pyri* per unità campionaria in funzione del trattamento (parcella), della classe di infestazione e della loro interazione.

Confronto	Z.ratio	p.value	Sig.
bentonite+propoli alta / bentonite+propoli bassa	0.277	0.999	ns
bentonite+propoli alta / controllo	-1.981	0.275	ns
bentonite+propoli alta / zolfo alta	-0.935	0.883	ns
bentonite+propoli alta / zolfo bassa	1.820	0.362	ns
bentonite+propoli bassa / controllo	-2.205	0.178	ns
bentonite+propoli bassa / zolfo alta	-1.194	0.755	ns
bentonite+propoli bassa / zolfo bassa	1.659	0.46	ns
controllo / zolfo alta	1.072	0.821	ns
controllo / zolfo bassa	2.730	0.049	*
zolfo alta / zolfo bassa	2.296	0.146	ns

Tabella 7.4) Stime marginali per parcella della classe 1 (rate \pm SE, IC 95%)

7.5) Effetti dei trattamenti su parassitoidi oofagi di *Halyomorpha halys*

Durante queste prove, svolte nelle parcelle con alto dosaggio dei trattamenti, si è riscontrata la parassitizzazione di solo due ovature (pari al 66% delle ovature esposte), ed entrambe sono state rinvenute nell'azienda 2 nella parcella trattata con il prodotto a base di zolfo e zeolite ad alta dose (Figura 7.5).

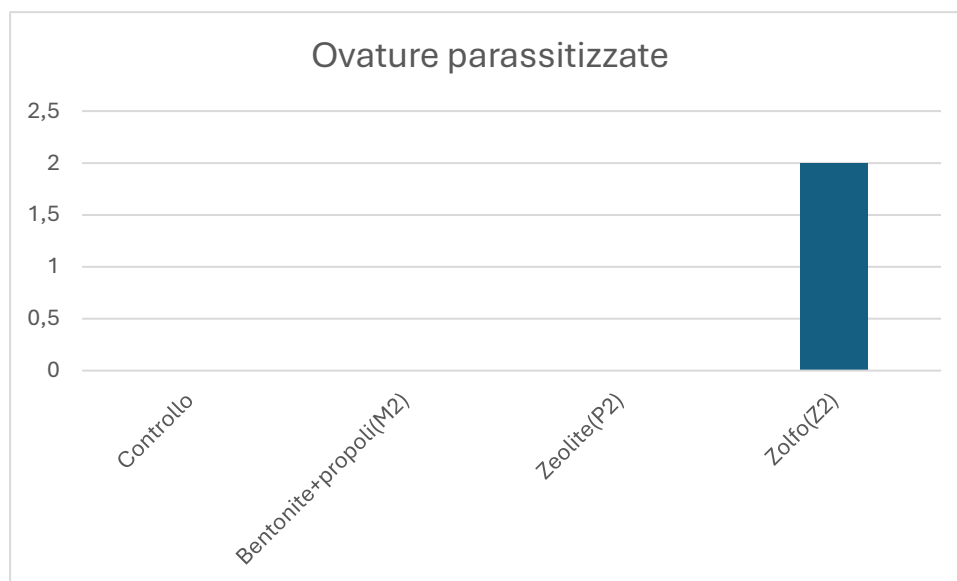


Figura 7.5) Grafico parassitizzazione delle ovature rinvenute nelle parcelle in cui erano stati effettuati i trattamenti indicati

7.6) Monitoraggio antocoridi

Il monitoraggio ha dato un esito negativo in quanto nessun individuo rilasciato in campo tramite DiBox è stato rilevato sulle trappole cromotropiche blu.

7.7) Danni a livello fogliare

Data la bassa infestazione di *S. pyri* riscontrata nell'azienda 2, non sono stati rilevati danni fogliari svolti da questa specie sulla pianta.

8) DISCUSSIONE

I risultati della sperimentazione sono stati fortemente condizionati dalla scarsa densità di fitofagi rilevata in campo, specialmente nell'azienda a gestione integrata dove le popolazioni di *H. halys* sono rimaste prossime allo zero. Tale esiguità, attribuibile a condizioni meteo-climatiche sfavorevoli allo sviluppo e all'attività degli insetti, ha impedito di rilevare differenze statisticamente significative tra l'efficacia dei singoli trattamenti corroboranti

In ogni caso, l'analisi del danno sui frutti ha evidenziato un netto effetto del tipo di gestione: l'azienda integrata ha mostrato una riduzione dei danni drasticamente superiore rispetto a quella biologica. Questo divario suggerisce che i protocolli della lotta integrata (IPM), pur essendo vincolanti, offrano strumenti di contenimento complessivamente più efficaci in contesti di bassa pressione dei fitofagi. Nello specifico, nell'azienda integrata i risultati migliori sono stati ottenuti con la zeolite ad alto dosaggio (3% di danno), confermando la capacità dei geomateriali di ridurre l'incidenza del fitofago già documentata in letteratura (Preti et al., 2023). Nell'azienda biologica, nonostante l'alta pressione di fitofagi (72% di danno nel controllo), il trattamento bentonite + propoli con il dosaggio basso si è dimostrato il più efficace, contenendo il danno al 19%. Ciò conferma che l'uso dei corroboranti rappresenta una valida strategia per limitare le perdite produttive, specialmente nel regime biologico dove le alternative chimiche di sintesi sono assenti.

In generale, la prevalenza di punture tardive rispetto a quelle precoci è coerente con la dinamica di popolazione osservata in campo: l'assenza di individui nella prima parte della stagione e la comparsa dei primi esemplari solo dalla seconda metà di maggio hanno spostato l'attività trofica di *H. halys* in coincidenza con la fase di accrescimento del frutto (indicativamente fra la fine di maggio e luglio). una situazione analoga si è verificata anche per *C. pyri*, la cui bassa presenza generale presso l'azienda 1 ha impedito di riscontrare differenze significative fra le varie tesi.

Per quanto riguarda il tingide del pero (*S. pyri*), si è osservata una maggiore pressione dell'infestazione nella parcella di controllo, dove sono state rilevate anche le classi di danni più elevate, a differenza delle parcelle con trattamenti. Questo ha permesso di determinare una differenza significativa fra il controllo e il trattamento di riferimento, sebbene non siano emerse differenze statisticamente rilevanti fra i vari trattamenti corroboranti. Tuttavia, la maggiore riduzione dell'infestazione di *S. pyri* si è verificata nel trattamento con zolfo a bassa dose rispetto alla parcella con alta. Questo effetto potrebbe essere riconducibile all'azione repellente dello zolfo, già documentata in diversi studi scientifici nei confronti di diverse specie di insetti (Mele et al., 2025; Tacoli et al., 2020).

Nella prova che mirava a verificare gli effetti dei trattamenti sui parassitoidi oofagi di *H. halys*., ad eccezione del trattamento col prodotto contenente zolfo, si è riscontrato un tasso di parassitizzazione nullo nelle tesi ad alto dosaggio nelle prove in entrambe le aziende. È tuttavia fondamentale precisare che, a causa del numero estremamente ridotto di ovature rinvenute in campo, tali risultati non consentono generalizzazioni definitive e richiedono ulteriori conferme. L'assenza di parassitizzazione osservata potrebbe essere riconducibile alla mortalità del parassitoide *T. japonicus* indotta dai prodotti impiegati. A tal proposito, studi di laboratorio hanno confermato la letalità di sostanze come la zeolite, sebbene lo zolfo abbia mostrato una tossicità nettamente superiore in condizioni controllate (Chierici et al., 2025). Al contrario, uno studio svolto in pieno campo suggerisce che zeolite e zolfo non compromettano direttamente la vitalità dei parassitoidi, pur riducendo la percentuale di uova di *H. halys* parassitizzate da parte di *T. japonicus* e *Trissolcus mitsukurii* rispetto al controllo (Mele et al., 2025). Una minore percentuale di uova parassitizzate potrebbe derivare anche dal fenomeno di mascheramento dei segnali allelochimici (sostanze volatili che permettono l'individuazione delle ovature da parte del parassitoide) delle uova, la cui percezione risulterebbe ostacolata dai trattamenti applicati (Conti & Colazza, 2012).

In sintesi, il trattamento con il prodotto a base di zeolite e zolfo è risultato il più promettente tra quelli analizzati: si è dimostrato efficace nel ridurre sia l'infestazione di *S. pyri* sia il danno da *H. halys* sui frutti. Inoltre, sebbene sia stato l'unico trattamento ad alto dosaggio in cui è stata rilevata parassitizzazione, l'estrema scarsità delle ovature rinvenute in campo non consente di generalizzare questo risultato; la sua reale compatibilità con i parassitoidi oofagi rimane un'indicazione preliminare che richiede ulteriori e più ampie conferme sperimentali

9) CONCLUSIONI

Alla luce degli studi effettuati, si è dimostrata l'utilità di alcuni prodotti corroboranti nel contrastare le infestazioni di *H. halys*, *C. pyri* e *S. pyri*, contribuendo efficacemente a prevenire i danni alla produzione di pere. I risultati hanno evidenziato una validità statisticamente superiore dei trattamenti rispetto al controllo non trattato, sebbene non sia stato possibile riscontrare differenze significative tra le diverse sostanze testate in termini di riduzione del danno sui frutti. Un fattore determinante è risultato invece il regime gestionale: il passaggio dal metodo di produzione biologico a quello integrato ha garantito una drastica diminuzione dei danni da cimice asiatica. . In ottica di prospettive future, appare di grande interesse testare l'impiego del prodotto a base di zolfo e zeolite all'interno dei protocolli di lotta integrata. Tale prodotto ha infatti mostrato una spiccata versatilità nel contenere diversi fitofagi e una promettente compatibilità con il sistema aziendale. Tuttavia, a causa della scarsa densità di popolazioni rilevata durante queste prove, saranno necessarie ulteriori sperimentazioni in campo in condizioni di maggiore pressione dei fitofagi; ciò permetterà di discriminare con maggiore precisione l'efficacia comparativa dei singoli corroboranti nella riduzione delle perdite produttive. Infine, l'utilizzo di queste sostanze naturali non deve essere inteso come una soluzione univoca, bensì come uno strumento da integrare sinergicamente con le altre tecniche di difesa già consolidate nell'ambito dell'IPM. L'obiettivo finale rimane quello di mantenere le popolazioni dei fitofagi sotto la soglia di danno economico, restituendo così competitività e redditività alla pericoltura italiana.

10) BIBLIOGRAFIA

- Aliyazcoglu, R., Sahin, H., Erturk, O., Ulusoy, E., & Kolayli, S. (2013). Properties of phenolic composition and biological activity of propolis from Turkey. *International Journal of Food Properties*, 16(2). <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.551312>
- Alford D. V. (2007-02-27). *Pests of Fruit Crops: A Colour Handbook*. CRC Press. ISBN 978-1-84076-501-4.
- Amer, R., & Nafea, E. (2011). TOXICITY OF HONEYBEE PROPOLIS AGAINST *Pectinophora gossypiella* (SAUND.), *Spodoptera littoralis* (BOISD.) AND *Aphis craccivora* (KOCH). *Journal of Plant Protection and Pathology*, 2(3). <https://doi.org/10.21608/jppp.2011.86427>
- Aniwanou, C. T. S., Sinzogan, A. A. C., Deguenon, J. M., Sikirou, R., Stewart, D. A., & Ahanchede, A. (2020). Bio-efficacy of diatomaceous earth, household soaps, and neem oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Benin. *Insects*, 12(1), 18.
- Aysal, T., & Kivan, M. (2008). Development and population growth of *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae) at five temperatures. *Journal of Pest Science*, 81(3), 135–141. <https://doi.org/10.1007/s10340-008-0198-9>
- Bakeer, A. T., Elbanna, K., & Elnaggar, S. A. (2016). Impact of Pre- and Post–Harvest Applications of Natural Antimicrobial Products on Apple and Pear Soft Rot Disease. *International Journal of Phytopathology*, 4(3). <https://doi.org/10.33687/phytopath.004.03.1329>
- Bankova, V., & Popova, M. (2023). Propolis: Harnessing Nature’s Hidden Treasure for Sustainable Agriculture. In *Agrochemicals* (Vol. 2, Number 4). <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2040033>
- Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2018). The phytochemistry of the honeybee. In *Phytochemistry* (Vol. 155). <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.07.007>
- Bariselli, M., Bugiani, R., & Maistrello, L. (2016). Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *EPPO Bulletin*, 46(2). <https://doi.org/10.1111/epp.12289>
- Bazzocchi, G. G., Monari, I., Masetti, A., & Morelli, A. (2023). Oli essenziali come repellenti per *Halyomorpha halys*: prove olfattometriche e in laboratorio in condizioni di scelta. In *CNIE 2023 - XXVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. Università di Bologna. <https://www.cnie2023palermo.com/>
- Belviso, C. (2025). Natural and synthetic zeolites for water management in agriculture: A review. In *Microporous and Mesoporous Materials* (Vol. 396). <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2025.113731>
- Bosco, L., Moraglio, S. T., & Tavella, L. (2018). *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. *Journal of Pest Science*, 91(2). <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0937-x>
- Caruso, S., Vergnani, S., Vaccari, G., & Maistrello, L. (2019). Managing *Halyomorpha halys* by means of exclusion netting: trials 2016-2018. *IOBC/WPRS BULLETIN*, 146, 108–110.

- Cataldo, E., Salvi, L., Paoli, F., Fucile, M., Masciandaro, G., Manzi, D., Masini, C. M., & Mattii, G. B. (2021). Application of zeolites in agriculture and other potential uses: A review. In *Agronomy* (Vol. 11, Number 8). <https://doi.org/10.3390/agronomy11081547>
- Chierici, E., Marchetti, E., Poccia, A., Russo, A., Giannuzzi, V. A., Governatori, L., Zucchi, L., Rondoni, G., & Conti, E. (2025). Laboratory and field efficacy of natural products against the invasive pest *Halyomorpha halys* and side effects on the biocontrol agent *Trissolcus japonicus*. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87325-9>
- Civolani, S. (2012). The past and present of pear protection against the pear psylla, *Cacopsylla pyri* L. *Insecticides Pest Eng*, 65, 385–408.
- Conti, E., & Colazza, S. (2012). Chemical ecology of egg parasitoids associated with true bugs. In *Psyche (London)*. <https://doi.org/10.1155/2012/651015>
- Cook, S. M., Khan, Z. R., & Pickett, J. A. (2007). The use of push-pull strategies in integrated pest management. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 52). <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091407>
- Costi, E., Haye, T., & Maistrello, L. (2017). Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1059–1067. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0899-z>
- CSO Italy (2020). Estimation of damage from Brown Marmorated Stink Bug and plant pathologies related to climate change. Recuperato da www.csoservizi.com
- Daher, E., Cinosi, N., Chierici, E., Rondoni, G., Famiani, F., & Conti, E. (2022). Field and Laboratory Efficacy of Low-Impact Commercial Products in Preventing Olive Fruit Fly, *Bactrocera oleae*, Infestation. *Insects*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/insects13020213>
- Daher, E., Rondoni, G., Cinosi, N., Conti, E., & Famiani, F. (2023). Particle Films Combined with Propolis Have Positive Effects in Reducing *Bactrocera oleae* Attacks on Olive Fruits. *Horticulturae*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030397>
- Decreto del Presidente della Repubblica 28 febbraio 2012, n°55 “Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 23 aprile 2001, n. 290, per la semplificazione dei procedimenti di autorizzazione alla produzione, alla immissione in commercio e alla vendita di prodotti fitosanitari e relativi coadiuvanti”
- Giannuzzi, V. A., Rossi, V., Moujahed, R., Poccia, A., D’Archivio, F., Rossi Magi, T., Chierici, E., Casoli, L., Rondoni, G., & Conti, E. (2025). Evaluation of Lure and Dispenser Combinations for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Trapping. *Insects*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/insects16040341>
- Ibrahim, M. A., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tiilikkala, K., & Holopainen, J. K. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. In *Agricultural and Food Science in Finland* (Vol. 10, Number 3). <https://doi.org/10.23986/afsci.5697>
- Inkley, D. B. (2012). Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2). <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.125>

- Irgashova, N., & Jumaev, R. (2025). Main pests of the pear tree and their bioecology. *Journal of Applied Science and Social Science*, 1(4), 66–72.
- Kordala, N., & Wyszowski, M. (2024). Zeolite Properties, Methods of Synthesis, and Selected Applications. In *Molecules* (Vol. 29, Number 5). <https://doi.org/10.3390/molecules29051069>
- Korunic, Z. (1998). Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research*, 34(2–3). [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(97\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(97)00039-8)
- Kovaiou, S. K., Kokkari, A., Floros, G., Kantiranis, N., Kouloussis, N. A., Filippidis, A. A., & Koveos, D. S. (2024). Oviposition-Deterrent Effect of a High-Quality Natural Zeolite on the Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae*, under Different Conditions of Temperature and Relative Humidity. *Insects*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/insects15040256>
- Kuhar, T. P., & Kamminga, K. (2017). Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA. In *Journal of Pest Science* (Vol. 90, Number 4). <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0859-7>
- L'Informatore Agrario, numero 27/2023
- Leskey, T. C., Lee, D. H., Short, B. D., & Wright, S. E. (2012). Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): Analysis of insecticide lethality. *Journal of Economic Entomology*, 105(5). <https://doi.org/10.1603/EC12096>
- Leskey, T. C., & Nielsen, A. L. (2018). Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe: History, Biology, Ecology, and Management. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 63). <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226>
- Leskey, T. C., Short, B. D., Butler, B. R., & Wright, S. E. (2012). Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: Case studies of commercial management. *Psyche* (London). <https://doi.org/10.1155/2012/535062>
- Loebler, M., Sánchez, C., Maurício, E. M., Diogo, E., Santos, M., Vasilenko, P., Cruz, A. S., Mendes, B., Gonçalves, M., & Duarte, M. P. (2020). Potential application of propolis extracts to control the growth of *stemphylium vesicarium* in 'Rocha' pear. *Applied Sciences* (Switzerland), 10(6). <https://doi.org/10.3390/app10061990>
- Maistrello L. 2024. Case study 2: *Halyomorpha halys* (Stål) in Europe. Chapter 15. In: Bueno A.F., Panizzi A.R. (eds) "Stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) Research and Management". *Entomology in Focus*, vol. 9. Springer, Cham Switzerland AG 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69742-5_15
- Maier, R. M., & Williamson, R. C. (2016). Evaluation of Kaolin Clay as an Alternative Management Tactic for Japanese Beetle Feeding Damage in Grape Vineyards. *Journal of Horticulture*, 3(3). <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000184>
- Medal, J., Smith, T., & Cruz, A. S. (2013). Biology of the brown marmorated stink bug *halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Florida Entomologist*, 96(3). <https://doi.org/10.1653/024.096.0370>

- Mele, A., Ceccato, E., Simoni, F., Tirello, P., Scaccini, D., Duso, C., & Pozzebon, A. (2025). Lethal and sub-lethal effects of fungicides and plant strengtheners on *Trissolcus japonicus* and *Trissolcus mitsukurii*, egg parasitoids of *Halyomorpha halys*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 304. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.119088>
- Mossa, A. T. H. (2016). Green Pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management. In *Journal of Environmental Science and Technology* (Vol. 9, Number 5). <https://doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>
- Murray, H. H. (2006a). Bentonite applications. *Developments in Clay Science*, 2, 111–130.
- Murray, H. H. (2006b). Kaolin applications. *Developments in Clay Science*, 2, 85–109.
- Nielsen, A. L., & Hamilton, G. C. (2009). Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4). <https://doi.org/10.1603/008.102.0405>
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., & Matadha, D. (2008). Developmental Rate Estimation and Life Table Analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 37(2). <https://doi.org/10.1093/ee/37.2.348>
- Nin, S., Ferri, A., Sacchetti, P., & Giordani, E. (2013). Pear resistance to psilla (*Cacopsylla pyri* L.): A review. *Advances in Horticultural Science*, 26(2), 59–74. <https://doi.org/10.13128/ahs-12739>
- Palma, H. H., Granados, A. I. N., Neckel, A., Osorio, D. P., Ríos, A. L. M., & Ramos, C. G. (2025). Valorization of mineral by-products through soil remineralization enhances sustainable agriculture and circular economy outcomes. In *Discover Sustainability* (Vol. 6, Number 1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01804-7>
- Pedroncelli, A., & Puopolo, G. (2024). This tree is on fire: a review on the ecology of *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight disease. In *Journal of Plant Pathology* (Vol. 106, Number 3). <https://doi.org/10.1007/s42161-023-01397-y>
- Piqué, N., Miñana-Galbis, D., Merino, S., & Tomás, J. M. (2015). Virulence factors of *Erwinia amylovora*: A review. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 16, Number 6). <https://doi.org/10.3390/ijms160612836>
- Preti, M., Fagioli, L., Capriotti, M., Coltorti, M., Tommasini, M. G., & Pozzebon, A. (2023a). *Halyomorpha halys* fruit injury on pear can be reduced by applying kaolin and zeolites. *IOBC-WPRS Bulletin*, 166.
- Preti, M., Fagioli, L., Capriotti, M., Coltorti, M., Tommasini, M. G., & Pozzebon, A. (2023b). *Halyomorpha halys* fruit injury on pear can be reduced by applying kaolin and zeolites. *Pheromones Semiochem Integr Prod Integr Prot Fruit Crops IOBC-WPRS Bull*, 166, 159–160.
- Pusceddu, M., Annoscia, D., Floris, I., Frizzera, D., Zanni, V., Angioni, A., Satta, A., & Nazzi, F. (2021). Honeybees use propolis as a natural pesticide against their major ectoparasite. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1965). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.2101>
- Puterka, G. J., Glenn, D. M., Sekutowski, D. G., Unruh, T. R., & Jones, S. K. (2000). Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environmental Entomology*, 29(2). <https://doi.org/10.1093/ee/29.2.329>

- Quesada, C. R., & Sadof, C. S. (2017). Efficacy of Horticultural Oil and Insecticidal Soap against Selected Armored and Soft Scales. *HortTechnology*, 27(5), 618–624. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03752-17>
- Reeves, L. A., Garratt, M. P. D., Fountain, M. T., & Senapathi, D. (2022). Climate induced phenological shifts in pears – A crop of economic importance in the UK. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 338. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108109>
- Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2(1), 25–34.
- Regione Emilia-Romagna (2024) “10.2 Prodotti corroboranti, potenziatori della resistenza delle piante” Recuperato da https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/difesa-sostenibile/uso-sostenibile/prodotti-fitosanitari/Manuale-basso-impatto/documenti/10-2-corroboranti-14_03_24.pdf/@@download/file/10.2%20Corroboranti%2014_03_24.pdf
- Regione Emilia-Romagna (2023) “Note tecniche per la gestione della cimice asiatica (*Halyomorpha halys*) Stagione 2023” Recuperato da https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/difesa-sostenibile/bollettini/approfondimenti/note-tecniche-gestione-cimice-asiatica/@@download/file/Note-tecniche_cimice_2023.pdf
- Regione Emilia-Romagna (2024) “Risultati di attività sperimentali e prospettive di impiego delle polveri di roccia per il contrasto di *Cacopsylla pyri*” Recuperato da https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/incontri-e-convegni/mezzi-tecnici-per-agricoltura-sostenibile/presentazioni-dei-relatori-del-30-gennaio-2024/12_preti_cacopsylla_30-1-2024.pdf/@@download/file/12_Preti_Cacopsylla_30.1.2024.pdf
- Regione Emilia-Romagna (2024) “9.1.3 Oli vegetali” Recuperato da https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/fitosanitario/difesa-sostenibile/uso-sostenibile/prodotti-fitosanitari/Manuale-basso-impatto/documenti/9-1-3-oli-vegetali-14_03_24.pdf/@@download/file/9.1.3%20Oli%20vegetali%2014_03_24.pdf
- Rot M., Maistrello L., Costi E., Trdan S. 2022. Biological parameters, phenology and temperature requirements of *Halyomorpha halys*. *INSECTS*, 13(10), 956; <https://doi.org/10.3390/insects13100956>
- Salerno, G., Reborá, M., Piersanti, S., Saitta, V., Kovalev, A., Gorb, E., & Gorb, S. (2021). Reduction in insect attachment caused by different nanomaterials used as particle films (kaolin, zeolite, calcium carbonate). *Sustainability (Switzerland)*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/su13158250>
- Santos-Buelga, C., & González-Paramás, A. M. (2025). Phenolic Composition of Propolis. In *Bee Products – Chemical and Biological Properties*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-89049-9_5
- Scaccini, D., Fornasiero, D., Lombardo, V., Galli, G., Mirandola, E., & Pozzebon, A. (2024). Application of sulfur-based products reduces *Halyomorpha halys* infestation and damage in pome fruit orchards. *Pest Management Science*, 80(12). <https://doi.org/10.1002/ps.8354>
- Scaccini, D., Mirandola, E., Sirapu, S., Simoni, F., Fornasiero, D., Duso, C., & Pozzebon, A. (2024). Wettable sulphur application for *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae)

management: laboratory and semi-field experiments. *Pest Management Science*, 80(7).
<https://doi.org/10.1002/ps.8066>

- Seemüller, E., & Schneider, B. (2004). “*Candidatus Phytoplasma mali*”, “*Candidatus Phytoplasma pyri*” and *Candidatus Phytoplasma prunorum*’, the casual agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(4). <https://doi.org/10.1099/ijs.0.02823-0>
- Siemonsmeier, A., Hadersdorfer, J., Neumüller, M., Schwab, W., & Treutter, D. (2019). A LAMP protocol for the detection of ‘*candidatus phytoplasma pyri*’, the causal agent of pear decline. *Plant Disease*, 103(6). <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-18-2150-RE>
- Soni Joshi, R. R. (2015). Implications of Changing Climate on Productivity of Temperate Fruit Crops with Special Reference to Apple. *Journal of Horticulture*, 02(02).
<https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000135>
- Süle, S. (2014). Phytoplasma diseases on fruits in Hungary. *Acta Agraria Debreceniensis*, (62).
<https://doi.org/10.34101/actaagrar/62/2158>
- Tacoli, F., Cargnus, E., Zandigiaco, P., & Pavan, F. (2020). Side effects of sulfur dust on the European grapevine moth *lobesia botrana* and the predatory mite *Kampimodromus aberrans* in vineyards. *Insects*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/insects11110825>
- Tamburini, G., Laterza, I., Nardi, D., Mele, A., Mori, N., Pasini, M., Scaccini, D., Pozzebon, A., & Marini, L. (2023). Effect of landscape composition on the invasive pest *Halyomorpha halys* in fruit orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 353.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108530>
- Tremblay, É., Bélanger, A., Brosseau, M., & Boivin, G. (2009). Toxicity effects of an insecticidal soap on the green peach aphid [Homoptera: Aphididae]. *Phytoprotection*, 90(1), 35–39.
<https://doi.org/https://doi.org/10.7202/038985ar>
- Zeni, V., Baliota, G. V., Benelli, G., Canale, A., & Athanassiou, C. G. (2021). Diatomaceous earth for arthropod pest control: Back to the future. In *Molecules* (Vol. 26, Number 24).
<https://doi.org/10.3390/molecules26247487>
- Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., & Liu, G. (2012). Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS ONE*, 7(2).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>

11) SITOGRAFIA

<https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/>

<https://www.nomisma.it/>

<https://www.regione.toscana.it/>

<http://difesafitosanitaria.ersa.fvg.it/>

<https://www.serbios.it/>

12) SITOGRAFIA DELLE FIGURE

<https://www.nomisma.it/>

www.fitosanitario.pr.it

<https://www.confagricoltura.it/ita/>

<https://www.leaagricoltura.it/>

<https://zeolite-italia.com/>

<https://ruffatogroup.com/>

<https://coltivare.info/>

<https://www.ortodacoltivare.it/>

<https://www.sgaravattigroup.it/>

<https://www.copyr.eu/>

13) RINGRAZIAMENTI