

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN

Scienze e Tecnologie Agrarie, Ambientali e Alimentari

Ciclo 31°

**Settore Concorsuale:** 07/D1

**Settore Scientifico disciplinare:** AGR/11

**Effetti *top down* e *bottom up* di Infrastrutture Ecologiche  
in frutteti e vigneti dell'Emilia-Romagna**

**Presentata da:** Carlo Tassini

**Coordinatore Dottorato**

**Prof. Massimiliano Petracchi**

**Supervisore**

**Prof. Giovanni Burgio**

**Esame finale anno 2019**

Ad Anna e Roberta

*Splendidi, come le farfalle che volano nelle foreste del Brasile, anonimi come i minuscoli collemboli che popolano i meandri del suolo: gli insetti sono creature formidabili, e non cessano di destare il nostro stupore. Ma meritano, del pari, una nostra attenzione più scientifica.*

*Giorgio Celli*

## Sommario

Riassunto.....	1
<b>1. Introduzione generale.....</b>	<b>3</b>
1.1 Influenza della gestione dell'habitat e del paesaggio sulla diversità funzionale.....	3
1.2 Infrastrutture ecologiche, parassitoidi e specie invasive: landscape management del vigneto.....	4
1.3 Piante trappola nella lotta all' <i>Halyomorpha halys</i> : una potenzialità per colture ad alto reddito.....	6
1.4 Importanza economica di <i>Halyomorpha halys</i> .....	7
1.5 Obiettivi e ipotesi.....	8
1.6 Bibliografia.....	10
<b>2. Influenza della struttura del paesaggio su Imenotteri parassitoidi presenti in vigneti siti nel comprensorio dei colli Bolognesi.....</b>	<b>17</b>
2.1 Riassunto.....	17
2.2 Introduzione.....	17
2.3 Gli Imenotteri parassitoidi importanti nel vigneto.....	19
2.4 Materiali e metodi.....	26
2.4.1 Descrizione dei siti sottoposti ad indagine.....	26
2.4.2 Campionamento dei parassitoidi.....	29
2.4.3 Identificazione degli insetti.....	29
2.4.4 Caratterizzazione degli habitat.....	30
2.4.5 Analisi dei dati.....	33
2.5 Risultati.....	33
2.6 Conclusioni.....	43
2.7 Ringraziamenti.....	43
2.8 Bibliografia.....	44
<b>3. Potenzialità di piante trappola nella riduzione della diffusione di <i>Halyomorpha halys</i> nel frutteto.....</b>	<b>47</b>
3.1 Riassunto.....	47
3.2 Introduzione.....	47
3.2.1 Inquadramento tassonomico di <i>Halyomorpha halys</i> .....	48
3.2.2 Morfologia e ciclo vitale.....	49

3.2.3	Biologia.....	49
3.2.4	Piante ospiti e danno economico.....	51
3.2.5	Strategie di difesa.....	52
3.2.5.1	Lotta biologica.....	52
3.2.5.2	Impiego di insetticidi.....	53
3.2.5.3	Reti multifunzionali.....	54
3.2.5.4	Infrastrutture ecologiche come piante trappola.....	54
3.3	Materiale e metodi.....	55
3.3.1	Descrizione dei siti sottoposti ad indagine.....	55
3.3.2	Descrizione delle prove.....	56
3.3.3	Analisi dei dati.....	62
3.3.3.1	I Prova - Az. agricola “Bonzagni” (2017) .....	62
3.3.3.2	II Prova - Az. agricola “Il Pascolone” (2017) .....	63
3.3.3.3	III Prova – Az. agricola “Il Pascolone” (2018) .....	63
3.4	Risultati.....	63
3.4.1	- I Prova - Az. agricola “Bonzagni” (2017) .....	63
3.4.2	- II Prova - Az. agricola “Il Pascolone” (2017) .....	65
3.4.2.1	Campionamento con rilievo visivo.....	65
3.4.2.2	Campionamento con retino da sfalcio.....	66
3.4.3	- III Prova – Az. agricola “Il Pascolone” (2018) .....	67
3.5	Discussione.....	68
3.5.1	- I Prova - Az. agricola “Bonzagni” (2017) .....	68
3.5.2	- II Prova - Az. agricola “Il Pascolone” (2017) .....	69
3.5.3	- III Prova - Az. agricola “Il Pascolone” (2018) .....	70
3.6	Conclusioni.....	71
3.7	Bibliografia.....	73

<b>4.</b>	<b>Influenza delle punture di alimentazione di <i>Halyomorpha halys</i> sulle caratteristiche qualitative del mosto.....</b>	<b>76</b>
4.1	Riassunto.....	76
4.2	Introduzione.....	76
4.3	Materiale e metodi.....	78
4.3.1	Caratteristiche del vigneto.....	78
4.3.2	Descrizione della prova in campo.....	78

4.3.3 Analisi strumentale.....	79
4.3.4 Analisi dei dati.....	81
4.4 Risultati.....	81
4.5 Discussione e conclusioni.....	83
4.6 Bibliografia.....	85

## **5. Prima segnalazione di *Halyomorpha halys* nell'arcipelago maltese: provvedimenti**

<b>adottabili per la mitigazione della diffusione di un insetto esotico.....</b>	<b>86</b>
5.1 Riassunto.....	86
5.2 Introduzione.....	86
5.3 La presenza di <i>Halyomorpha halys</i> a Malta.....	88
5.4 Materiali e metodi.....	88
5.5 Risultati e discussione.....	89
5.6 Ringraziamenti.....	92
5.7 Bibliografia.....	93
APPENDICE.....	96



## Riassunto

A causa di caratteristiche quali la propria geomorfologia, la vegetazione, la posizione geografica e il clima, il territorio rurale della provincia di Bologna comprende agroecosistemi a complessità difforme capaci di esprimere biodiversità funzionali e quindi servizi ecologici molto diversi. Tale realtà è stata indagata con diversi fini, il principale dei quali è stato quello di individuare a quale scala spaziale gli habitat con Infrastrutture Ecologiche (IE), presenti in alcune aziende site in collina, influenzano maggiormente la biodiversità espressa da talune coltivazioni. In particolare, nella prima sezione della presente ricerca, è stato studiato l'effetto delle IE sulle popolazioni di molte specie di parassitoidi. Lo studio è stato condotto in sei vigneti situati nel comprensorio dei colli Bolognesi. Le IE all'interno del vigneto, come siepi di bordo e altre strutture perimetrali (micro scala) e reti ecologiche esterne (macro scala), sono state analizzate ed elaborate dal GIS (Geographic Information System). La biodiversità dei parassitoidi è stata campionata utilizzando trappole Malaise, collocate due per ogni vigneto, tra giugno e ottobre 2016. La ricerca si è concentrata su insetti appartenenti all'ordine Hymenoptera, identificati a livello di famiglia o sottofamiglia. La maggior parte delle famiglie oggetto dello studio hanno evidenziato correlazioni positive con l'aumento della eterogeneità della componente vegetale degli habitat considerati.

Nella seconda sezione del presente elaborato è descritta una ricerca sull'impiego di piante trappola poste su un lato di un pereto o inserite tra pereti situati in pianura per il controllo della cimice esotica *Halyomorpha halys* (Stål, 1885). In particolare, nel biennio 2017 – 2018, si è confrontato il potenziale attrattivo nei confronti dell'insetto di quattro specie di leguminose: fava (*Vicia faba*), pisello (*Pisum sativum*), fagiolino (*Phaesolus vulgaris*) e soia (*Glicine max* L.). Per quanto riguarda la ricerca sviluppata nel 2017, la fava e la soia hanno mostrato una capacità attrattiva di gran lunga maggiore rispetto a quella evidenziata dal pisello e dal fagiolino. Considerati i risultati ottenuti l'anno precedente, nel 2018 è stata utilizzata come pianta trappola esclusivamente il favino (var. *minor*) di cui sono state testate due varietà a maturazione differenziata. Problematiche inerenti alla coltivazione della pianta trappola non hanno consentito di addivenire a risultati significativi.

Un'ulteriore indagine concernente *H. halys* è stata realizzata infestando in modo controllato alcuni grappoli d'uva (varietà Cabernet Franc) al fine di verificare la possibile influenza delle punture di alimentazione dell'insetto sulle caratteristiche qualitative del mosto. L'analisi statistica a cui sono stati sottoposti i dati ottenuti consente di affermare che le differenze medie di concentrazione tra sostanze aromatiche prefermentative in mosti ottenuti da grappoli



su cui l'insetto si era alimentato e mosti su cui l'insetto non si era alimentato è risultata significativa per due alcoli, il trans-2-esen-1-olo e lo 1-esanolo. In particolare, gli alcoli citati sono stati rilevati in quantità maggiore nei mosti ottenuti da grappoli su cui la cimice non si è alimentata.

Considerata la rapidità con cui la cimice si sta diffondendo in Italia e in molti Paesi del bacino del Mediterraneo, nel periodo primaverile del 2018 è stata individuata l'opportunità di rilevarne e monitorarne la presenza nell'arcipelago maltese. Tale indagine è stata realizzata con l'utilizzo di trappole a feromoni d'aggregazione del tipo a colla e ha consentito di accertare la presenza dell'insetto sull'isola di Malta.

In conclusione, gli studi condotti dimostrano l'importanza delle IE nel sostenere la biodiversità funzionale e fornisce anche indicazioni su alcune strategie efficaci nell'uso delle stesse, come piante trappola per il controllo di specie esotiche invasive come *H. halys*.

**Parole chiave:** infrastrutture ecologiche, scale spaziali, habitat e paesaggio, lotta biologica conservativa, biodiversità funzionale, parassitoidi, vigneto, *Halyomorpha halys*, pereto, provincia di Bologna, Malta.

## 1. Introduzione generale

### 1.1 Influenza della gestione dell'habitat e del paesaggio sulla diversità funzionale

È stato calcolato che se nei Paesi in via di sviluppo non si fosse assistito all'avvento della Rivoluzione Verde, oggi i raccolti sarebbero del 22% più bassi, si avrebbe un'importazione del 29% superiore all'attuale e una disponibilità calorica pro capite minore del 14%, così come risulterebbe un maggior numero di sottoalimentati pari a 187 milioni (Evenson e Gollin, 2003). Tuttavia, le tecniche messe a punto e sviluppate da questo tipo di agricoltura non si sono rivelate esenti da elevati costi ambientali in termini di riduzione della biodiversità, degradazione del suolo, inquinamento delle acque (Crutzen, 2002) e consumo di risorse non rinnovabili (Pimentel *et al.*, 1973). A fronte di tale situazione e della consapevolezza ben espressa che “Nessuna altra attività ha trasformato l'umanità, e la Terra, tanto quanto l'agricoltura ma gli effetti ambientali dell'agricoltura intensiva ci perseguitano sempre più” (Tilman, 1998), negli ultimi venti anni è cresciuta l'attenzione per la ecosostenibilità delle produzioni agricole.

Un contributo importante in questa direzione è rappresentato dalla diffusione dell’“Integrated Biological Control”, proposto da Gurr e Wratten (1999), il cui concetto è incentrato sull'importanza della gestione degli habitat al fine di rendere più efficace l'azione dei diversi metodi di lotta biologica (conservativo, inoculativo e inondativo).

Il controllo biologico integrato si concentra principalmente sul controllo degli insetti mediante interventi di ingegneria ecologica, rifacendosi a tecniche colturali atte a modificare l'ambiente in modo coerente con i principi dell'agroecologia (Gurr *et al.*, 2004). In particolare, lo scopo della lotta biologica conservativa è quello di promuovere o migliorare le prestazioni dei nemici naturali attraverso l'habitat o la gestione del paesaggio, riducendo così le epidemie di parassiti (Landis *et al.*, 2000; Gurr *et al.*, 2003; Fiedler *et al.*, 2008; Wade *et al.*, 2008; Jonsson *et al.*, 2012).

Poiché i processi ecosistemici che promuovono il suddetto servizio ecologico si verificano contemporaneamente sia su scala di campo che di paesaggio (DeClerck *et al.*, 2015), è evidente che lo studio della biodiversità funzionale sostenuta dalle aree rurali e le conseguenti azioni da avviare per migliorarla appaiono più efficaci e complete se sviluppate con ottiche focalizzate su diverse scale spaziali. Questi obiettivi si raggiungono creando e gestendo correttamente infrastrutture ecologiche come fasce erbose vegetate (beetle bank) o fiorite, siepi, piante trappola, corridoi ecologici, colture di copertura e pacciatura vivente (Gurr *et al.*, 2003), intervenendo, dove possibile, non solo a livello di campo o di azienda ma anche a livello di paesaggio (comprensorio o macroscale), poiché paesaggi complessi ospitano in generale più agenti di controllo (Elliott, Kieckhefer e Beck 2002; Schmidt *et al.*, 2004; Purtauf *et al.*, 2005; Roschewitz *et al.*, 2005).

In molti paesi, queste strategie sono diventate cruciali per migliorare la biodiversità funzionale per il controllo dei fitofagi e in Italia, negli ultimi vent'anni, si sta assistendo ad una significativa diffusione nelle aziende di aree a vegetazione naturale, spesso ottenute con contributi economici provenienti da enti locali o dalle regioni (Burgio *et al.*, 2004).

Una categoria di IE di recente introduzione è rappresentata dalle Agro-ecological Service Crops (ASC), colture con funzioni esclusivamente agro-ambientali (Canali *et al.*, 2015).

## **1.2 Infrastrutture ecologiche, parassitoidi e specie invasive: landscape management del vigneto**

La semplificazione dei paesaggi agricoli ha portato ad un significativo decremento della diversità dei nemici naturali dell'insetto con possibili effetti negativi sul controllo dei parassiti (Wilby e Thomas, 2002; Bianchi *et al.*, 2006; Thies *et al.*, 2011; Jonsson *et al.*, 2012; Inclán *et al.*, 2015). Sebbene gli effetti negativi generali della semplificazione del paesaggio sulla ricchezza di specie di nemici naturali dei fitofagi sono relativamente ben noti (Letourneau *et al.*, 2012; Macfadyen e Muller, 2013; Inclán *et al.*, 2014; Martinson e Fagan, 2014), come questo processo influenzi il movimento dei parassitoidi (*spillover*) tra colture e habitat limitrofi è ancora poco chiaro (Inclán *et al.*, 2015). Tuttavia, il contrasto strutturale tra gli habitat che compongono il paesaggio agricolo intensivo dovrebbe essere un fattore importante nel determinare il movimento delle specie di insetti tra gli habitat stessi (Inclán *et al.*, 2015). Infatti, la contrapposizione tra colture e habitat seminaturali può determinare flussi immigratori o emigratori di specie (Polis *et al.*, 1997; Schellhorn *et al.*, 2014). I movimenti di insetti da habitat naturali in direzione della vegetazione presente nelle adiacenze dei campi coltivati è stata studiata da diversi autori (Landis *et al.*, 2000; Geiger *et al.*, 2008; Rusch *et al.*, 2010; Blitzer *et al.*, 2012; Macfadyen *et al.*, 2015), ma sono stati esaminati anche i movimenti nella direzione opposta (Tscharrntke *et al.*, 2005; Rand *et al.*, 2006; Blitzer *et al.*, 2012; Frost *et al.*, 2015; Macfadyen *et al.*, 2015). Ciò che è certo è che lo *spillover* dei parassitoidi influisce su importanti servizi ecosistemici come, ad esempio, il controllo naturale di molti fitofagi (Landis *et al.*, 2000; Macfadyen e Muller, 2013; Gagic *et al.*, 2014).

In generale, oltre a promuovere effetti *top-down* ossia variazioni di densità delle popolazioni di predatori e parassitoidi che controllano i fitofagi, la presenza e la corretta gestione delle IE promuovono effetti *bottom-up* direttamente sui fitofagi, permettendo sovente la concomitanza sinergica delle due tipologie di effetti (Burgio e Ferrari, 2014).

In colture perenni, come ad esempio nella vite, sono senz'altro agevolati la progettazione e il mantenimento delle IE per periodi di tempo più lunghi rispetto ad altre colture (Boller, 2001).

In tale ambito, l'incremento della diversità della fitocenosi attraverso l'adozione di IE si è rilevato uno strumento utile per la stabilizzazione dell'ecosistema e per la gestione delle specie nocive

(Lozzia e Rigamonti, 2005), con evidenze nelle relazioni tra tignole e antagonisti (Boller, 2006) e tra cicaline e i parassitoidi del genere *Anagrus* (Cerutti *et al.*, 1989; 1991; Ponti *et al.*, 2003). In particolare, è da tempo riconosciuta la significativa attività di controllo espressa da parassitoidi appartenenti agli Imenotteri Braconidi, agli Icneumonidi e ai Calcidoidei e da una specie di Ditteri Tachinidi nei confronti della tignoletta della vite *Lobesia botrana* Denis et Schiffermüller (Lepidoptera, Tortricidae) (Marchesini e Dalla Monta, 1998; Marchesini, 2014); sono infatti più di 30 le specie che vivono a spese dei diversi stadi giovanili, ovvero uova, larve e crisalidi (Marchesini, 2014).

A fronte dei descritti aspetti positivi, bisogna tuttavia considerare l'eventualità che in qualche circostanza, come ad esempio quando includono specie vegetali affini alle colture agrarie, le IE possano ospitare anche insetti dannosi ed altri organismi fitopatogeni. Ciononostante, in siffatte occasioni, si instaurano equilibri biologici che molto spesso evitano la trasformazione di tali aree in focolai d'infestazione per le coltivazioni; inoltre, un'attenta gestione delle componenti non coltivate può garantire la prevenzione dei danni da fitofagi (Burgio e Ferrari, 2014).

Il problema appare più complicato se i fitofagi da controllare sono organismi di recente introduzione ad elevata polifagia come, ad esempio, l'*Halyomorpha halys* (cimice asiatica), rinvenuta in Italia per la prima volta nel 2012 in provincia di Modena (Emilia-Romagna) (Maistrello *et al.*, 2014). In questo caso, il potenziale di controllo biologico espresso dai nemici naturali autoctoni è di norma molto basso (Ogburn *et al.*, 2016).

Nell'America settentrionale orientale, dove l'insetto è stato introdotto per errore dall'Asia orientale (Xu *et al.*, 2014), con un primo rilevamento della presenza registrato ad Allentown, in Pennsylvania nel 1996 (Hoebeke e Carter, 2003), i tassi di predazione e parassitoidismo registrati nel biennio 2013 – 2014 sono stati stimati in livelli massimi medi rispettivamente di circa 19% e 20%, pur variando tra stati e tipologie di colture (Ogburn *et al.*, 2016). L'attività di distruzione delle uova da parte dei predatori nativi è stata più significativa del contributo fornito dall'attività dei parassitoidi nativi che è stato, invece, molto basso, con parassitoidi adulti sviluppatasi da meno dell'1% delle uova considerando una media tra colture, località e anni; un ulteriore 2,8% è stato il valore rilevato di uova contenenti parassitoidi parzialmente sviluppati (Ogburn *et al.*, 2016).

Il fatto che nelle zone asiatiche d'origine l'*H. halys* abbia un ampio range di piante ospiti, ma che di norma questa non sia considerata un'importante parassita di colture agricole (Funayama, 2004), suggerisce che i fattori di controllo naturale ne riducono sensibilmente lo sviluppo delle popolazioni e che un approccio di lotta biologica classica nei nuovi areali di sviluppo dell'insetto possa risultare efficace. A questo proposito, però, è bene ricordare che la lotta biologica classica ha già sollevato in passato alcuni dubbi circa i possibili rischi di carattere ecologico legati all'introduzione di insetti entomofagi in nuovi ambienti e che in Italia l'articolo 12 del D.P.R. n.120

del marzo 2003, *Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche*, vieta espressamente l'introduzione in natura di specie non autoctone. Fortunatamente, la valorizzazione del ruolo svolto dagli insetti entomofagi nativi contro le nuove specie appare comunque un'adeguata strategia di controllo sostenibile (Dindo e Maini, 2014).

### **1.3 Piante trappola nella lotta a *Halyomorpha halys*: una potenzialità per colture ad alto reddito**

Una specifica tipologia di IE è realizzabile con la coltivazione di piante trappola (*trap crops*). Le piante trappola possono essere definite come colture di piante che sono, di per sé o tramite manipolazione, schierate per attirare, deviare, intercettare e/o trattenere gli insetti fitofagi e gli agenti patogeni da essi veicolati al fine di ridurre i danni alla coltura principale (Shelton e Badenes-Perez, 2006). Per favorire la concentrazione degli insetti dannosi su tali piante, possono essere aggiunti anche erogatori di feromoni d'aggregazione e altre sostanze sinergizzanti (Morrison *et al.*, 2016).

Prima dell'introduzione di moderni insetticidi di sintesi, l'uso di questa tecnica era un metodo di controllo dei parassiti usato in diversi sistemi di coltivazione (Thurston, 1991), tra le quali cotone, soia, fagioli, riso, mais, sorgo, pompelmo e varie brassicacee (Javaid *et al.*, 1995). La ripresa di interesse nell'uso di tale approccio come strumento di lotta integrata è il risultato delle preoccupazioni legate ai potenziali effetti negativi dei prodotti fitosanitari sulla salute umana e sull'ambiente, sulla resistenza ai fitofarmaci e su considerazioni economiche generali inerenti alle produzioni agricole (Shelton e Badenes-Perez, 2006).

Nel caso specifico della lotta all'*H. halys* e dell'uso delle piante trappola come strategia di contenimento dell'insetto, molti studi e numerose esperienze sul campo sono stati realizzati negli Stati Uniti, soprattutto in aziende biologiche, dove è stato sperimentato che per trattenere con successo l'insetto, le colture trappola devono fornire una fonte di cibo di alta qualità disponibile per tempi lunghi (Mizel, 2012).

A tal fine, le colture triticale, sorgo, miglio, grano saraceno e girasole sono state raccomandate (Mizell *et al.*, 2008) e valutate (Nielsen *et al.*, 2016) come candidate per la gestione sia dell'*H. halys* che delle specie di cimici indigene negli Stati Uniti meridionali. In particolare, nell'intento di ottimizzarne l'attrattività e la capacità di trattenere l'insetto nel tempo, sono state testate anche IE costituite da policolture di piante trappola con fenologie leggermente sfasate (Mizell *et al.*, 2008; Nielsen *et al.*, 2016; Mathews *et al.*, 2017).

Una volta concentrati nelle suddette colture - di norma poste in modo da circondare gli appezzamenti che si intende proteggere -, gli insetti possono essere sottoposti a trattamenti insetticidi (approccio *attract and kill*). La tecnica che consente di limitare i trattamenti alle sole piante trappola sembra essere particolarmente promettente (Morrison *et al.*, 2016; Kuhar e Kamminga, 2017); oltre a ciò, il metodo consente di ridurre in modo sostanziale la quantità di insetticida impiegato (Morrison *et al.*, 2016).

Tra le piante di interesse economico attaccate da *H. halys* sono numerose quelle da frutto, in particolare pomacee e drupacee (Lee *et al.*, 2013). Tale situazione comporta che, essendo una delle principali zone produttrici di frutta in Europa con una superficie coltivata di quasi 64.000 ettari e con alcune eccellenze regionali come le pere IGP, l'Emilia-Romagna, regione del nord est in Italia, è senz'altro un'area particolarmente minacciata dall'insetto. In particolare, secondo un recente studio condotto su pereti siti nelle provincie di Modena e Reggio Emilia, si è osservato che sia le ninfe che gli adulti del fitofago tendono a concentrarsi sui bordi piuttosto che al centro del frutteto (Maistrello *et al.*, 2017). Tale effetto di bordo già verificato anche in pescheti (Blaauw *et al.*, 2016) e meleti (Joseph *et al.*, 2014) apre la strada alla possibile applicazione di strategie come la già citata “*attract and kill*” (Morrison *et al.*, 2016).

#### **1.4 Importanza economica di *Halyomorpha halys***

In generale, le cimici fitofaghe (Hemiptera: Pentatomidae) si alimentano inserendo parti del loro apparato boccale in steli, foglie, fiori e frutta o semi (Peiffer e Felton, 2014). Una volta perforati i tessuti vegetali, gli insetti possono iniettare saliva tossica, provocare ulteriori danni ai tessuti e possono causare l'interruzione dello sviluppo delle strutture fruttifere (Ni *et al.*, 2010; Corrêa-Ferreira e De Azevedo, 2002; Silva *et al.*, 2012).

Le manifestazioni morfo-fisiologiche indotte sulle parti di pianta attaccate da individui appartenenti a specie diverse di cimici possono essere difformi: tali differenze sono provocate dai componenti della saliva (Peiffer e Felton, 2014).

Nel caso particolare dell'*H. halys*, si è scoperto che molti componenti del suddetto secreto si diversificano sulla base del tipo di alimentazione (Peiffer e Felton, 2014) e che questi, considerato che gli enzimi digestivi sono tra le sue componenti proteiche (Ramzi e Hosseinaveh, 2010), sono indubbiamente coinvolti nella digestione dei cibi vegetali.

Una volta che la saliva è iniettata all'interno di frutti e semi, la manifestazione del danno si esprime in relazione alla specie vegetale, varietà, al tipo di frutto ed al suo stadio di maturazione (Bortolotti *et al.*, 2015). L'alterazione istologica più comune è il cono salivare, che consiste in un indurimento del tessuto, una sorta di grumo, in corrispondenza della puntura; ma quando viene punto un frutto in

via di accrescimento, le deformazioni indotte possono portare a un deprezzamento del prodotto o a una perdita totale dei requisiti di commercializzazione (Bortolotti *et al.*, 2015).

Il danno prodotto da *H. halys* è frequente sia sulle colture erbacee che arboree. Grazie alla sua alta polifagia (> 300 ospiti), attualmente l'insetto è considerato un importante parassita di pisello, soia, mais dolce, pomodoro, peperoni, melanzane, gombo e molti frutti tra cui mela, pesca e ciliegia (Nielsen e Hamilton, 2009a; Nielsen e Hamilton, 2009b; Leskey *et al.*, 2012; Kuhar *et al.*, 2012).

Nel caso dell'uva, il danno correlato include la perdita di peso; è infatti stato stimato che cinque insetti adulti possono ridurre fino al 37% il peso di un grappolo e che possono provocare la screpolatura delle bacche (Mohekar, 2016). Un altro tipo di danno è quello che si produce quando l'insetto viene raccolto insieme ai grappoli d'uva e trasportato all'interno della cantina. In questo caso, a causa dello stress subito in seguito ai processi di lavorazione quali la deraspatura e la pigiatura, la cimice rilascia nel mosto i propri allomoni, composti volatili come il tridecano e trans-2-decenale, quest'ultimo particolarmente olente, che possono essere ancora presenti al termine della fermentazione del mosto (Mohekar, 2016). A questo proposito, è stato stimato che se il numero di individui per grappolo è inferiore alle tre unità, la qualità del vino non viene compromessa (Mohekar *et al.*, 2017). Tuttavia, alcune ricerche condotte sull'argomento hanno dato risultati contraddittori, a volte indicativi di cattivi odori che non sopravvivono alla fermentazione e all'imbottigliamento, altre volte mostrando di persistere nel prodotto finale (Rice *et al.*, 2014).

Un campo d'indagine non ancora esplorato è quello riferibile allo studio delle interazioni tra le sostanze inoculate dall'insetto mentre si nutre e i normali biochimismi che si sviluppano all'interno delle bacche. Poiché anche tali composti possono potenzialmente interferire con i successivi biochimismi fermentativi e ridurre la qualità del vino ottenibile, ricerche in questa direzione appaiono auspiciabili.

## **1.5 Obiettivi e ipotesi**

Uno dei principali obiettivi della presente tesi è rappresentato dall'indagine sull'efficacia di alcune tipologie di IE, presenti in aziende vitivinicole, nella promozione della biodiversità funzionale, utile nel controllo dei fitofagi. In particolare, lo studio degli ambienti rurali considerati è stato realizzato a partire dal livello di singola coltura, fino ad un livello superiore a quello di azienda, con campionamento annuale (estate 2016).

L'attività dei parassitoidi, che rappresenta uno dei fulcri della lotta conservativa, è stata valutata sulla base delle dimensioni delle popolazioni degli insetti catturati e sulla biodiversità espressa dalle stesse. Lo studio della relazione esistente tra la comunità dei parassitoidi e le caratteristiche del territorio agricolo esaminato si è avvalso dell'impiego di moderne tecnologie, quali il GIS, al fine di caratterizzare gli ambienti. L'ipotesi che si è inteso verificare è in accordo con l'assunto generale

secondo cui gli ecosistemi agricoli diversificati sono più adatti ai nemici naturali dei fitofagi di quelli semplificati.

Altri obiettivi sono stati: la valutazione dell'efficacia di IE con funzione di “trap crop” nel controllo di *H. halys* (sperimentazione realizzata nel biennio, 2017-18), lo studio del tipo di danno provocato dalla cimice sull'uva e la verifica della presenza dell'insetto nell'arcipelago maltese anche al fine dell'individuazione di adatte strategie di contenimento della diffusione dell'insetto nelle isole.

Oltre alla parte introduttiva (capitolo 1), il presente lavoro è diviso in ulteriori 4 capitoli:

- Capitolo 2 - Influenza della struttura del paesaggio su Imenotteri parassitoidi presenti in vigneti siti nel comprensorio dei colli Bolognesi.
- Capitolo 3 - Potenzialità di piante trappola in pereti nella riduzione della diffusione di *H. halys* nel frutteto.
- Capitolo 4 - Influenza delle punture di alimentazione di *H. halys* sulle caratteristiche qualitative del mosto.
- Capitolo 5 - Prima segnalazione di *H. halys* nell'arcipelago maltese: provvedimenti adottabili per la mitigazione della diffusione di un insetto esotico.



## 1.6 Bibliografia

- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition: biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Blaauw, B. R., Jones, V. P., Nielsen, A. L., 2016. Utilizing immunomarking techniques to track *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) movement and distribution within a peach orchard. *PeerJ*, 4, e1997.
- Blitzer, E.J., Dormann, C.F., Holzschuh, A., Klein, A.M., Rand, T.A., Tscharntke, T., 2012. Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), 34-43.
- Boller E. F., 2006. Functional biodiversity: a success story in vineyards of northern Switzerland. *IOBC/WPRS Bulletin*, 29(6), 13-16.
- Boller E. F., 2001. Functional Biodiversity in Viticulture: Identified Information Gaps and Need for Action. Integrated Control in Viticulture. *IOBC/WPRS Bulletin*, 24 (7), 1-4.
- Bortolotti, P., Caruso, S., Nannini, R., Vaccari, G., Casoli, L., Bariselli, M., Bortoloni, S., Costi, E., Guidetti, R., Maistrello, L., 2015. Preoccupano le infestazioni della cimice asiatica. *Informatore Agrario*, 43, 52-56.
- Burgio G., Ferrari R., 2014. Le infrastrutture ecologiche, Capitolo 2 in *Difesa fitosanitaria in produzione integrata* (a cura di Butturini A., Galassi T.). Edagricole, 23-49.
- Burgio, G., Ferrari, R., Pozzati, M., Boriani, L., 2004. The role of ecological compensation areas on predator populations: an analysis on biodiversity and phenology of Coccinellidae (Coleoptera) on non-crop plants within hedgerows in Northern Italy. *Bulletin of Insectology*, 57, 1-10.
- Canali, S., Diacono, M., Campanelli, G., Montemurro, F., 2015. Organic no-till with roller crimpers: Agro-ecosystem services and applications in organic mediterranean vegetable productions. *Sustainable Agriculture Research*, 4(3), 70-78.
- Cerutti F., Baumgärtner J., Delucchi V., 1991. The dynamics of grape leafhopper *Empoasca vitis* Goethe populations in Southern Switzerland and the implications for habitat management. *Biocontrol Science and Technology*, 1(3), 177-194.
- Cerutti F., Delucchi V., Baumgärtner J., Rubli D., 1989. Ricerche sull'ecosistema "vigneto" nel Ticino: II. La colonizzazione dei vigneti da parte della cicalina *Empoasca vitis* Goethe (Hom., Cicadellidae, Tyhlocybinae) e del suo parassitoide *Anagrus atomus* Haliday (Hym., Mymaridae), e importanza della flora circostante. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 62(1989), 253-267.

- Corrêa-Ferreira, B. S., De Azevedo, J., 2002. Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 145-150.
- Crutzen, P.J., 2002. Geology of mankind. *Nature*, 415(6867), 23-23.
- DeClerck, F., Estrada-Cremona, N., Garbach, K., Martinez-salinas, A., 2015. Biodiversity and Ecosystem Services of Agricultural Landscapes. *Agroecology for Food Security and Nutrition*.
- Dindo M.L.; Maini S., 2014. Come rendere più sostenibile la lotta agli insetti esotici, *Ecoscienza*, 4, 28-30.
- Elliott, N.C., Kieckhefer, R.W., Beck, D.A., 2002. Effect of aphids and the surrounding landscape on the abundance of Coccinellidae in cornfields. *Biological Control*, 24(3), 214-220.
- Evenson, R. E., Gollin, D., 2003. Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *science*, 300(5620), 758-762.
- Fiedler, A.K., Landis, D.A., Wratten, S.D., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological control*, 45(2), 254-271.
- Frost, C.M., Didham, R.K., Rand, T.A., Peralta, G., Tylianakis, J.M., 2015. Community-level net spillover of natural enemies from managed to natural forest. *Ecology*, 96(1), 193-202.
- Funayama, K., 2004. Importance of apple fruits as food for the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomolgy Zoology*, 39(4), 617-623.
- Gagic, V., Hänke, S., Thies, C., Tschardtke, T., 2014. Community variability in aphid parasitoids versus predators in response to agricultural intensification. *Insect conservation and diversity*, 7(2), 103-112.
- Geiger, F., Wäckers, F.L., Bianchi, F.J.J.A., 2008. Hibernation of predatory arthropods in semi-natural habitats. *Biocontrol* 54(4), 529-535.
- Gurr, G., Wratten, S., 1999. FORUM'Integrated biological control': A proposal for enhancing success in biological control. *International Journal of pest management*, 45(2), 81-84.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D., Luna, J.M., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology*, 4(2), 107-116.
- Gurr, G., Wratten, S. D., Altieri, M. A. (Eds.), 2004. *Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods*. Csiro Publishing.
- Hoebeke, E.R., Carter, M.E., 2003. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 225-237.
- Inclán, D. J., Cerretti, P., Marini, L., 2015. Landscape composition affects parasitoid spillover.

- Agriculture, Ecosystems & Environment*, 208, 48-54.
- Inclán, D.J., Cerretti, P., Marini, L., 2014. Interactive effects of area and connectivity on the diversity of tachinid parasitoids in highly fragmented landscapes. *Landscape Ecology*, 29(5), 879-889.
- Javaid, I., Joshi, J. M., 1995. Trap cropping in insect pest management. *Journal of sustainable agriculture*, 5(1-2), 117-136.
- Joseph, S. V., Stallings, J. W., Leskey, T. C., Krawczyk, G., Polk, D., Butler, B., Bergh, J. C., 2014. Spatial distribution of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury at harvest in mid-Atlantic apple orchards. *Journal of economic entomology*, 107(5), 1839-1848.
- Jonsson, M., Buckley, H.L., Case, B.S., Wratten, S.D., Hale, R.J., Didham, R.K., 2012. Agricultural intensification drives landscape-context effects on host-parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 49(3), 706-714.
- Kuhar, T. P., Kamminga, K., 2017. Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1021-1031.
- Kuhar, T. P., Kamminga, K. L., Whalen, J., Dively, G. P., Brust, G., Hooks, C. R., Hamilton G., Herbert, D. A., 2012. The pest potential of brown marmorated stink bug on vegetable crops. *Plant Health Prog*, 1.
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology*, 45(1), 175-201.
- Lee, D. H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., Leskey, T. C., 2013. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental entomology*, 42(4), 627-641.
- Leskey TC, Short BD, Butler BR, Wright SE, 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: A Journal of Entomology*, 2012.
- Letourneau, D.K., Bothwell Allen, S.G., Stireman III, J.O., 2012. Perennial habitat fragments: parasitoid diversity and parasitism in ephemeral crops. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1405-1416.
- Lozzia G. C., Rigamonti I. E., 2005. - Il ruolo della O.I.L.B nella viticoltura moderna. In: La difesa della vite dagli artropodi dannosi (Ragusa S., Tsolakis H. coord.). Università degli Studi di Palermo, 11-18.
- Macfadyen, S., Hopkinson, J., Parry, H., Neave, M.J., Bianchi, F.J.J.A., Zalucki, M.P., Schellhorn, N.A., 2015. Early-season movement dynamics of phytophagous pest and natural enemies across a native vegetation-crop ecotone. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200,

110-118.

- Macfadyen, S., Davies, A.P., Zalucki, M.P., 2015. Assessing the impact of arthropod natural enemies on crop pests at the field scale. *Insect science*, 22(1), 20-34.
- Macfadyen, S., Muller, W., 2013. Edges in agricultural landscapes: species interactions and movement of natural enemies. *PloS One*, 8(3), e59659.
- Maistrello, L., Dioli, P., Vaccari, G., Nannini, R., Bortolotti, P., Caruso, S., Costi E., Montermini A., Casoli L., Bariselli, M., 2014. Primi rinvenimenti in Italia della cimice esotica *Halyomorpha halys*, una nuova minaccia per la frutticoltura. *Atti Giornate Fitopatologiche CLUEB, Bologna*, 283-288.
- Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli G.L., Dioli, P., 2017. Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1231-1244.
- Marchesini E., 2014. Nemici naturali della tignoletta della vite. In "Difesa fitosanitaria in produzione integrata" Manuale dei metodi e delle tecniche a basso impatto a cura di A. Butturini e T. Galassi. Ed. Edagricole, 40-42.
- Marchesini, E., Monta, L. D., 1998. I nemici naturali della tignoletta dell'uva nei vigneti del Veneto. *Informatore fitopatologico*, 48, 3-10.
- Martinson, H.M., Fagan, W.F., 2014. Trophic disruption: a meta-analysis of how habitat fragmentation affects resource consumption in terrestrial arthropod systems. *Ecology Letters*, 17, 1178-1189.
- Mathews, C. R., Blaauw, B., Dively, G., Kotcon, J., Moore, J., Ogburn, E., Pfeiffer, D. G., Trope, T., Walgenbach, J. F., Welty, C., Zinati, G., Nielsen, A. L., 2017. Evaluating a polyculture trap crop for organic management of *Halyomorpha halys* and native stink bugs in peppers. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1245-1255.
- Mizell, R. F., 2012. Stinkbug management using trap crops in organic farming.
- Mizell, R. F., T. Charles Riddle, and Ann S. Blount., 2008. Trap Cropping System to Suppress Stink Bugs in the Southern Coastal Plain. *In Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, 377-382.
- Mohekar, P., Osborne, J., Wiman, N. G., Walton, V., Tomasino, E., 2017. Influence of winemaking processing steps on the amounts of (E)-2-decenal and tridecane as off-odorants caused by brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(4), 872-878.
- Mohekar, P., 2016. Brown Marmorated Stink Bug (BMSB), *Halyomorpha halys* Taint in Wine: Impact on Wine Sensory, Effect of Wine-processing and Management Techniques.

- Morrison, W. R., Lee, D. H., Short, B. D., Khrimian, A., Leskey, T. C., 2016. Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. *Journal of pest science*, 89(1), 81-96.
- Ni XZ, Da K.D, Buntin, G. D, Cottrell, T. E., Tillman, P. G., Dawn, M., Olson, D. M., Powell, R., LEE, R., Dewey, B., Wilson, J. P., Scullybrian, T., 2010. Impact of Brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on corn grain yield components and quality. *Journal of Economic Entomology*, 103(6), 2072-2079.
- Nielsen, A. L., Dively, G., Pote, J. M., Zinati, G., Mathews, C., 2016. Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental entomology*, 45(2), 472-478.
- Nielsen AL, Hamilton GC, 2009a. Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133-1140.
- Nielsen AL, Hamilton GC, 2009b. Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4), 608-616.
- Ogburn, E. C., Bessin, R., Dieckhoff, C., Dobson, R., Grieshop, M., Hoelmer, K. A., Mathews, C., Moore J., Nielsen A. L., Poley K., Pote, J. M., Rogers M., Welty C., Walgenbach J. F., 2016. Natural enemy impact on eggs of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), in organic agroecosystems: a regional assessment. *Biological Control*, 101, 39-51.
- Peiffer, M., Felton, G. W., 2014. Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *PloS one*, 9(2), e88483.
- Pimentel, D., Hurd, L. E., Bellotti, A. C., Forster, M. J., Oka, I. N., Sholes, O. D., Whitman, R. J., 1973. Food production and the energy crisis. *Science*, 182(4111), 443-449.
- Polis, G.A., Anderson, W.B., Holt, R.D., 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidised food webs. *Annual review of ecology and systematics*, 28(1), 289-316.
- Ponti L., Ricci C., Torricelli R., 2003. The ecological role of hedges on population dynamics of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) in vineyards of Central Italy. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26(4), 117-122.
- Purtauf, T., Roschewitz, I., Dauber, J., Thies, C., Tschardtke, T., Wolters, V., 2005. Landscape context of organic and conventional farms: influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(2), 165-174.

- Ramzi S, Hosseininaveh V., 2010. Biochemical characterization of digestive alpha-amylase, alpha-glucosidase and beta-glucosidase in pistachio green stink bug, *Brachynema germari* Kolenati (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13(3), 215-219.
- Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Tscharrntke, T., 2006. Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecology letters*, 9, 603-614.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively, G., Fraser, H.M., Garipey, T.D., Hamilton, G., Haye, T., 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), A1-A13.
- Roschewitz, I., Thies, C. Tscharrntke, T., 2005. Are landscape complexity and farm specialisation related to land-use intensity of annual crop fields? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105, 87-99.
- Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthou, J.P., Roger-Estrade, J., 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems: effects of crop management, farming systems, and semi natural habitats at the landscape scale: a review. *Advances in agronomy*, 109, 219-389.
- Schellhorn, N.A., Bianchi, F.J.J.A., Hsu, C.L., 2014. Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression. *Annual Review of Entomology*, 59, 559-581.
- Schmidt, M.H., Thies, C., Tscharrntke, T., 2004. Landscape context of arthropod biological control. *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods* (eds G.M. Gurr; S.D. Wratten & M.A. Altieri), 55-63.
- Shelton, A. M., Badenes-Perez, F. R., 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 51, 285-308.
- Silva, F. A. C., da Silva, J. J., Depieri, R. A., Panizzi, A. R., 2012. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa mediatubunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical entomology*, 41(5), 386-390.
- Thies, C., Haenke, S., Scherber, C., Bengtsson, J., Bommarco, R., Clement, L.W., Ceryngier, P., Dennis, C., Emmerson, M., Gagic, V., Hawro, V., Liira, J., Weisser, W. W., Winqvist, C., Tscharrntke, T., 2011. The relationship between agricultural intensification and biological control: experimental tests across Europe. *Ecological Applications*, 21(6), 2187-2196.
- Thurston HD., 1991. *Sustainable Practices for Plant Disease Management in Traditional Farming Systems*. Boulder, CO: Westview. 279 pp.
- Tilman, D., 1998. The greening of the green revolution. *Nature*, 396(6708), 211.
- Tscharrntke, T., Rand, A.T., Bianchi, J.J.A.F., 2005. The landscape context of trophic interactions:

insect spillover across the crop-noncrop interface. *In Annales Zoologici Fennici*, 42, 421-432.

Wade, M.R., Gurr, G.M., Wratten, S.D., 2008. Ecological restoration of farmland: progress and prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 831-847.

Wilby, A., Thomas, M.B., 2002. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology letters*, 5(3), 353-360.

Xu, J.W., Fonseca, D.M., Hamilton, G.C., Hoelmer, K.A., Nielsen, A.L., 2014. Tracing the origin of US brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*. *Biological invasions*, 16(1), 153-166.

## **2. Influenza della struttura del paesaggio su Imenotteri parassitoidi presenti in vigneti siti nel comprensorio dei colli Bolognesi**

### **2.1 Riassunto**

Nel presente capitolo è descritta la ricerca attraverso la quale è stato studiato l'effetto delle infrastrutture ecologiche, considerate a diverse scale spaziali, sulla popolazione di parassitoidi.

Lo studio è stato condotto in sei vigneti situati nelle colline della provincia di Bologna. Le infrastrutture ecologiche adiacenti ai vigneti, come siepi di bordo e altre strutture perimetrali (micro scala) e reti ecologiche esterne (macro scala), sono state analizzate ed elaborate, con l'utilizzo del GIS, grazie alla collaborazione con il gruppo di Ingegneria agraria e dei biosistemi - Costruzioni rurali e territorio agroforestale del Dipartimento di Scienze e tecnologie agroalimentari dell'Università di Bologna. Tali analisi sono state effettuate attraverso l'impiego delle banche dati geografiche relative all'uso/copertura del suolo prodotte dalla Regione Emilia-Romagna.

La biodiversità dei parassitoidi è stata campionata con trappole Malaise, due per ogni vigneto, tra il mese di giugno e quello di ottobre 2016. La ricerca si è concentrata sui parassitoidi appartenenti all'ordine degli Imenotteri, identificati a livello di famiglia o di sottofamiglia. L'analisi dei dati ha consentito di individuare correlazioni positive tra molte famiglie di parassitoidi e l'eterogeneità vegetazionale dell'habitat. La metrica più correlata con la biodiversità è stata la percentuale di territori non coltivati. Nel lavoro viene discussa l'influenza di scale di analisi spaziale (*buffer*) di diverse dimensioni sulla biodiversità degli Imenotteri.

### **2.2 Introduzione**

L'intensificazione dell'agricoltura ha portato a una semplificazione del paesaggio agrario, con effetti negativi sulla biodiversità funzionale e di conseguenza sul controllo naturale degli artropodi nocivi (Bianchi *et al.*, 2006). Tuttavia, a differenza di altre colture, la coltivazione della vite sembra più ecologicamente sostenibile e meno incisiva sull'ambiente e può quindi svolgere un ruolo importante nella conservazione della biodiversità. Nelle zone viticole, la vite è generalmente la coltura dominante che influenza maggiormente il paesaggio; ma in alcune aree, ci sono ancora modelli di colture molto diversi: dai sistemi in cui la vite è chiaramente la coltivazione predominante ai sistemi in cui i vigneti sono inseriti in un mosaico complesso con aree semi-naturali. In questi ambienti, un'appropriata gestione degli habitat non coltivati e, su scala più ampia, del paesaggio agrario è in grado di migliorare l'idoneità (*fitness*) degli artropodi entomofagi, promuovendo l'aumento delle dimensioni e della diffusione delle loro popolazioni e implementando la sincronizzazione temporale con i parassiti. Anche se ciò non fornisce alcuna garanzia per un controllo efficace degli artropodi fitofagi (Bianchi *et al.*, 2006; Straub *et al.*, 2008), vi è la tendenza delle diverse comunità di



predatori e parassitoidi a controllare meglio gli artropodi erbivori (Letourneau *et al.*, 2009). Ciò può aiutare a limitare l'uso di insetticidi e acaricidi nella difesa dei vigneti migliorando la sostenibilità ambientale delle aziende vitivinicole. Per tali motivi, sempre più agricoltori fanno affidamento sulle strategie di gestione degli habitat per fornire cibo alternativo e riparo ai nemici naturali agendo, a seconda dei casi, a vari livelli: nelle aree di bordo del vigneto, all'interno dell'azienda o nel paesaggio.

I migliori esempi di sistemi di gestione degli habitat sono quelli sviluppati dagli agricoltori che considerano le loro aziende un unico ecosistema, con una caratteristica associata alla biodiversità e con altre condizioni ambientali speciali dovute alla posizione geografica e alla gestione generale (Altieri *et al.*, 2011).

La complessità della fitocenosi che circonda il vigneto può influenzare le dinamiche della popolazione (modelli di biodiversità, diversità funzionale) di artropodi utili (agenti di controllo biologico) per il controllo di molti parassiti. Molte ricerche mostrano che, le aree incolte situate intorno ai vigneti possono aumentare e diversificare le popolazioni di molti artropodi predatori e parassitoidi (Altieri *et al.*, 2005). Anche un'appropriata composizione di specie vegetali nell'interfila influenza fortemente la biodiversità funzionale del vigneto (Burgio *et al.*, 2016). Molte specie vegetali arbustive e arboree non coltivate, tra cui *Carpinus betulus*, *Corylus avellana* e *Juglans regia*, possono essere utilizzate per aumentare la popolazione di acari Phytoseiidae (Duso *et al.*, 1993), unitamente alle piante erbacee nel vigneto. Inoltre, è stato dimostrato anche in Italia, che la presenza di siepi di *Rubus* spp ai margini del vigneto aumenta le popolazioni di parassitoidi oofagi di specie di Cicadellidae, rendendo più efficace la lotta biologica contro questi insetti (Viggiani, 2003).

La maggior parte dei parassitoidi dei fitofagi dei vigneti appartengono all'Ordine degli Imenotteri e alla Famiglia dei Ditteri Tachinidi (Ingels, 1998). In particolare, gli Imenotteri parassitoidi rappresentano circa il 20% di tutte le specie di insetti (Lasalle e Gauld, 1991) e circa il 75% di quelli con uno stile di vita parassitoide (Santos e Quicke, 2011), esercitando così un forte impatto sugli ecosistemi terrestri, e svolgono un ruolo cruciale nella regolazione della popolazione erbivora degli artropodi (Shaw e Hochberg, 2001; Shaw, 2006; Anderson *et al.*, 2011). Oltre a ciò, a causa dell'alto livello trofico, della loro specificità e del rapporto con il loro ospite, alcuni gruppi di Imenotteri parassitoidi sono considerati bioindicatori affidabili per studi sulla biodiversità su agroecosistemi, come nel caso delle specie o morfospécie di Braconidi (Loni e Lucchi, 2014).

### 2.3 Gli Imenotteri parassitoidi importanti nel vigneto

L'importanza economica, biologica e ecologica degli Imenotteri è comune a pochi altri gruppi di viventi (Gauld e Bolton, 1988). Secondi per numero di specie solamente ai Coleotteri, gli Imenotteri contano circa 120.000 specie descritte, più di 40.000 delle quali presenti in Europa (Chinery *et al.*, 1987).

Una delle categorie più importanti all'interno dell'ordine è rappresentata dagli Imenotteri parassitoidi, insetti le cui larve si sviluppano nutrendosi a scapito di altri artropodi; comuni sia in ambienti agrari che forestali, questi insetti hanno la capacità di controllare molte popolazioni di fitofagi. Le femmine sono dotate di ovopositori di dimensioni variabili a seconda delle specie, con cui depongono le uova all'interno, sopra o nelle vicinanze dell'ospite. Quasi il 75% di tutte le specie appartenenti al sottordine Apocrita sono, durante lo stadio larvale, parassitoidi di altri insetti o ragni (Chinery *et al.*, 1987).

Di seguito sono descritte alcune caratteristiche distintive delle famiglie e sottofamiglie di parassitoidi comprendenti alcune specie capaci di rivestire un ruolo attivo nel controllo dell'entomofauna dannosa nei vigneti oggetto dello studio.

#### **Aphelinidae**

Gli Afelinidi (Aphelinidae THOMSON, 1876) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: sebbene siano stati approssimativamente 100 i generi descritti, solo circa 40 sono riconosciuti come validi; le specie descritte sono circa 1120 (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: presenti in tutto il mondo.

Le specie sono endoparassitoidi o ectoparassitoidi primari, o iperparassitoidi, per lo più di Aleyrodoidea, Aphidoidea, Auchenorrhyncha, Psylloidea, e soprattutto Coccoidea (Homoptera), ma anche delle uova di Lepidotteri e Ortotteri, uova, larve e pupae di Ditteri e larve di altri Calcidoidei e Dryinidi.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Aonidiella aurantii*, *Aphis gossypii*, *Ceroplastes rusci*, *Hemiberlesia rapax*, *Lepidosaphes ulmi*, *Neopulvinaria innumerabilis*, *Parlatoria oleae*, *Parthenolecanium corni* e *Targionia vitis*.

#### **Braconidae**

I braconidi (Braconidae NEES, 1812) costituiscono una famiglia di Imenotteri compreso nella superfamiglia degli Ichneumonoidea.

Biodiversità: è tra le famiglie di insetti più ricche di specie, attualmente ne sono descritte circa

12.000 delle 40-50.000 ipotizzate. La famiglia si suddivide in molteplici sottofamiglie. Fra queste:

- Aphidiinae -

Presenti in tutto il mondo con 558 specie descritte (Jones *et al.* 2009).

Utilizzano varie specie di afidi come ospiti. Sono endoparassitoidi coinobionti solitari di ninfe e adulti.

- Cheloninae -

Gli insetti Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 7 generi con 1010 specie descritte (Dolphin e Quicke, 2001).

Sono coinobionti solitari che parassitano Lepidotteri, in particolare sono parassitoidi uovo-larvali.

Tra le specie rinvenibili nei vigneti, alcune possono contribuire a controllare i seguenti fitofagi: *Arctia caja* e *Argyrotaenia pulchellana*.

- Doryctinae -

Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 75 generi con 1105 specie descritte (Dolphin e Quicke, 2001).

La maggioranza delle specie appartenenti a questa sottofamiglia sono ectoparassitoidi delle larve di Coleotteri xilofagi.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni di *Sinoxylon sexdentatum*.

- Euphorinae -

Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 63 generi e 598 specie descritte (Dolphin e Quicke, 2001).

Gli Imenotteri appartenenti a questo gruppo sono endoparassitoidi coinobionti solitari o raramente gregari. A differenza della maggior parte degli altri Imenotteri parassitoidi, questi insetti hanno una vasta gamma di ospiti e attaccano insetti adulti o ninfe di insetti emimetaboli.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Haltica lythri ampelophaga*, *Lymantria dispar*, *Spodoptera exigua*.

- Macrocentrinae -

Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 8 generi e 140 specie descritte (Dolphin e Quicke, 2001).

La sottofamiglia include molte specie di endoparassitoidi coinobionti, sia solitari che gregari, di larve di Lepidotteri.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Archips podanus*, *Argyrotaenia pulchellana*.

## - Microgastrinae -

Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 52 generi e 1856 specie descritte (Dolphin e Quicke, 2001).

Questi Imenotteri sono coinobionti, endoparassitoidi primari di larve di Lepidotteri. Mentre la maggior parte delle specie sono solitarie, molte sono gregarie (più uova di femmine diverse si sviluppano nella stessa larva).

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Archips podanus*, *Arctia villica*, *Argyrotaenia pulchellana*, *Lymantria dispar*, *Noctua fimbriata*, *Paranoctua comes*, *Spodoptera exigua*, *Theresimima ampelophaga*.

## **Chalcididae**

I Calcididi (Chalcididae LATREILLE, 1817) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 195 generi e 1875 specie descritte (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: ampiamente distribuiti.

Parassitoidi primari o iperparassitoidi, attaccano principalmente Lepidotteri (generalmente giovani pupe) e Ditteri (soprattutto larve mature), alcuni parassitizzano altri Imenotteri o Coleotteri, e altri sono noti per l'ampia varietà di insetti ospiti.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Aonidiella aurantii*, *Aphis gossypii*, *Ceroplastes rusci*, *Hemiberlesia rapax*, *Lepidosaphes ulmi*, *Neopulvinaria innumerabilis*, *Parlatoria oleae*, *Parthenolecanium corni*, *Targionia vitis*.

## **Drynidae**

I Drinidi (Dryinidae HALIDAY, 1840) sono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chrysidioidea.

Biodiversità: circa 58 generi e 1100 specie descritte in 11 sottofamiglie (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: cosmopolita.

La famiglia è costituita da specie solitarie le cui larve sono parassitoidi di Emitteri, principalmente Cicadellidae.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Empoasca vitis*, *Metcalfa pruinosa*.

## **Encyrtidae**

Gli Encirtidi (Encyrtidae WALKER, 1837) costituiscono una grande famiglia di Imenotteri

appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 745 generi e 3825 specie descritte (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: cosmopolita.

Le specie appartenenti a questo raggruppamento sono generalmente endoparassitoidi di stadi preimmaginali di cocciniglie, ma spesso parassitizzano anche altri Emitteri e, meno frequentemente, insetti appartenenti a svariati ordini e Chelicerata (acari e ragni).

Gli Encirtidi sono inoltre parassitoidi oofagi oppure possono comportarsi come iperparassitoidi.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Aelia rostrata*, *Agrilus viridis*, *Ceroplastes rusci*, *Halyomorpha halys*, *Malacosoma neustria*, *Planococcus citri*, *Planococcus ficus*, *Parthenolecanium corni*, *Parthenolecanium persicae*, *Pseudococcus longispinus*, *Pseudococcus viburni*, *Pulvinaria vitis*.

### **Eulophidae**

Gli Eulofidi (Eulophidae WESTWOOD, 1829) costituiscono una vasta famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 540 generi e 3900 specie descritte (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: cosmopolita.

Molte specie sono parassitoidi primari di larve di Lepidotteri, Ditteri, Imenotteri e Coleotteri. Gli oofagi possono comportarsi da iperparassitoidi a spese di Icnemonidi oofagi.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Archips podanus*, *Argyrotaenia pulchellana*, *Antispila sp.*, *Ceroplastes rusci*, *Frankliniella occidentalis*, *Holocacista rivillei*, *Hyphantria cunea*, *Janetiella oenophila*, *Phyllocnistis vitegenella*, *Sparganothis pilleriana*.

### **Eupelmidae**

Gli Eupelmidi (Eupelmidae WALKER, 1833) costituiscono una vasta famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 90 generi e 900 specie descritte (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: ampia distribuzione soprattutto in aree tropicali e subtropicali.

Gli Eupelmidi sono in generale ectoparassitoidi solitari di stadi preimmaginali di altri insetti, appartenenti ad una larga gamma di ordini. Piuttosto frequenti sono i casi di iperparassitoidismo.

Alcuni Eupelmidi sono endoparassitoidi, altri sono predatori oofagi a spese di altri insetti o di ragni oppure endoparassitoidi oofagi che si sviluppano all'interno delle uova di Lepidotteri, Ortotteri e Rincoti. Infine, sono citati anche casi di multiparassitoidismo con larve ectoparassitoidi gregarie che si sviluppano a spese delle pupe di Ditteri all'interno del pupario.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *H. halys*, *Malacosoma neustria*.

### **Eurytomidae**

Gli Eurytomidi (Eurytomidae WALKER, 1832) costituiscono una vasta famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 135 generi e 1425 specie descritte (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: ampia distribuzione.

Le specie entomofaghe sono di norma ectoparassitoidi primari o iperparassitoidi di larve nascoste all'interno dei tessuti vegetali (steli, galle e semi).

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Lymantria dispar*, *Oecantus pellucens*.

### **Ichneumonidae**

Gli Ichneumonidi (Ichneumonidae LATREILLE, 1802) costituiscono una famiglia di Imenotteri compreso nella superfamiglia degli Ichneumonoidea.

Biodiversità: con circa 60.000 specie è la più grande famiglia di Imenotteri (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: rappresentanti di questa famiglia sono presenti in tutto il mondo, con un maggiore numero di specie in aree con climi freschi e umidi rispetto a ad aree con climi caldi e asciutti.

La famiglia si suddivide in molteplici sottofamiglie. Fra queste:

#### **- Campopleginae -**

Presenti in tutto il mondo sono suddivisi in 65 generi (Goulet e Huber, 1993) e 2.000 specie riconosciute (Yu *et al.*, 2012).

Questi Imenotteri sono coinobionti, endoparassitoidi principalmente di larve di Lepidotteri e di Imenotteri Sinfiti ma anche di Coleotteri e Neurotteri Rafididi. La maggior parte delle specie sono solitarie, ma alcune possono essere gregarie, con molteplici larve parassitoidi che escono dallo stesso ospite (Shaw, 1999).

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Argyrotaenia pulchellana*, *Lobesia botrana*.

#### **- Cryptinae -**

Diffusi in gran parte del mondo gli Imenotteri appartenenti a questa sottofamiglia sono suddivisi in circa 400 generi (Yu *et al.*, 2005) e più di 4500 specie descritte (Yu *et al.*, 2012).

La maggior parte delle specie sono ectoparassitoidi idiobionti di prepupe o pupae di insetti olometaboli racchiusi in bozzoli o tessuti vegetali. Gli ospiti conosciuti sono vari e includono specie appartenenti a Lepidotteri, Coleotteri, Ditteri, Neurotteri e Imenotteri.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Argyrotaenia pulchellana*, *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar*.

- Ichneumoninae -

Diffusi in tutto il mondo gli Imenotteri appartenenti a questa sottofamiglia sono suddivisi in circa 240 generi (Yu *et al.*, 2012).

Endoparassitoidi di Lepidotteri ovidepongono all'interno di larve (coinobionti) o pupe (idiobionti); l'emergenza del parassitoide avviene sempre dalla pupa.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Argyrotaenia pulchellana*, *Deilephila elpenor*, *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar*, *Noctua fimbriata*, *Paranoctua comes*.

- Metopiinae -

Insetti diffusi in tutto il mondo sono suddivisi in circa 26 generi (Goulet e Huber, 1993).

Coinobionti endoparassitoidi di Lepidotteri, depongono le uova nelle larve ed emergono dalle pupe.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni di *Argyrotaenia pulchellana*.

- Pimplinae -

Diffusi in tutto il mondo sono suddivisi in 64 generi (Goulet e Huber, 1993).

La maggior parte sono ectoparassitoidi idiobionti di larve e pupe di insetti olometaboli. Gli ospiti sono paralizzati o uccisi da veleni iniettati durante l'ovideposizione. Le specie di Pimplini sono spesso endoparassitoidi di prepupe e pupe di Lepidotteri.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Argyrotaenia pulchellana*, *Deilephila elpenor*, *Eupoecilia ambiguella*, *Hyphantria cunea*, *Lobesia botrana*, *Malacosoma neustria*, *Sparganothis pilleriana*.

## **Mymaridae**

I Mymaridi (Mymaridae HALIDAY, 1833) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 100 generi e 1400 specie (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: ampia distribuzione.

In generale sono endoparassitoidi oofagi solitari o gregari di Emitteri, Psocotteri, Coleotteri, Ortotteri e Ditteri.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Empoasca vitis*, *Stictocephala bisonia*.

## **Proctotrupidae**

I Proctotrupidi (Proctotrupidae LATREILLE, 1802) sono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Proctotrupoidea.

Biodiversità: 30 generi e più di 400 specie (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: cosmopolita.

La maggior parte delle specie sono solitarie e endoparassitoidi di larve di Coleotteri.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Aelia rostrata*, *Dolycoris baccarum*.

## **Pteromalidae**

Gli Pteromalidi (Pteromalidae DALMAN, 1820) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 845 generi e 4115 specie (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: ampiamente distribuiti.

Nella maggior parte delle specie le larve degli Pteromalidi si comportano come parassitoidi ectofagi a spese di larve e pupe di altri insetti (Lepidotteri, Coleotteri, Ditteri, Imenotteri, Emitteri, ecc.)

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Drosophila melanogaster*, *Hyphantria cunea*, *Lobesia botrana*, *Lymantria dispar*, *Malacosoma neustria*, *Parthenolecanium corni*, *Sparganothis pilleriana*, *Theresimima ampelophaga*.

## **Scelionidae**

Gli Scelionidi (Scelionidae HALIDAY, 1839) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Platygastroidea.

Biodiversità: circa 150 generi con 3000 specie descritte delle circa 7000 stimate (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: cosmopolita.

Generalmente idiobionti, attaccando le uova di molti tipi diversi di insetti e ragni.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Halyomorpha halys*, *Nisyus ericae*.

## **Torimidae**

I Torimidi (Torymidae WALKER, 1833) costituiscono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 120 generi 1150 (Goulet e Huber, 1993).



Distribuzione: ampiamente distribuita.

Il raggruppamento comprende specie di parassitoidi obbligate o facoltative e specie fitofaghe vere e proprie. Le forme facoltative sono in genere associate a insetti galligeni e le larve si nutrono indifferentemente a spese del fitofago oppure si comportano loro stesse come fitofaghe nutrendosi a spese dei tessuti della galla.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni di *Sparganothis pilleriana*.

## **Trichogrammatidae**

I Tricogrammatidi (Trichogrammatidae HALIDAY & WALKER, 1851) sono una famiglia di Imenotteri appartenenti alla superfamiglia Chalcidoidea.

Biodiversità: circa 75 generi riconosciuti e 675 (Goulet e Huber, 1993).

Distribuzione: Mentre la maggior parte dei generi nella famiglia sono piccoli e limitati nelle loro distribuzioni conosciute, i generi di dimensioni maggiori sono cosmopoliti.

I Tricogrammatidi sono parassitoidi oofagi solitari o gregari a spese di insetti di vari ordini e sottordini (Omotteri, Eterotteri Ortotteri, Lepidotteri e Tisanotteri). L'iperparassitoidismo è alquanto raro e generalmente facoltativo.

Alcune delle specie rinvenibili nei vigneti possono contribuire a controllare le popolazioni dei seguenti fitofagi: *Byctiscus betulae*, *Hyles livornica*, *Lobesia botrana*, *Theresimima ampelophaga*.

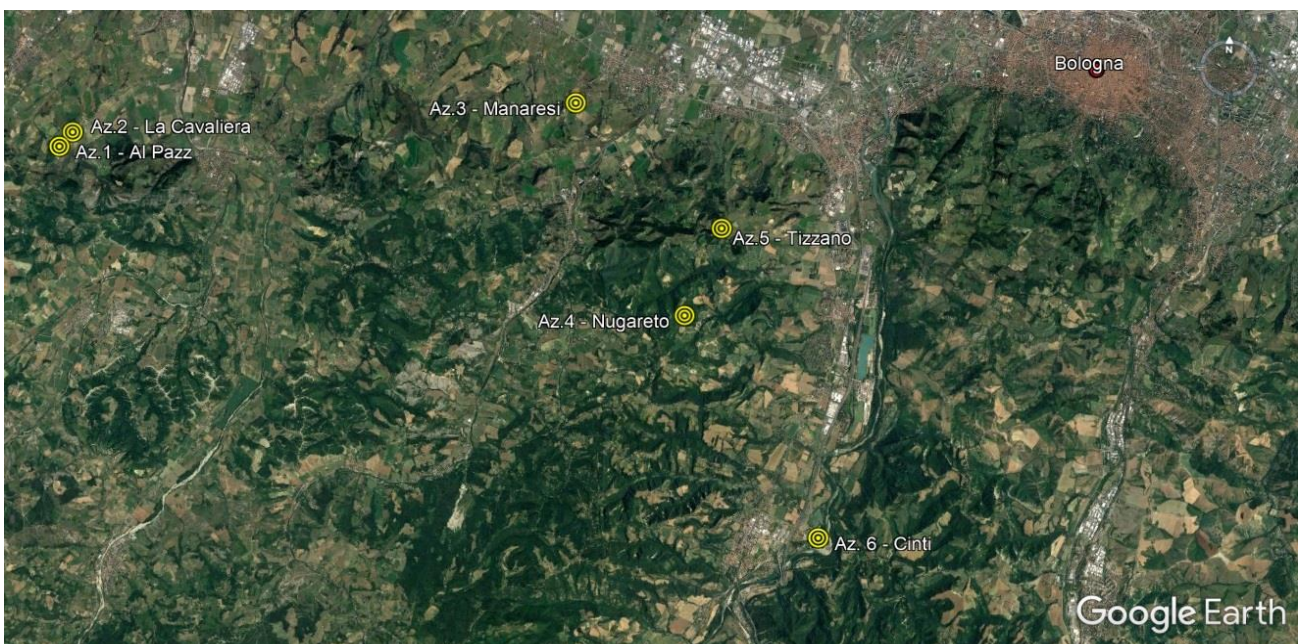
## **2.4 Materiali e metodi**

### **2.4.1 Descrizione dei siti sottoposti ad indagine**

Lo studio è stato condotto in sei aziende vitivinicole (tab. 1), nel corso dell'anno 2016; poste tutte a sud della via Emilia, le stesse sono state numerate sulla base della variazione crescente della longitudine del proprio centro aziendale (fig. 1). In questo studio, la presenza di Imenotteri parassitoidi è stata correlata sia alla eterogeneità delle reti ecologiche che circondano i vigneti che alle infrastrutture ecologiche su scala locale nel vigneto. Nell'indagine è stato selezionato il comprensorio dei Colli bolognesi per la sua importanza nel comparto vitivinicolo. Inoltre, vista la bassa dannosità della tignoletta della vite in tale area, si è voluto indagare sul potenziale ruolo della eterogeneità vegetazionale del paesaggio nell'equilibrare le popolazioni di questo importante fitofago.

**Tabella 1** - Descrizione dei siti oggetto di studio (le coordinate geografiche si riferiscono ai vigneti adiacenti le trappole).

Aziende	Coordinate geografiche	Vitigno	Infrastruttura ecologica	Vegetazione confinante con i siti oggetto di studio
<b>1 – Al Pazz</b> (IPM)	44° 28' 27.5" N 11° 03' 28.1" E	Barbera	Siepe alberata	Vigneto
<b>2 – La Cavaliera</b> (Biologica)	44° 28' 38.0" N 11° 03' 40.9" E	Albana	Siepe alberata	Vigneto
<b>3 – Manaresi</b> (IPM)	44° 29' 06.5" N 11° 11' 58.0" E	Pignoletto	Siepe alberata	Grano
<b>4 – Nugareto</b> (Biologica)	44° 26' 35.2" N 11° 13' 49.9" E	Pignoletto	Bosco	Vigneto, bosco
<b>5 – Tizzano</b> (IPM)	44° 27' 38.3" N 11° 14' 24.8" E	Merlot	Bosco	Vigneto, bosco
<b>6 – Cinti</b> (IPM)	44° 23' 57.7" N 11° 16' 05.8" E	Pignoletto	Siepe alberata	Vigneto, bosco, argine di fiume



**Figura 1** – Mappa collocazione aziende.

### Azienda 1 - “Al Pazz”

L'azienda è ubicata in via Montebudello 57, nella frazione Montebudello del Comune di Monteveglio. Si trova ad un'altitudine di 205 m s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n. 150 del 14 agosto 2012).

Le trappole a feromoni d'aggregazione del tipo a colla sono state posizionate a ridosso di una siepe mista alberata (lunghezza 125 m, larghezza variante da 3,50 m a 15 m), ai bordi di un vigneto a varietà Barbera.

Nelle vicinanze dell'azienda non c'è la presenza di bacini d'acqua o di fiumi; per quanto riguarda i manufatti *in situ* è presente l'abitazione dell'agricoltore con alcuni edifici annessi all'attività

produttiva.

Il paesaggio circostante è caratterizzato da zone calanchive boscate e vigneti.

### **Azienda 2 - “La Cavaliera”**

Come la precedente, l'azienda si trova in via Montebudello; poche centinaia di metri più a valle. Si trova a un'altitudine di 202 metri s.l.m.

La gestione fitosanitaria adottata segue il metodo di produzione dell'Agricoltura Biologica (reg. CE n° 834/2007).

Le trappole sono state posizionate a ridosso di una siepe alberata con dominanza di frassino (lunghezza 155 m, larghezza media 6 m), ai bordi di un vigneto di varietà Albana.

Il paesaggio circostante è caratterizzato soprattutto dalla presenza di vigneti e alcune abitazioni.

### **Azienda 3 - “Manaresi”**

L'azienda è ubicata in via Bertoloni 14, nel territorio del Comune di Zola Predosa, in zona collinare ad un'altitudine di 128 metri s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n. 150 del 14 agosto 2012).

L'installazione delle trappole è stata effettuata in prossimità di una siepe alberata, con predominanza di farnia (lunghezza 165 m, larghezza variante da 6,50 m a 11 m), ai bordi di un vigneto a varietà Pignoletto.

Il paesaggio circostante è caratterizzato dalla presenza di coltivazioni erbacee e vigneti.

### **Azienda 4 - “Nugareto”**

L'azienda è sita in via Nugareto 4, nel territorio del Comune di Sasso Marconi, in zona collinare ad un'altitudine di 315 metri s.l.m.

La gestione fitosanitaria adottata segue il metodo di produzione dell'Agricoltura Biologica (reg. CE n° 834/2007).

Il monitoraggio è stato eseguito ai bordi di un vigneto a varietà Pignoletto, a ridosso di un'infrastruttura ecologica caratterizzata da bosco misto (lunghezza 180 m, larghezza 125 m).

Il paesaggio circostante è contraddistinto soprattutto dalla presenza di boschi.

### **Azienda 5 - “Tizzano”**

L'azienda è sita in via Marescalchi 14, nel territorio del Comune di Casalecchio di Reno, ad un'altitudine di 308 metri s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n.

150 del 14 agosto 2012).

Il monitoraggio è stato eseguito ai bordi di un vigneto a varietà Merlot, in prossimità di un bosco misto (lunghezza 200 m, larghezza 175 m) prevalentemente costituito da robinia.

Il paesaggio circostante è caratterizzato dalla presenza di boschi e vigneti.

#### **Azienda 6 - “Cinti”**

L'azienda si trova in via Gamberi 50, nel territorio del Comune di Sasso Marconi, ad una altitudine di 94 metri s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n. 150 del 14 agosto 2012).

Le trappole sono state posizionate a ridosso di una siepe alberata (lunghezza 160 m, larghezza 5 m), ai bordi di un vigneto a varietà Pignoletto.

Nel paesaggio circostante è ubicato qualche manufatto, ma soprattutto sono presenti grandi fonti idriche, come un bacino di raccolta dell'acqua, un laghetto per esercitazione di vela e soprattutto scorre il fiume Reno, di cui via Gamberi è una parallela. Ogni bacino idrico ha una caratteristica vegetazione ripariale.

La vegetazione circostante è costituita soprattutto da boschi e vigneti.

#### **2.4.2 Campionamento dei parassitoidi**

Il campionamento degli insetti è stato realizzato con trappole Malaise (figg. 2 e 3). In ogni azienda, sono state poste due trappole lungo il bordo di un vigneto, vicino a siepi di confine o altre infrastrutture ecologiche perimetrali. Il sistema di cattura adottato sfrutta la tendenza degli insetti di spostarsi procedendo verso l'alto una volta incontrato un ostacolo durante il volo. La forma a tenda della trappola è realizzata in modo da indirizzare gli insetti all'interno di un recipiente contenente un adatto liquido conservante (soluzione acqua-etanolo al 70%). Le Malaise utilizzate sono in materiale di tessuto sintetico bianco e nero, alte 120 cm, lunghe 150 cm e profonde 100 cm.

Le trappole sono state attive dall'inizio di giugno alla prima metà di ottobre, due settimane al mese per un totale di settanta giorni. I campioni sono stati raccolti una volta al mese e gli insetti sono stati conservati nella stessa soluzione idroalcolica utilizzata per la cattura in cella frigorifera a - 18 °C.

#### **2.4.3 Identificazione degli insetti**

Gli Imenotteri parassitoidi catturati sono stati identificati a livello di famiglia o sottofamiglia. Per l'identificazione a livello di famiglia degli insetti catturati è stata utilizzata la chiave Goulet, H., e Huber, J.T. (1993). Per l'identificazione a livello di sottofamiglia sono state utilizzate le chiavi Wahl e Sharkey (1993), applicabile per la fauna mondiale, e Broad (2011), per la fauna europea.



**Figura 2** – Trappola Malaise.



**Figura 3** – Particolare della manica di raccolta.

#### 2.4.4 Caratterizzazione degli habitat

I diversi tipi di uso e copertura del suolo (tab. 2) sono stati identificati adottando il sistema di classificazione su quattro livelli della legenda del geodatabase di uso/copertura del suolo della Regione Emilia-Romagna.

**Tabella 2** - Quadro riepilogativo delle tipologie di habitat individuate nelle aree oggetto dello studio relativi al primo e quarto livello CLC (Corine Land Cover) del geodatabase di uso/copertura del suolo della Regione Emilia-Romagna 2008.

Livello 1	Livello 4 (Descrizione habitat)	SIGLA
Territori modellati artificialmente	Bacini artificiali di varia natura Tessuto residenziale rado Insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi Aree estrattive inattive Reti stradali e spazi accessori Autodromi e spazi associati Parchi e ville Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci) Tessuto discontinuo	Ax Er Ia Qi Rs Va Vp Vs Ed
Territori agricoli	Vigneti Seminativi in aree non irrigue Seminativi semplici Frutteti e frutti minori Pioppeti Aree prevalentemente occupate da colture agrarie Sistemi colturali e particellari complessi Altre colture da legno (noceti, ecc.) Prati stabili Vivai	Cv Sn Se Cf Cp Ze Zo Cl Pp Sv
Territori boscati e ambienti seminaturali	Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni Boschi misti di conifere e latifoglie Boschi a prevalenza di salici e pioppi Aree con rimboschimenti recenti Aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	Bq Bm Bs Ta Tn
Ambienti delle acque	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa (< 30%) Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante (> 30%)	Af Av

Per i primi tre livelli, il sistema è derivato dalle specifiche del progetto europeo *Corine Land Cover* (CLC), mentre per il quarto livello, incentrato su tematiche specifiche d'interesse regionale, il sistema è derivato dalle specifiche definite a scala nazionale dal gruppo di Lavoro Uso del Suolo del CISIS.

Attorno a ciascun vigneto sono state applicate tre scale di analisi spaziale (*buffer*) di raggi corrispondenti a 200 m, 500 m e 1.000 m (fig. 4), che coprono rispettivamente una superficie di 12.56 ha, 78.5 ha, e 314 ha.

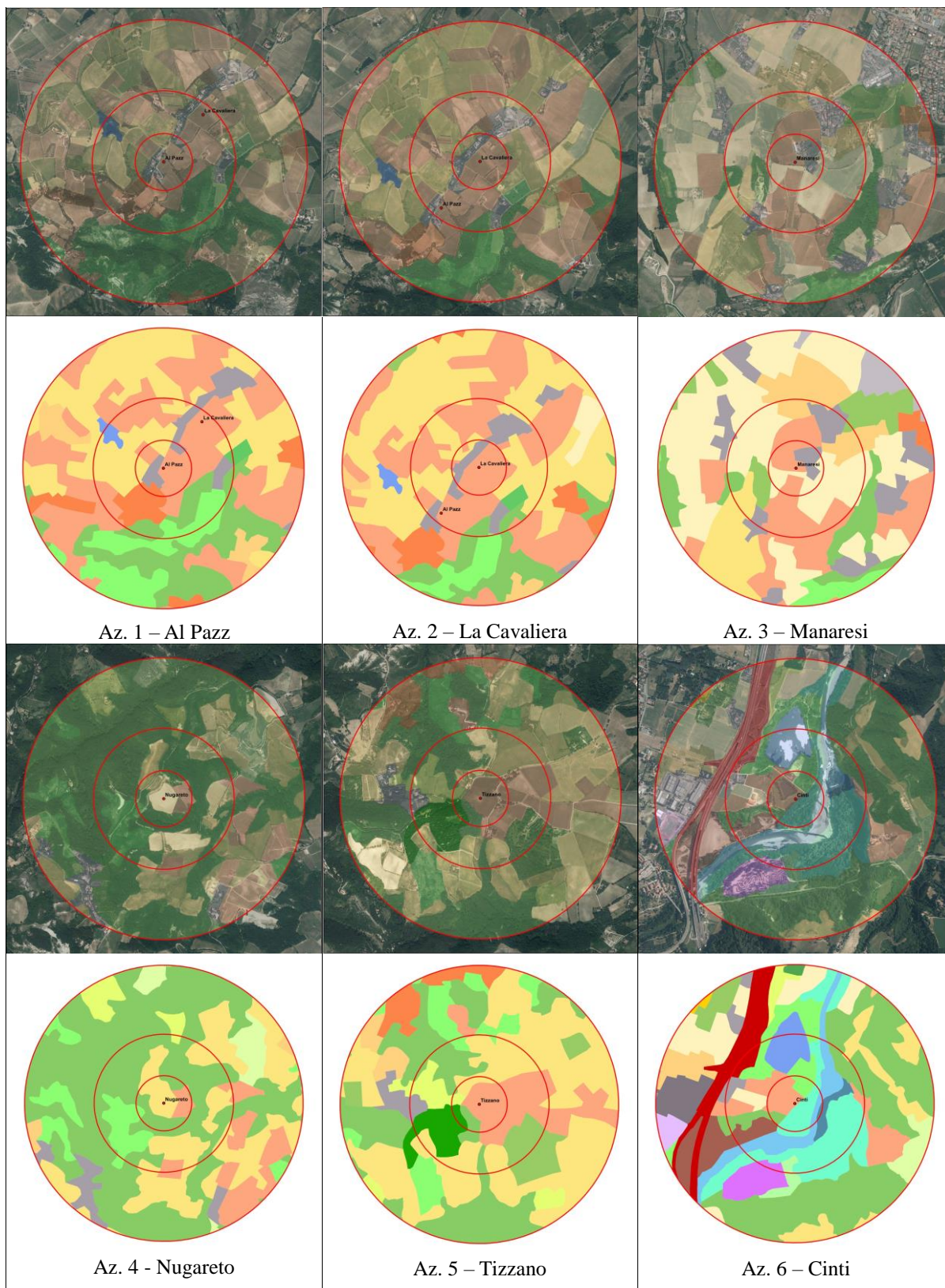
Una volta individuati i diversi habitat e le superfici da essi occupate all'interno dei vari buffer, si è proceduto al loro raggruppamento in quattro categorie principali:

- **Aree coltivate** (Cv, Sn, Se, Cf, Cp, Ze, Zo, Cl, Sv);
- **Aree non coltivate** (Af, Av, Bq, Bm, Bs, Ta, Tn);
- **Aree antropizzate** (Ax, Er, Ia, Qi, Rs, Va, Vp, Vs, Ed);
- **Prati stabili** (Pp).

Tutte le analisi sono state eseguite utilizzando il programma ArcGIS 10 (ESRI) e il Data Base *Uso del Suolo* della Regione Emilia-Romagna 2008 ed. 2011. L'unità minima cartografata è pari a circa 1,56 ettari e i diversi poligoni del geodatabase sono stati digitalizzati facendo riferimento al consolidato principio della identificazione dell'uso/copertura del suolo prevalente, motivo per cui le superfici occupate da siepi di piccole dimensioni e in generale da altri usi e coperture di dimensioni inferiori a tale soglia, non sono state identificate come poligoni a sé stanti.

Er	Tessuto residenziale rado	Cp	Pioppeti colturali
Ed	Tessuto residenziale discontinuo	Cl	Altre colture da legno
Ia	Insedimenti produttivi	Pp	Prati stabili
Rs	Reti stradali	Zo	Sistemi colturali e particellari complessi
Qi	Aree estrattive inattive	Ze	Aree con colture agricole e spazi naturali importanti
Vp	Parchi e ville	Bq	Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni
Vs	Aree sportive	Bs	Boschi a prevalenza di salici e pioppi
Va	Autodromi	Bm	Boschi misti di conifere e latifoglie
Sn	Seminativi non irrigui	Tn	Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione
Se	Seminativi semplici irrigui	Ta	Rimboschimenti recenti
Sv	Vivai	Af	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa
Cv	Vigneti	Av	Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante
Cf	Frutteti	Ax	Bacini artificiali

Legenda



**Figura 4** - Mappe con elementi digitalizzati e buffer.

### 2.4.5 Analisi dei dati

I dati ottenuti sono stati elaborati con analisi multivariata. Con tali analisi si è inteso verificare la presenza di correlazioni tra alcune caratteristiche degli scenari sperimentali (habitat - paesaggi) riconducibili alle dimensioni e all'eterogeneità delle fitocenosi circoscritte dai *buffer* con variabili legate alle popolazioni di insetti costituenti le comunità di parassitoidi (dimensione, numero di famiglie e sottofamiglie, ecc.) ivi insediate.

In via preliminare, è stata eseguita una *Canonical Discriminant Analysis* (CDA) per valutare il contributo di ogni metrica di paesaggio e valutarne il peso relativo nei diversi *buffer*. Lo scopo di questa analisi è stato di selezionare le metriche (% territori non coltivati, % coltivato, % prati stabili, % aree antropizzate) più descrittive da usare nella successiva analisi entomologica dei dati mediante Redundancy Analysis (RDA). Inseguito è stata eseguita una *Redundancy Analysis* (RDA) per ogni *buffer* (200-500-1000m), per correlare le metriche di paesaggio selezionate dalla DCA (% territori non coltivati, % coltivato) coi taxa di Imenotteri parassitoidi. Le analisi multivariate (DCA e RDA) sono state eseguite utilizzando il programma R versione 3.2.

### 2.5 Risultati

Nella tabella 3 sono riportate le superfici (%) dei raggruppamenti citati nel paragrafo inerente alla caratterizzazione dell'habitat (par. 2.4.4). Le superfici sono state ripartite per azienda e a seconda del *buffer* a cui sono state analizzate. La DCA (fig. 5) dimostra come siano due le metriche con maggior contributo discriminante: % territori non coltivati (*non col*) e % aree coltivate (*col*).

La ripartizione percentuale delle superfici per ogni *buffer* e azienda è confrontata graficamente in figura 6.

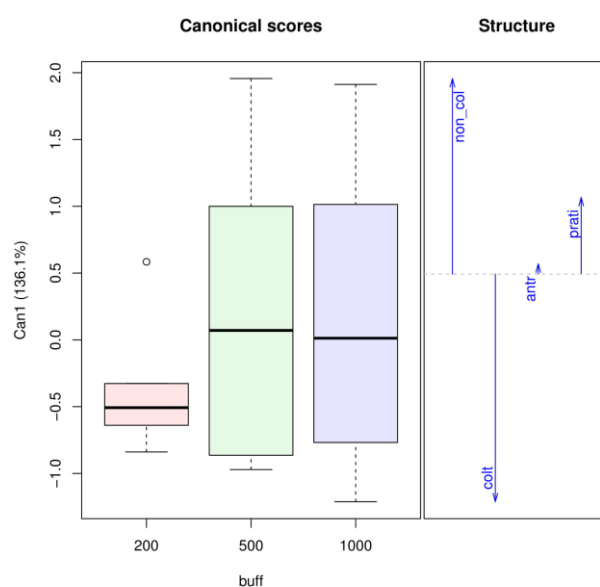
Il numero totale di Imenotteri parassitoidi catturati nei 70 giorni di funzionamento delle 12 trappole Malaise impiegate nella ricerca è stato pari a 10.356 esemplari e la fase di identificazione allo stereomicroscopio ne ha successivamente consentito la suddivisione in 32 famiglie (fig. 7). In particolare, i 1907 Icneumonidi e i 1094 Braconidi sono poi stati suddivisi rispettivamente in 24 e 17 sottofamiglie. I dati relativi alle catture dei parassitoidi (tabb. 4, 5 e 6) sono stati elaborati e confrontati graficamente nelle figure (figg. 8, 9 e 10). Da tali raffronti appare evidente che i parassitoidi catturati nelle 4 aziende site in paesaggi con maggior eterogeneità (aziende 3, 4, 5 e 6) risultano espressione di un numero di famiglie e sottofamiglie decisamente superiore.

I parassitoidi catturati in maggior numero appartengono alle seguenti famiglie: Ichneumonidae (18%), Diapriidae (14%), Braconidae (11%), Mymaridae (9%), Scelionidae (8%) ed Eulophidae (6%).



**Tabella 3** – Raggruppamento degli habitat e superfici occupate (%).

<b>Azienda - buffer 200 m</b>	Aree non coltivate	Aree coltivate	Aree antropizzate	Prati stabili
Az.1 - Al Pazz	0	78,8	21,2	0
Az.2 - La Cavaliera	0	80,5	19,5	0
Az.3 - Manaresi	0	78,4	21,6	0
Az.4 - Nugareto	42,3	57,7	0	0
Az.5 - Tizzano	20,2	74,8	0	5
Az.6 - Cinti	63	36,8	0,2	0
<b>Azienda - buffer 500 m</b>	Aree non coltivate	Aree coltivate	Aree antropizzate	Prati stabili
Az.1 - Al Pazz	18,5	71,3	10,2	0
Az.2 - La Cavaliera	4,6	81,7	13,7	0
Az.3 - Manaresi	1,9	81,7	16,5	0
Az.4 - Nugareto	65,5	34	0	0,5
Az.5 - Tizzano	28,1	53,9	10	8
Az.6 - Cinti	65,9	15,9	18,2	0
<b>Azienda - buffer 1000 m</b>	Aree non coltivate	Aree coltivate	Aree antropizzate	Prati stabili
Az.1 - Al Pazz	23,9	71,6	4,5	0
Az.2 - La Cavaliera	12,4	82	5,6	0
Az.3 - Manaresi	9,2	71,9	18,9	0
Az.4 - Nugareto	59,1	35,1	3,1	2,7
Az.5 - Tizzano	32,6	55,7	8	3,7
Az.6 - Cinti	50,8	23,7	24	1



**Figura 5** – Canonical scores dei tre diversi buffer sulle metriche di paesaggio, calcolati mediante DCA. L'analisi permette anche la selezione delle metriche che esprimono il maggior contributo, mediante la lunghezza dei vettori corrispondenti.

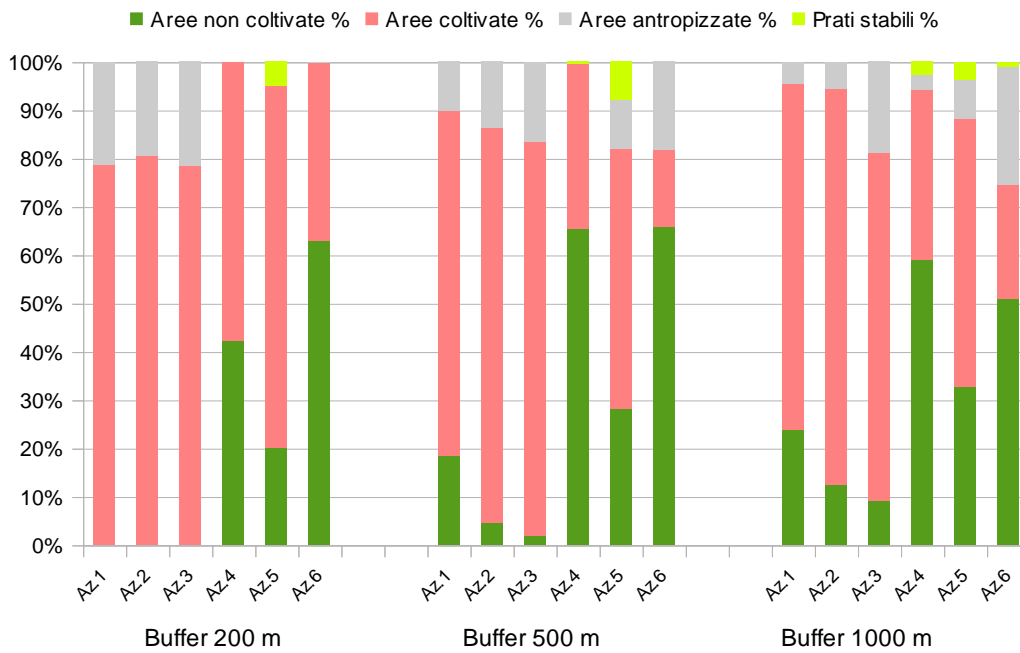


Figura 6 – Caratterizzazione degli habitat in relazione ai diversi *buffer* considerati.

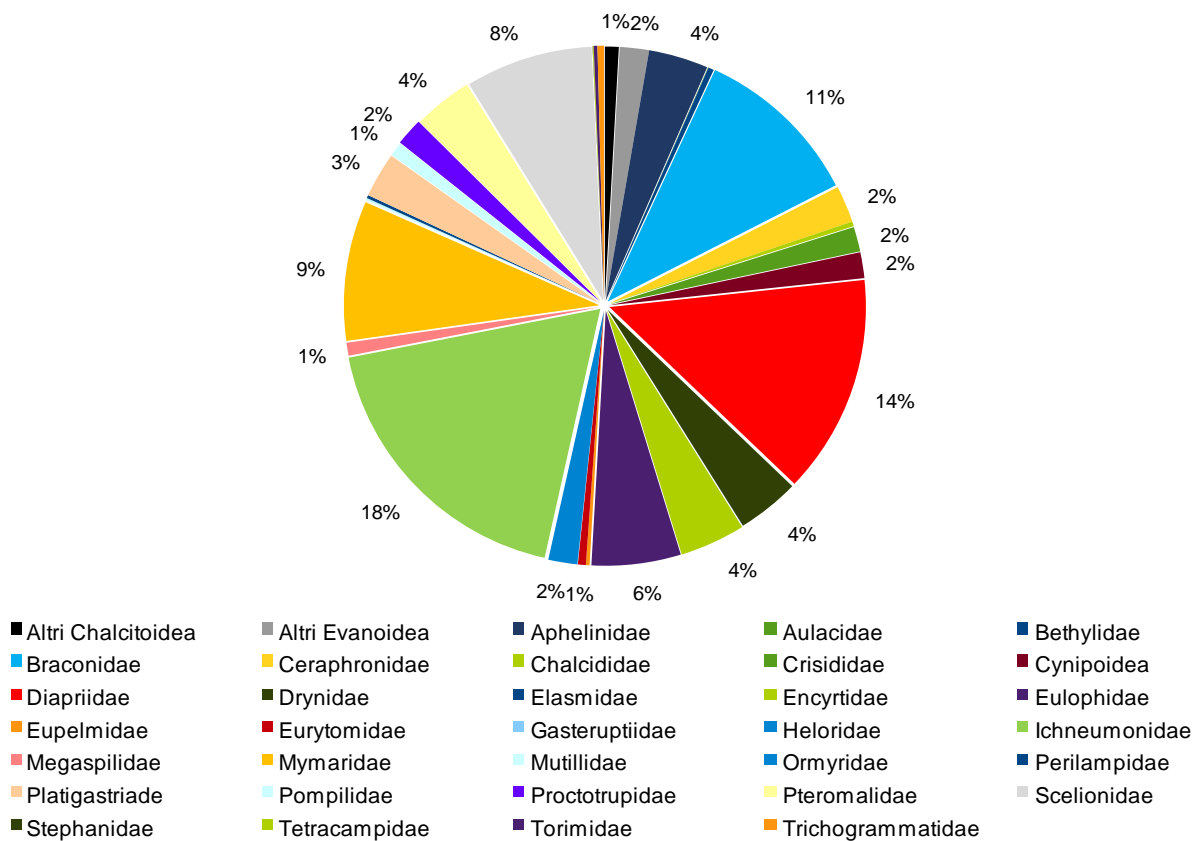


Figura 7 – Abbondanze relative (%) delle famiglie di parassitoidi catturate in tutti i vigneti campionati. N = 10.536.

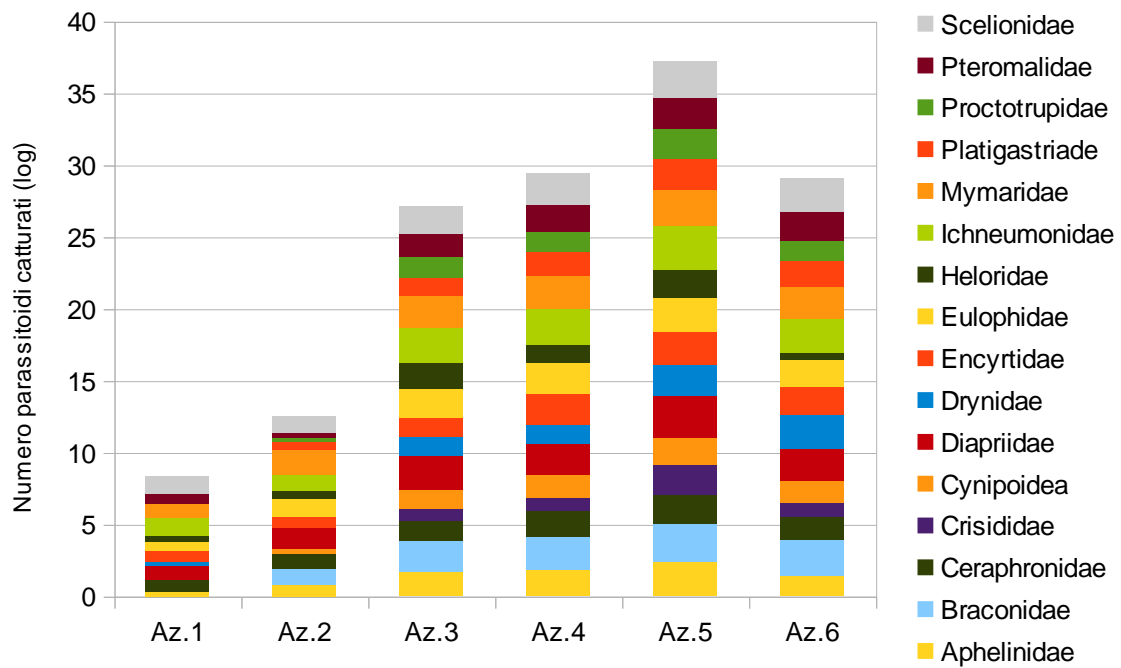


Figura 8 - Parassitoidi catturati in ogni azienda (famiglie più abbondanti).

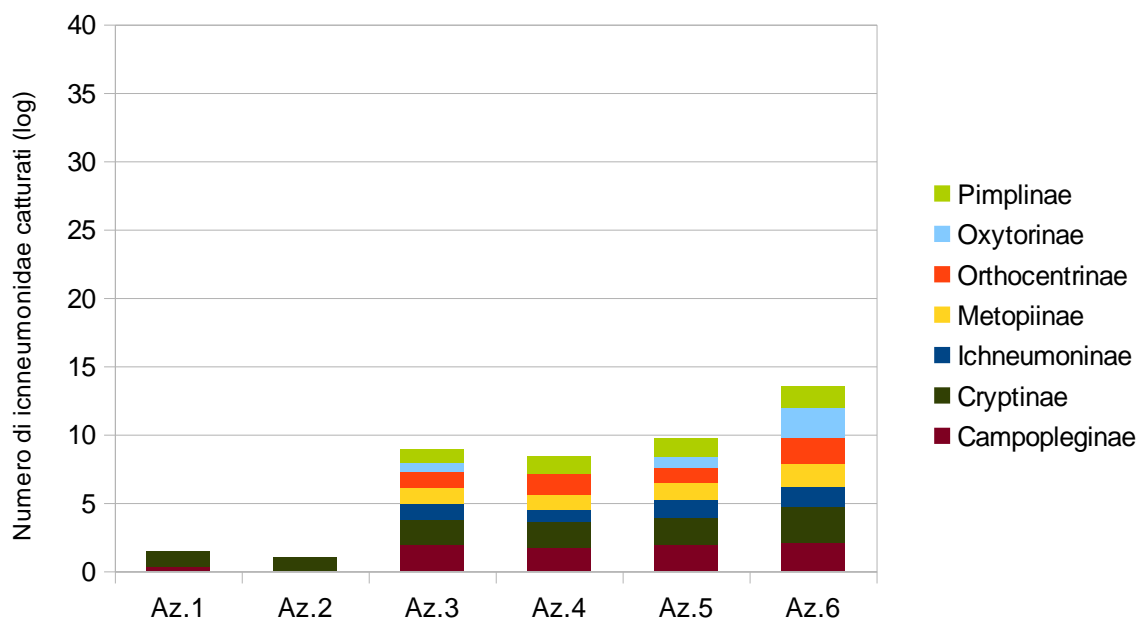


Figura 9 - Icnemonidi catturati in ogni azienda (sottofamiglie più abbondanti).

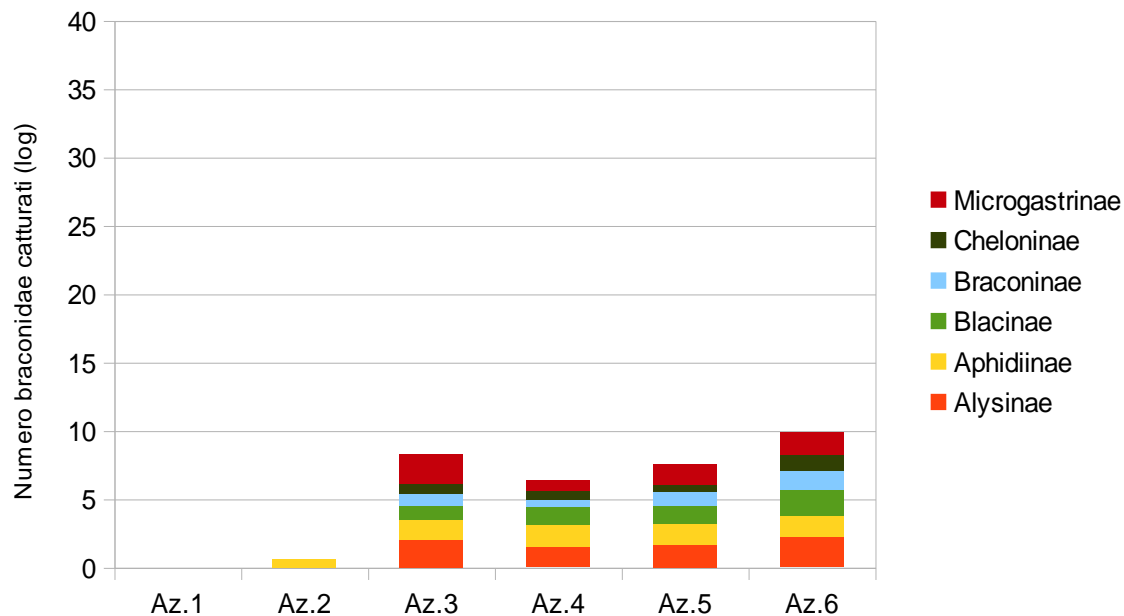


Figura 10 - Braconidi catturati in ogni azienda (sottofamiglie più abbondanti).

Tabella 4 – Medie giornaliere delle catture di Imenotteri parassitoidi per trappola.

Famiglia	Az. 1 Al Pazz	Az. 2 La Cavaliera	Az. 3 Manaresi	Az. 4 Nugareto	Az. 5 Tizzano	Az. 6 Cinti
Aphelinidae	0,01	0,04	0,38	0,51	1,65	0,19
Aulacidae					0,02	
Bethylidae		0,01	0,06	0,01	0,08	0,11
Braconidae	0,02	0,07	0,96	1,24	3,09	2,43
Ceraphronidae	0,05	0,09	0,19	0,49	0,64	0,28
Chalcididae				0,03	0,11	0,09
Crisididae			0,05	0,05	0,98	0,07
Cynipoidea	0,01	0,01	0,13	0,29	0,57	0,22
Diapriidae	0,07	0,23	1,76	1,13	5,77	1,29
Drynidae	0,01	0,01	0,15	0,15	1,14	1,46
Elasmidae						0,01
Encyrtidae	0,04	0,04	0,14	0,94	1,29	0,61
Eulophidae	0,03	0,11	0,83	0,94	1,61	0,62
Eupelmidae	0,01		0,03	0,04	0,05	0,04
Eurytomidae	0,01		0,05	0,2	0,05	0,06
Gasteruptiidae			0,01	0,01		
Heloridae	0,02	0,03	0,44	0,14	0,7	0,02
Ichneumonidae	0,13	0,11	1,9	2,76	7,36	1,86
Megaspilidae	0,01	0,01	0,17	0,1	0,19	0,13
Mymaridae	0,07	0,36	1,18	1,51	2,3	1,14
Mutillidae			0,03	0,04		0,04
Ormyridae				0,01		

<b>Famiglia</b>	<b>Az. 1 Al Pazz</b>	<b>Az. 2 La Cavaliera</b>	<b>Az. 3 Manaresi</b>	<b>Az. 4 Nugareto</b>	<b>Az. 5 Tizzano</b>	<b>Az. 6 Cinti</b>
Perilampidae			0,01	0,01	0,09	0,04
Platigastriade	0,01	0,03	0,15	0,33	1,15	0,45
Pompilidae	0,01		0,14	0,12	0,09	0,31
Proctotrupidae		0,01	0,19	0,16	0,75	0,17
Pteromalidae	0,04	0,01	0,3	0,59	1,11	0,73
Scelionidae	0,11	0,1	0,63	1,1	2,4	1,6
Stephanidae			0,01	0,01		
Tetracampidae					0,02	0,02
Torimidae			0,01	0,01	0,14	
Trichogrammatidae		0,03	0,06	0,04	0,06	0,11
Altri Chalcitoidea	0,03	0,03	0,04	0,16	0,3	0,09
Altri Evanoidea	0,04	0,01	0,42	0,09	0,51	0,3

**Tabella 5** - Medie giornaliere delle catture di Imenotteri Ichneumonidae per trappola.

<b>Ichneumonidae Sottofamiglie</b>	<b>Az. 1 Al Pazz</b>	<b>Az. 2 La Cavaliera</b>	<b>Az. 3 Manaresi</b>	<b>Az. 4 Nugareto</b>	<b>Az. 5 Tizzano</b>	<b>Az. 6 Cinti</b>
Adelognathinae				0,01		0,01
Anomaloninae				0,01		
Banchinae	0,01	0,01	0,01	0,03	0,09	
Brachycyrtinae			0,1	0,04	0,04	0,03
Campopleginae	0,01	0,01	0,35	0,57	0,81	0,6
Cremastinae				0,02	0,01	
Cryptinae	0,17	0,07	0,55	0,66	2,91	0,51
Ctenopelmatinae			0,11	0,13	0,24	0,04
Cylloceriinae						0,01
Diacritinae					0,01	
Diplazontinae			0,07	0,01	0,09	0,04
Hybrizontinae		0,01	0,01	0,12	0,26	0,08
Ichneumoninae			0,06	0,16	0,22	0,09
Mesochorinae			0,02	0,04	0,08	0,1
Metopiinae			0,09	0,11	0,36	0,1
Ophioninae			0,03		0,02	0,02
Orthocentrinae		0,01	0,25	0,09	0,53	0,12
Orthopelmatinae					0,02	
Oxytorinae				0,04	1,15	0,03
Pimplinae		0,01	0,14	0,16	0,26	0,07
Poemeninae			0,01	0,01	0,14	
Tersilochinae			0,01	0,01		
Tryphoninae			0,08	0,01	0,07	0,01
Xoridinae	0,01		0,01	0,01	0,04	0,01

**Tabella 6** - Medie giornaliere delle catture di Imenotteri Braconidae per trappola.

Braconidae Sottofamiglie	Az. 1 Al Pazz	Az. 2 La Cavaliera	Az. 3 Manaresi	Az. 4 Nugareto	Az. 5 Tizzano	Az. 6 Cinti
Agathidinae			0,01			0,04
Alysinae		0,01	0,23	0,32	1,25	0,8
Aphidiinae		0,03	0,26	0,24	0,26	0,11
Blacinae		0,01	0,16	0,14	0,54	0,09
Brachistinae			0,01		0,07	
Braconinae			0,02	0,09	0,16	0,05
Cheloninae			0,04	0,02	0,12	0,04
Doryctinae	0,01		0,08	0,06	0,07	0,06
Euphorinae			0,01	0,06	0,19	0,04
Gnamptodontinae	0,01			0,02	0,01	
Helconinae					0,04	
Homolobinae			0,04	0,01		0,03
Macrocentrinae			0,01		0,02	0,01
Microgastrinae	0,01		0,04	0,45	0,31	0,94
Miracinae		0,01	0,03	0,01	0,01	
Rogadinae				0,01	0,01	0,04
Opiinae		0,02	0,03	0,04	0,03	0,11

### Analisi delle correlazioni fra metriche e famiglie parassitoidi

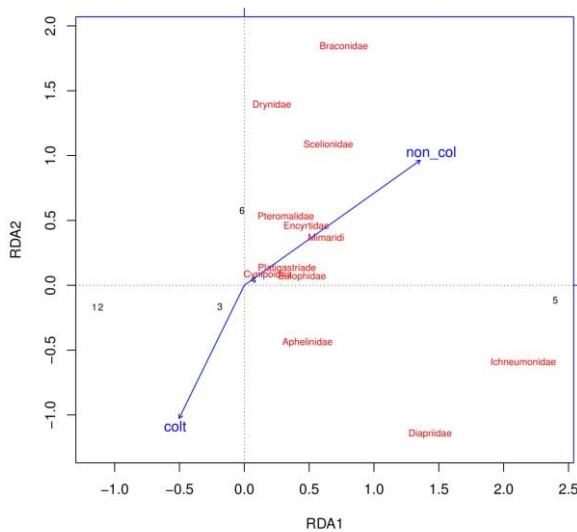
Dall'osservazione del Box Plot di figura 5 si evince che la distribuzione della frequenza delle variabili ambientali nelle aree circoscritte dai *buffer* da 500 m e 1000 m è molto simile. Tale circostanza ha orientato le successive elaborazioni statistiche mediante RDA verso i soli *buffer* con caratteristiche evidentemente differenti, quelli da 200 m e 500 m.

Successivamente, è stata svolta un'analisi multivariata mediante RDA per i diversi *buffer*, analizzando le correlazioni tra i vettori che rappresentavano *colt* (aree coltivate) e l'indicatore *non col* (aree non coltivate) con le famiglie di insetti. In particolare, l'analisi mostra che:

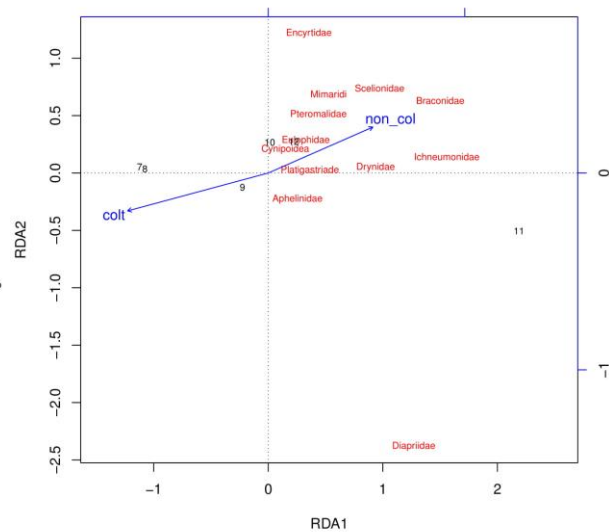
- Famiglie parassitoidi a *buffer* 200 m; sul biplot si possono riconoscere numerose famiglie posizionate sul grafico in accordo con il gradiente crescente *non col* e correlate negativamente con l'indicatore *col*. Il primo asse spiega più del 90% della variabilità. Le famiglie che hanno mostrato maggiore correlazione positiva con la variabile *non col* sono risultate: Scelionidi, Drinidi, Braconidi, Icneumonidi, Mimaridi, Encirtidi, Pteromalidi (fig. 11).
- Famiglie parassitoidi a *buffer* 500 m; la concentrazione in un unico grande gruppo delle principali famiglie è indice di una generale correlazione positiva con l'indice *non col* e di una correlazione negativa con l'indice *colt*. Il primo asse spiega più del 90% della variabilità. Le famiglie maggiormente correlate positivamente con *non col* sono risultate: Braconidi,

Pteromalidi, Mimaridi, Scelionidi, Drinidi e Icneumonidi (fig. 12).

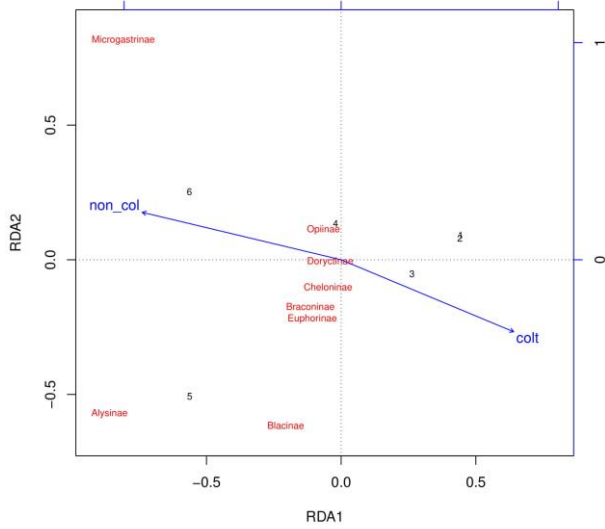
- Sottofamiglia Icneumonidi a buffer 200 m; alcune sottofamiglie sono posizionate sul grafico in accordo con il gradiente crescente *non col*, in particolare la sottofamiglia delle Campopleginae risulta fortemente correlata positivamente con l'indice *non col* e fortemente correlata negativamente con l'indice *col*. Il primo asse spiega più del 90% della variabilità (fig. 13).
- Sottofamiglia Icneumonidi a buffer 500 m; le correlazioni determinate sono sostanzialmente le stesse individuate per il buffer 200 m (fig. 14).
- Sottofamiglia Braconidi a buffer 200 m; Microgastrinae e Alysiinae mostrano forti correlazioni positive espresse con l'indice *non col* e forti correlazioni negative con l'indice *colt*. Il primo asse spiega più del 90% della variabilità (fig. 15).
- Sottofamiglia Braconidi a buffer 500 m; le correlazioni determinate sono sostanzialmente le stesse individuate per il *buffer* 500 m. Il primo asse spiega più del 90% della variabilità (fig. 16).



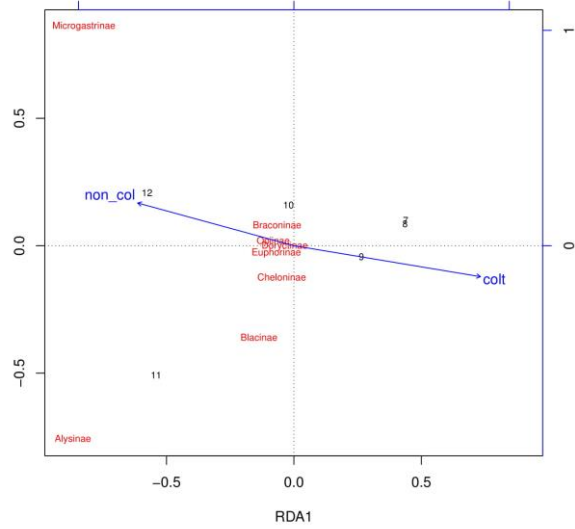
**Figura 11** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali famiglie di parassitoidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 200 m). Proporzioni di varianza spiegata dagli assi: 0.93 (I asse) e 0.07 (II asse). Autovalori; 9.5 (I asse), 0.75 (II asse).



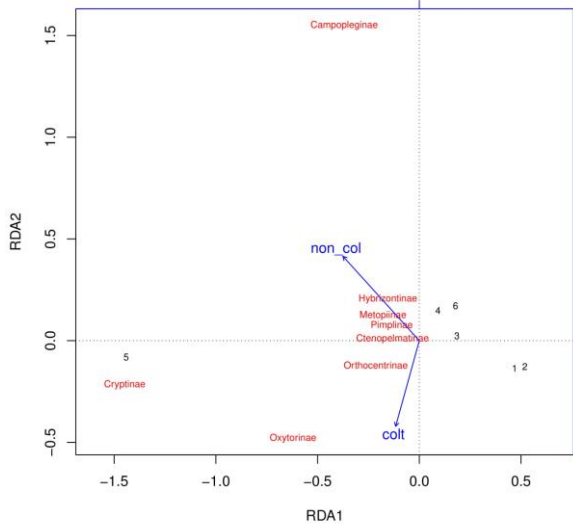
**Figura 12** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali famiglie di parassitoidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 500 m). Proporzioni di varianza spiegata dagli assi: 0.93 (I asse) e 0.07 (II asse). Autovalori; 4.1 (I asse), 0.30 (II asse).



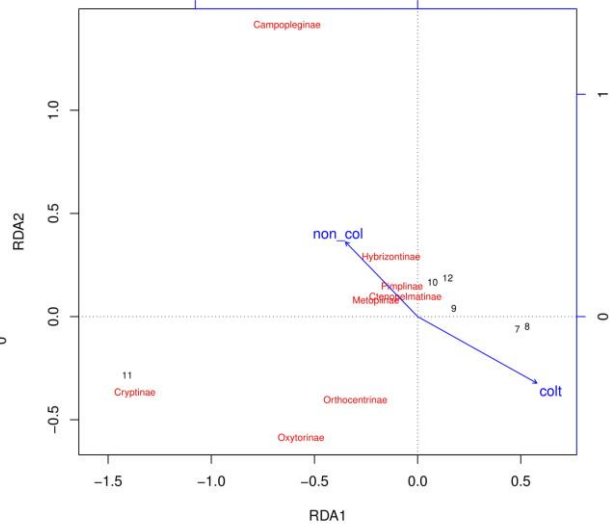
**Figura 13** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali sottofamiglie di Braconidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 200 m). Proporzione di varianza spiegata dagli assi: 0.77 (I asse) e 0.23 (II asse). Autovalori; 0.22 (I asse), 0.06 (II asse).



**Figura 14** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali sottofamiglie di Braconidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 500 m). Proporzione di varianza spiegata dagli assi: 0.92 (I asse) e 0.07 (II asse). Autovalori; 0.26 (I asse), 0.02 (II asse).



**Figura 15** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali sottofamiglie di Ichneumonidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 200 m). Proporzione di varianza spiegata dagli assi: 0.95 (I asse) e 0.05 (II asse). Autovalori; 0.91 (I asse), 0.03 (II asse).



**Figura 16** – Grafico di ordinamento della RDA delle principali sottofamiglie di Ichneumonidi e dei fattori ambientali “coltivato” e “non coltivato”, (*buffer* 500 m). Proporzione di varianza spiegata dagli assi: 0.88 (I asse) e 0.12 (II asse). Autovalori; 0.23 (I asse), 0.03 (II asse).



Come si può facilmente verificare, in ognuno dei contesti studiati la direzione di *colt* è tendenzialmente parallela alla direzione di *non col* ma di verso opposto, segno che i due indici, come ci si aspetta, sono correlati negativamente fra loro e con la biodiversità dei parassitoidi. La % di territori non coltivati risulta quindi la variabile chiave nel descrivere la biodiversità delle famiglie di parassitoidi. Da notare come il vettore *non col* nel *buffer* di 200 sia di dimensioni maggiori rispetto allo stesso vettore nel *buffer* a 500 metri; questo indica un maggior contributo della variabile *non col* nel *buffer* di 200 m nello spiegare la biodiversità degli Imenotteri parassitoidi. Per confermare questa ipotesi, sono state eseguite le correlazioni lineari fra le abbondanze delle famiglie di Imenotteri importanti nel vigneto che sono risultate maggiormente associate alla variabile *non col*, oppure più abbondanti (tab. 7). Come si può notare le famiglie dei Braconidi e degli Scelionidi mostrano un coefficiente di correlazione statisticamente significativo per  $P < 0,05$  ( $R=0,81$  per Braconidi;  $R=0,84$  per gli Scelionidi). Inoltre, anche le altre famiglie studiate (Icneumonidi e Mimaridi) mostrano  $R$  fra 0,69 (Mimaridi) o 0,67 (Icneumonidi), anche se non statisticamente significativi ( $P > 0,05$ ). Le suddette famiglie, per il *buffer* di 500 m e 1000 m, mostrano  $R$  non significativi e di valore nettamente inferiore rispetto alle correlazioni ottenute per il *buffer* di 200 m. La tabella 8 mostra che i coefficienti di correlazione per le principali famiglie di parassitoidi sono tutti statisticamente significativi. In accordo con altri studi (Loni e Lucchi, 2014), i dati ottenuti appaiono coerenti con l'ipotesi che la famiglia dei Braconidi rappresenti un indicatore biologico adatto per caratterizzare l'habitat vigneto.

**Tab. 7** - Matrice di correlazione fra la variabile *non col* (% territori non coltivati) nei diversi *buffer* e le abbondanze delle principali famiglie di parassitoidi.  $*=P<0.05$  (correlazione lineare di Pearson).

<b>Buffer</b>	<b>Braconidi</b>	<b>Icneumonidi</b>	<b>Scelionidi</b>	<b>Mimaridi</b>
200 m	<b>0.81 *</b>	0.67	<b>0.84 *</b>	0.69
500 m	0.51	0.38	0.57	0.32
1000 m	0.51	0.43	0.60	0.39

**Tab. 8** - Matrice di correlazione fra le principali famiglie di parassitoidi.  $*=P<0.05$  (correlazione lineare di Pearson).

<b>Famiglie</b>	<b>Braconidi</b>	<b>Icneumonidi</b>	<b>Scelionidi</b>	<b>Mimaridi</b>
Braconidi	1	<b>0.91 *</b>	<b>0.98 *</b>	<b>0.91 *</b>
Icneumonidi		1	<b>0.94 *</b>	<b>0.97 *</b>
Scelionidi			1	<b>0.91 *</b>
Mimaridi				1

## 2.6 Conclusioni

Le indagini sviluppate nel presente studio hanno consentito di evidenziare una notevole diversità di Imenotteri parassitoidi, rappresentati da ben 32 famiglie e 41 sottofamiglie.

L'ambiente analizzato, meno antropizzato rispetto a vigneti di pianura, mostra comunque differenze evidenti fra le aziende: 4 delle quali mostrano livelli di biodiversità maggiore.

Il fattore ambientale rappresentato dalla % *non colt* ha mostrato il maggior contributo nello spiegare la biodiversità degli Imenotteri.

Le famiglie di Imenotteri (Braconidi, Icneumonidi, Selionidi e Mimaridi) più correlate con *non col*, e che rivestono maggior importanza nel vigneto, sembrano più influenzate dal *buffer* di 200 m, dato giustificabile se si considera la limitata mobilità degli Imenotteri. Questo studio conferma che la presenza di spazi non coltivati, come ad esempio siepi alberate e boschi, favoriscono le popolazioni di questi Imenotteri.

È ipotizzabile che l'elevata biodiversità degli Imenotteri sostenuta dalla complessità ecologica degli ambienti di studio, possa essere messa in relazione con le ridotte popolazioni di *Lobesia botrana* (effetto *top down*). Anche la percentuale di superficie a vigneto, nettamente inferiore a quella riscontrabile nelle zone di pianura limitrofe (Modena e Reggio Emilia), può concorrere a un decremento di popolazione di *L. botrana*.

Una prova preliminare eseguita lo stesso anno (2016) negli stessi areali, pur non avendo consentito una raccolta sistematica di dati (nella maggior parte delle aziende non è stato possibile ottenere parassitoidi sfarfallati da larve di *L. botrana* per la bassissima presenza del fitofago), ha mostrato punte di parassitizzazione fino al 30% in una delle poche aziende infestate.

## 2.7 Ringraziamenti

Le analisi territoriali e le elaborazioni in ambiente GIS sono state svolte dal prof. Daniele Torreggiani del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna.

## 2.8 Bibliografia

- Altieri, M. A., Ponti, L., Nicholls, C. I., 2005. Manipulating vineyard biodiversity for improved insect pest management: case studies from northern California. *The International Journal of Biodiversity Science and Management*, 1(4), 191-203.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Wilson, H., Miles, A., 2011. Habitat management in vineyards: a growers manual for enhancing natural enemies of pests. Laboratory of Agroecology. *University of California, Berkeley*.
- Anderson, A., McCormack, S., Helden, A., Sheridan, H., Kinsella, A., Purvis, G., 2011. The potential of parasitoid Hymenoptera as bioindicators of arthropod diversity in agricultural grassland. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 382-390.
- Bianchi, F. J., Booij, C. J. H., Tscharntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Burgio, G., Marchesini, E., Reggiani, N., Montepaone, G., Schiatti, P., Sommaggio, D., 2016. Habitat management of organic vineyard in Northern Italy: the role of cover plants management on arthropod functional biodiversity. *Bulletin of entomological research*, 106(6), 759-768.
- Chinery, M., Manicasteri, C., Infanti, O., 1987. *Guida degli insetti d'Europa: atlante illustrato a colori*. Franco Muzzio.
- Diekotter, T., Crist, T., 2013. Quantifying habitat-specific contributions to insect diversity in agricultural mosaic landscape. *Insect Conservation and Diversity*, 6(5), 607-618.
- Dolphin K. P, Quicke D. L. J, 2001. Estimating the global speciesrichness of incompletely described taxa: an example using parasitoid wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 73(3), 279-86.
- Duso, C., Torresan, L., Vettorazzo, E., 1993. La vegetazione spontanea come riserva di ausiliari: considerazioni sulla diffusione degli Acari Fitoseidi (Acari: Phytoseiidae) in un vigneto e sulle piante spontanee contigue. *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura*, 25, 183-203.
- Gauld, I., Bolton, B., 1988. The Hymenoptera. *Oxford University Press in association with British Museum* (Natural History).
- Goulet, H., Huber, J. T., 1993. Hymenoptera of the world: an identification guide to families. Research Branch, Agriculture Canada.
- Hirao, T., Murakami, M. and Oguma, H., 2008. Functional spatial scale of community composition change in response to wind throw disturbance in a deciduous temperate forest. *Ecological Research*, 23(2), 249-258.

- Ingels, C. A., 1998. Cover cropping in vineyards: a grower's handbook (Vol. 3338). University of California, Agriculture and Natural Resources.
- Jones, O. R., Purvis, A., Baumgart, E., Quicke, D. L., 2009. Using taxonomic revision data to estimate the geographic and taxonomic distribution of undescribed species richness in the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Insect Conservation and Diversity*, 2(3), 204-212.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., Gurr, G. M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology*, 45(1), 175-201.
- Letourneau, D. K., Jedlicka, J. A., Bothwell, S. G., Moreno, C. R., 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 573-592.
- Loni, A., Lucchi, A., 2014: Hymenoptera Parasitoid, a Suitable Biodiversity Resource for Vineyard Environmental Discrimination. *Journal of Agricultural Science*, 6(12), 36-106.
- Quicke, D. L., 2014. The braconid and ichneumonid parasitoid wasps: biology, systematics, evolution and ecology. John Wiley & Sons.
- Rand, A., Tylianakis, J. M., Tschardtke, T., 2006. Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecology letters*, 9(5), 603-614.
- Scaramozzino, P. L., Di Giovanni, F., Loni, A., Ricciardi, R., Lucchi, A., 2018. Updated list of the insect parasitoids (Insecta, Hymenoptera) associated with *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera, Tortricidae) in Italy. 2. Hymenoptera, Ichneumonidae, Anomaloniinae and Campopleginae. *ZooKeys*, (772), 47.
- Scarratt, S. L., Wratten, S. D., Shishehbor, P., 2008. Measuring parasitoid movement from floral resources in a vineyard. *Biological Control*, 46(2), 107-113.
- Shaw, M.R., 1999. Gregarious development in endoparasitic koinobiont Ichneumonidae (Hymenoptera). *Entomologist's Gazette*, 50, 55-56.
- Shaw, R. M., Hochberg, E. M., 2001. The neglect of parasitic Hymenoptera in insects conservation strategies: The British fauna as a prime example. *Journal of Insects Conservation*, 5(4), 252-263.
- Shaw, R. M., 2006. Habitat considerations for parasitic wasps (Hymenoptera). *Journal of Insects Conservation*, 10(2), 117-127.
- Straub, C., Finke, D., Snyder, W., 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? *Biological Control*, 45(2), 225-237.
- Thies, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos*, 101(1), 18-25.

- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Westphal, C., 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses. *Biological Reviews*, 87(3), 661-685.
- Viggiani G., 2003. Functional biodiversity for the vineyard agroecosystem: aspects of the farm and landscape management in Southern Italy. *IOBC/WPRS Bulletin*, 26 (4), 197-202.
- Yu D.S., van Achterberg C., Horstmann K., 2005. World Ichneumonoidea 2004. Taxonomy, biology, morphology and distribution. CD/DVD. Taxapad, Vancouver, Canada.
- Yu, D.S., van Achterberg C., Horstmann K., 2012. *Taxapad 2012, Ichneumonoidea 2011. Database on flash drive*. Ottawa, Ontario. Available online at <http://www.taxapad.com> (letto il 15 July 2017).

### **3. Potenzialità di piante trappola nella riduzione della diffusione di *Halyomorpha halys* nel frutteto**

#### **3.1 Riassunto**

Nel presente capitolo è descritta la ricerca attraverso la quale è stato studiato l'effetto di specifiche IE come piante trappola nei confronti di *Halyomorpha halys*. In particolare, si è comparato il potenziale espresso da alcune specie di leguminose, nell'attrarre e trattenere il pentatomide in modo da evitare, o almeno limitare, possibili danni alla frutta di due pereti siti in provincia di Bologna.

In una prima prova, realizzata durante l'estate 2017 presso un'azienda agricola ubicata nel Comune di San Giovanni in Persiceto (BO), sono state confrontate due tipi di piante-trappola a maturazione precoce (favino e pisello). In una seconda prova, realizzata durante l'estate 2017 presso un'azienda agricola ubicata nel Comune di Crevalcore, sono state utilizzate due tipi di piante-trappola a maturazione tardiva (soia e fagiolino); nella medesima azienda, durante l'estate 2018, sono state confrontate due varietà di favino a maturazione scalare.

Nella prima prova, le dinamiche delle popolazioni di *H. halys* presenti nelle piante-trappola sono state stimate sulla base di indagini visive settimanali che hanno consentito di constatare che il favino risulta molto più attraente per l'insetto di quanto non lo sia il pisello.

Per quanto riguarda la seconda prova, durante la quale oltre ad indagini visive sono stati realizzati campionamenti con retino da sfalcio, è la soia ad aver mostrato maggior capacità attrattiva rispetto al fagiolino.

Nell'ultima indagine, nella quale sono state adottate le già citate analisi visive e i campionamenti con retino da sfalcio, è emerso che le problematiche innescate da una inefficace gestione delle specie vegetali spontanee sviluppatesi tra le piante trappola non hanno consentito al favino di esprimere il proprio potenziale attrattivo nei confronti del fitofago.

Ancorché preliminari, i risultati di queste sperimentazioni possono essere considerati una base di partenza per sviluppare strategie efficaci nell'uso di piante trappole volte a controllare la dannosità di *H. halys*; tra queste, l'approccio *attract and kill* sembra rappresentare un campo d'indagine interessante per ricerche future.

#### **3.2 Introduzione**

*Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) è nota anche come cimice marmorizzata marrone (*Brown marmorated stink bug* - BMSB), è un insetto altamente invasivo nativo della Cina, Giappone, Taiwan e Repubblica di Corea (Lee *et al.*, 2013) che, laddove accidentalmente introdotta dall'uomo tramite traffici commerciali, ha colonizzato rapidamente nuovi territori (Maistrello *et al.*,

2014). A partire dalla metà degli anni '90, tale specie è stata segnalata negli USA e successivamente in Europa (indicazioni più approfondite circa la diffusione dell'insetto sono descritte nel cap. 5).

In Italia, il primo avvistamento risale al 2012, quando un esemplare venne catturato nei pressi di Modena, in Emilia-Romagna (Maistrello *et al.*, 2016). Nel volgere di pochi anni, caratteristiche come la grande capacità di sviluppo e di diffusione delle popolazioni consentirono all'insetto di elevare sensibilmente il proprio livello d'infestazione; già nell'estate 2015, in diversi pereti modenesi si registrarono perdite di raccolto fino al 60% tra i frutteti a gestione integrata, e fino al 90% in quelli a gestione biologica (Tomasini *et al.*, 2017).

La necessità di proteggere le colture da questo pericoloso fitofago, la cui gestione risulta particolarmente complessa a causa della sua etologia, è stata affrontata nella «fase di emergenza» con l'impiego massivo di insetticidi ad ampio spettro di azione, mettendo a repentaglio le consolidate e collaudate strategie di difesa integrata in Emilia-Romagna (Tomasini *et al.*, 2017).

Finora, infatti, la difesa chimica è stata il principale metodo di controllo con il quale agricoltori e tecnici hanno cercato di fronteggiare l'avversità, nonostante diversi limiti tecnici evidenziati (efficacia, persistenza e selettività delle sostanze attive).

Per queste ragioni al fine di proteggere adeguatamente le colture del territorio, si è imposta l'esigenza di testare tecniche e strategie inusuali e, per alcuni aspetti, innovative. Una fra tali tecniche consiste nel realizzare particolari IE seminando nelle vicinanze dei frutteti essenze erbacee particolarmente attrattive per *H. halys*, capaci di intercettare e trattenere l'insetto in modo da evitare che questi entri nella coltura da proteggere (*trap cropping*).

### 3.2.1 Inquadramento tassonomico di *Halyomorpha halys*

<b>Dominio</b>	Eukaryota
<b>Regno</b>	Animalia
<b>Phylum</b>	Arthropoda
<b>Classe</b>	Insecta
<b>Ordine</b>	Hemiptera
<b>Sottordine</b>	Heteroptera
<b>Famiglia</b>	Pentatomidae
<b>Genere</b>	<i>Halyomorpha</i>
<b>Specie</b>	<i>H. halys</i>

### 3.2.2 Morfologia e ciclo vitale

Gli adulti di *Halyomorpha halys* sono facilmente riconoscibili grazie alle bande scure alternate della fascia addominale, ai tarsi chiari delle zampe posteriori e alle due fasce chiare sulle antenne (fig. 1). Se confrontate con altre cimici fitofaghe, gli adulti di *Halyomorpha halys* sono relativamente grandi, 12-17 mm di lunghezza (Hoebeke e Carter, 2003), con le femmine di solito più grandi rispetto ai maschi. Gli adulti maschi possono essere ulteriormente distinti dalle femmine per la forma dell'ultimo segmento addominale ventrale per la presenza di strutture utili alla copula (*claspers*).

Le uova sono di norma deposte sul lato inferiore di foglie spesso in gruppi di 28 (Kawada e Kitamura, 1983); il colore verde chiaro iniziale vira al bianco in prossimità della schiusa. La fase di sviluppo dell'uovo richiede solitamente dai 3 ai 6 giorni (Rice *et al.*, 2014). Lo sviluppo postembrionale si svolge attraverso 5 stadi (2 da neanide e 3 da ninfa) nei quali l'insetto passa da una colorazione di colore rosso-giallastro fino ad assumere progressivamente l'aspetto marmorizzato tipico dello stadio adulto.

Le neanidi di prima età hanno addome rossastro con macchie nere, teste nere e occhi rossi e sono lunghe circa 2,4 mm; alla schiusa cominciano a nutrirsi delle uova (Taylor *et al.*, 2014).

Dopo 3-5 giorni, compaiono le neanidi di seconda età, dalla lunghezza approssimativa di 3,7 millimetri, riconoscibili per l'addome appiattito e grigiastro, con macchie scure e occhi neri. In questo stadio l'insetto è capace di muoversi attivamente sulle piante ospite e di nutrirsi attraverso l'apparato boccale pungente succhiante.

Le ninfe del terzo stadio appaiono 12-13 giorni dopo la schiusa e sono caratterizzate da un addome più scuro e più grande (circa 5,5 mm di lunghezza). Le forme giovanili del quarto e quinto stadio emergono 19-20 e 26-27 giorni dopo la schiusa e misurano rispettivamente circa 8,5 e 12 mm di lunghezza. Sono entrambi molto simili e iniziano a presentare il tipico colore brunastro dell'adulto con abbozzi alari più sviluppati (Hoebeke e Carter, 2003).

### 3.2.3 Biologia

Anche se alcuni autori (Hoffman, 1931) riportano che nel sud della Cina può svilupparne fino a 6, si ritiene che nella maggior parte del paese di origine *H. halys* possa presentare 1 o 2 generazioni (Cuituan *et al.*, 1993); due generazioni annue sono quelle ritenute consuete per l'area centro americana (Nielsen *et al.*, 2008).



Uno studio effettuato in provincia di Modena (Emilia-Romagna – Italia) attribuisce all'insetto due generazioni dagli elevati tassi riproduttivi suggerendo probabili dinamiche demografiche di crescita e diffusione delle popolazioni in aree caratterizzate da climi mediterraneo/temperati (Costi *et al.*, 2017).



**Figura 1** – Esemplare adulto di *Halyomorpha halys*.

*Halyomorpha halys* sverna in forma adulta in rifugi naturali e artificiali e, per questa abitudine, l'insetto è ritenuto anche un fastidioso infestante degli ambienti domestici, specie in ambito rurale, poiché nella stagione fredda, decine o centinaia di cimici entrano nelle abitazioni suscitando avversione e disgusto, anche a causa delle sgradevoli emissioni odorose (Maistrello *et al.*, 2014).

L'attitudine degli insetti a raggrupparsi in gran numero è dovuta al rilascio da parte del maschio di un feromone di aggregazione bicomponente costituito da due stereoisomeri, il (3*S*, 6*S*, 7*R*, 10*S*)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol e il (3*R*,6*S*,7*R*,10*S*)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (Zhang *et al.*, 2013; Khrimian *et al.*, 2014; Weber, 2018).

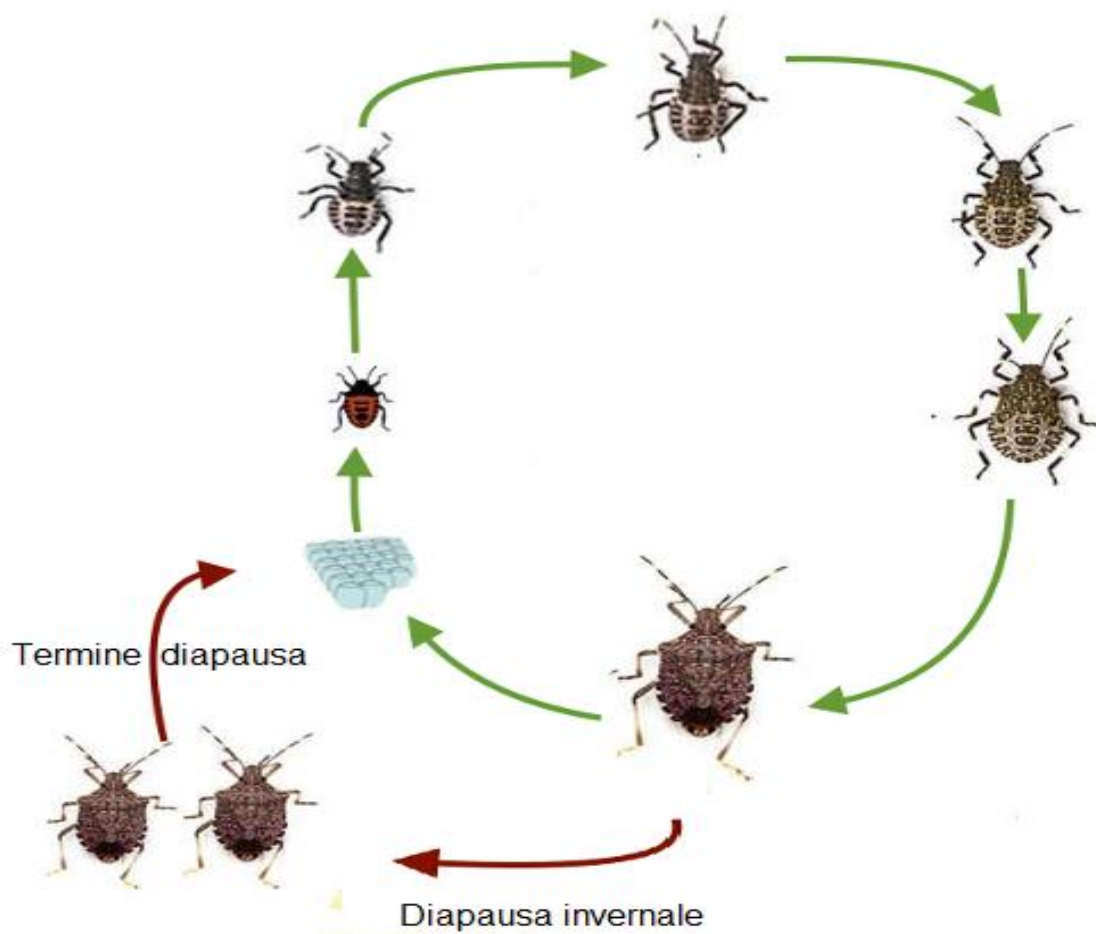
Gli adulti cercano rifugio a partire dalla terza decade di settembre fino a inizio novembre, e dopo il periodo di diapausa, ridiventano attivi a partire dalla terza decade di marzo fino alla fine di maggio. La diapausa è probabilmente innescata dall'interazione tra fotoperiodo e temperatura (Yanagi e Hagihara 1980; Rice *et al.*, 2014).

Dopo aver lasciato i suoi siti di svernamento, è probabile che *H. halys* utilizzi arbusti e alberi di legno duro come fonti alimentari intermedie prima di passare alle colture (Nielsen e Hamilton, 2009). È stato osservato che gli adulti dell'insetto sono in grado di percorrere 2 km in un periodo di 24 ore (Rice *et al.*, 2014).

Dopo 148 giorni, la femmina svernante è nuovamente capace di riprodursi (Nielsen *et al.*, 2008).

In Italia, una prima ovideposizione è stata registrata a metà maggio (Costi *et al.*, 2017).

Uno schema del ciclo biologico dell'insetto è riportato in figura 2.



**Figura 2** – Ciclo biologico di *Halyomorpha halys*.

### 3.2.4 Piante ospiti e danno economico

*Halyomorpha halys* è un parassita polifago capace di nutrirsi su un'ampia varietà di piante coltivate e spontanee con una predilezione per Rosacee e Fabacee (Hoebeke e Carter, 2003). Come già evidenziato, l'insetto è pericoloso per i danni che può provocare a moltissime piante coltivate, in particolare a tutte le piante da frutto, con predilezione per mele, pere, pesche, albicocche, prugne, ciliege, kiwi e vite, a quasi tutti gli ortaggi, alle leguminose (soia, pisello, favino), ai cereali (mais, grano) ma anche a numerose piante ornamentali (Leskey *et al.*, 2012a).

Oltre a ridurre la commerciabilità dei frutti formati o in via di formazione, quando *H. halys* inserisce il proprio stiletto boccale in boccioli di fiori e giovani corpi fruttiferi causandone l'aborto prematuro riduce anche direttamente l'allegagione e la conseguente resa produttiva. L'insetto è

inoltre noto per essere un vettore di agenti patogeni come il saccaromicete *Eremothecium coryli*, che causa la decomposizione della frutta (Rice *et al.*, 2014).

### 3.2.5 Strategie di difesa

#### 3.2.5.1 Lotta biologica

Nei paesi di origine, le popolazioni di *H. halys* sono controllate da diversi antagonisti naturali. Tra tutti gli Imenotteri, i Ditteri e altri artropodi predatori, le specie dei generi *Trissolcus* sono i nemici naturali più efficaci, con livelli di parassitizzazione compresi tra il 63 e l'85% (Cuituan *et al.*, 1993). Negli Stati Uniti e in Europa sono stati realizzati diversi studi di campo sui potenziali antagonisti indigeni: in tali occasioni, ovature sentinella ottenute in allevamenti sono state collocate in diversi contesti ambientali per verificarne i tassi di parassitizzazione e/o di predazione. Ciò che appare certo è che l'attività dei nemici naturali nei confronti delle uova risulta variare a seconda dell'ecosistema (Leskey, *et al.*, 2012a; Abram *et al.*, 2017).

Nelle zone nordamericane ed europee colonizzate da *H. halys* sono stati individuati tre gruppi principali di parassitoidi oofagi: Scelionidae (*Telenomus*, *Trissolcus* e *Gryon* spp.), Eupelmidae (*Anastatus* spp.) e Encyrtidae (*Ooencyrtus* spp.). Tra questi, *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) sembra prevalere nelle colture orticole e negli habitat dei frutteti, mentre *Anastatus* spp. (Hymenoptera: Eupelmidae) e *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) prevalgono negli habitat urbani, seminaturali e forestali. I ditteri della famiglia Tachinidae sembrano prevalere tra i parassitoidi degli insetti adulti e delle ninfe (Aldrich *et al.*, 2006; Abram *et al.*, 2017).

In particolare, in Svizzera e in Italia, sono state segnalate diverse specie capaci di parassitizzare con successo le uova: *Anastatus bifasciatus*, *Trissolcus cultratus*, *Ooencyrtus telenomicida* e alcuni non identificati *Trissolcus* e *Telenomus* spp. (Haye *et al.*, 2015; Roversi *et al.*, 2017).

La conoscenza dei predatori di *H. halys* deve ancora essere approfondita; tuttavia, sono state realizzate prove di laboratorio con predatori oofagi appartenenti a varie famiglie di artropodi (Ortotteri: Tettigoniidae e Gryllidae - Coleoptera: Carabidae - Dermaptera: Forficulidae - Araneae: Salticidae). Diverse Imenotteri Vespoidei (Crabronidae) e diversi ragni (appartenenti alle famiglie Theridiidae, Pholcidae e Agelenidae) sono stati invece osservati nutrirsi di adulti e ninfe di *H. halys* (Lara *et al.*, 2016; Morrison *et al.*, 2016; Biddinger *et al.*, 2017; Morrison *et al.*, 2017).

Altri studi hanno ulteriormente posto in evidenza l'attitudine di alcuni insetti di predare *H. halys* solo in particolari stadi di sviluppo: Acrididi, *Coccinella septempunctata*, *Podisus maculiventris* (ninfe e adulti) riducono il tasso di schiusa delle uova. Predatori di Emitteri, tra cui *Nabis* spp. e *Reduviidae*, limitano la sopravvivenza delle neanidi del primo stadio. Allo stesso modo, *Nabis* spp. e le ninfe di *P. maculiventris* riducono la sopravvivenza delle neanidi di secondo stadio (Pote e Nielsen, 2017).

L'assenza di un singolo predatore in grado di attaccare *H. halys* in tutte le fasi della vita implica che un buon controllo biologico di questo parassita può essere fornito solo da una comunità di predatori e non da una unica specie. Tale situazione non promuove, in relazione al controllo delle popolazioni di *H. halys* in ambito agricolo, l'efficacia della lotta biologica aumentativa e dell'impiego di attrattivi chimici per una sola specie di predatori (Pote e Nielsen, 2017).

Tuttavia, la comunità dei predatori può essere migliorata attraverso strategie colturali come la lotta biologica conservativa, l'uso di piante trappola o l'interconnessione con colture che attraggono i predatori (Blaauw e Isaacs, 2012; Soergel *et al.*, 2015; Nielsen *et al.*, 2016). Inoltre, l'uso responsabile dei metodi di controllo chimici, come la scelta di trattare solo i margini delle coltivazioni, può proteggere ulteriormente i nemici naturali all'interno degli appezzamenti e contemporaneamente sopprimere *H. halys* nelle zone dove è più abbondante (Blaauw *et al.*, 2015).

### **3.2.5.2 Impiego di insetticidi**

Il controllo chimico di *Halyomorpha halys* rappresenta ancora la strategia più utilizzata. In particolare, nel contesto della protezione dei frutteti, il numero di trattamenti antiparassitari è stato aumentato e l'intervallo tra gli stessi diminuito (Leskey, *et al.*, 2012b). Ciò nonostante, essendo *H. halys* una specie in continuo movimento tra diverse colture e molte piante selvatiche, è decisamente improbabile che al termine della distribuzione in campo dell'insetticida la maggior parte della popolazione dell'insetto possa risultarne sufficientemente aspersa. Per tale motivo, la persistenza dei diversi formulati è considerata un punto importante per la valorizzazione della loro efficacia come strumenti di gestione del fitofago (Leskey *et al.*, 2014).

I principi attivi più efficaci sono stati identificati tra piretroidi (beta-cyfluthrin, bifenthrin, permethrin, fenpropathrin, lambda-cyhalothrin, zetacypermethrinbifentrina), neonicotinoidi (dinotefuran, clothianidin, thiamethoxam), carbammati (methomyl, oxamyl), organofosfati e organoclorurati (Kuhar e Kamminga, 2017).

La maggior parte dei composti in uso hanno comunque un'attività ad ampio spettro che - prendendo di mira anche popolazioni di insetti utili oltre ai parassiti - può complicare fino a rendere incompatibile qualsiasi strategia integrata di gestione dei parassiti (Leskey, *et al.*, 2012b; Kuhar e Kamminga, 2017).

In questo scenario, appare utile studiare attentamente la biologia e l'etologia di *H. halys* e mettere a punto una gestione fitosanitaria integrata efficace e sostenibile. Utili indicazioni in questo senso vengono dall'applicazione di una particolare strategia utilizzata negli Stati Uniti (Blaauw *et al.*, 2015) denominata «tattica IPM-CPR (*Integrated pest management - Crop perimeter restructuring*)». La IPM-CPR consiste in trattamenti ripetuti eseguiti quasi esclusivamente sui bordi

perimetrali dei frutteti al fine di intercettare l'insetto che, come già detto, tende a concentrarsi sulle piante dei filari più esterni (Tommasini *et al.*, 2017).

Allo stesso modo, un singolo trattamento tempestivo sui bordi del campo di soia può essere efficace nel ridurre in modo significativo le popolazioni di insetti, mentre consente di limitare la quantità di insetticidi distribuiti e preservare un habitat per i nemici naturali nella parte centrale non trattata del campo (Rice *et al.*, 2014).

### **3.2.5.3 Reti multifunzionali**

Fra i mezzi tecnici alternativi di controllo di *H. halys* sono state sperimentate anche le reti multifunzionali che già da alcuni anni si stanno diffondendo per la gestione di altri importanti parassiti delle pomacee come, ad esempio, la carpocapsa.

Prove di campo in pereti siti in Emilia-Romagna, protetti da reti antigrandine e reti antinsetto nelle declinazioni monofila e monoblocco, hanno evidenziato un buon controllo del fitofago con una riduzione significativa dei trattamenti antiparassitari anche con il solo utilizzo delle reti antigrandine (Tomasini *et al.*, 2017). Il costo degli impianti sembra essere per ora il vero deterrente alla diffusione di tali sistemi.

### **3.2.5.4 Infrastrutture ecologiche come piante trappola**

*H. halys* è un insetto altamente polifago portato a muoversi attraverso il paesaggio alla ricerca di cibo e di piante su cui ovideporre le cui caratteristiche variano nel tempo e nello spazio. La preferenza per le piante ospiti muta in base allo stadio di sviluppo della pianta e alla fase di vita dell'insetto. A causa di quest'ultima particolarità appare evidente che una monocoltura di piante trappola può offrire cibo per l'insetto per un periodo limitato. Tale constatazione è di fondamentale importanza poiché, al fine di evitare che il fitofago invada la coltura che si intende proteggere, è necessario fornirgli con una certa continuità una fonte alternativa di cibo di alta qualità e ciò suggerisce che le IE dovrebbero essere costituite da combinazioni appropriate di specie vegetali (Mizell *et al.*, 2008).

A livello di paesaggio, è stato verificato che *H. halys* tende a considerare l'ambiente in cui si muove come un complesso di corridoi e barriere rappresentati da diversi blocchi di vegetazione e spazi aperti (Tewksbury *et al.*, 2002, Mizell *et al.*, 2008). Di conseguenza, la collocazione delle piante trappola dovrebbe essere tale da intercettare in modo appropriato gli insetti in movimento prima che raggiungano le colture che s'intende proteggere, dovrebbe cioè collocarsi tra queste ultime e siti di svernamento, altre colture, aree incolte, ecc. Se le aree coltivate non coprono grandi estensioni, è possibile seminare piante trappola lungo l'intero perimetro; tuttavia, tale scelta non sembra necessaria se le colture sono circondate da grandi spazi aperti (Mizell *et al.*, 2008).

Una possibilità di utilizzo che sta destando interesse è l'uso di piante trappola all'interno di una strategia "Attract and Kill", ottenuta mediante trattamento insetticida delle cimici attratte e trattenute da queste piante (Morrison *et al.*, 2016; Kuhar e Kamminga, 2017).

### **3.3 Materiale e metodi**

#### **3.3.1 Descrizione dei siti sottoposti ad indagine**

La ricerca è stata condotta nel corso del biennio 2017-2018, in due aziende frutticole site in provincia di Bologna.

##### **Azienda - "Bonzagni"**

L'azienda è sita in via Cento, 105/1, nel territorio del Comune di San Giovanni in Persiceto, in frazione San Matteo della Decima, ad un'altitudine di 21 metri s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n. 150 del 14 agosto 2012).

Il pereto in cui è stata condotta la prova è costituito da Abate Fétel, Kaiser, Williams e Conference. Alcune varietà sono parzialmente protette da reti antigrandine.

Sesto d'impianto: distanza tra i filari 4 m; distanza delle piante sul filare 2 m per Abate Fétel e 2,5 m per Williams, Kaiser e Conference. Le superfici occupate dalle diverse varietà sono indicate nella didascalia di figura 3.

Durante la stagione 2017, negli appezzamenti adiacenti erano presenti le seguenti colture: mais, soia, patate e barbabietole da zucchero.

##### **Azienda - "Il Pascolone"**

L'azienda è sita in via Pascolone, 1760, nel territorio del Comune di Crevalcore, in frazione Sammartini, ad un'altitudine di 20 metri s.l.m.

Dal punto di vista fitosanitario l'azienda è gestita in IPM - Integrated Pest Management - (D.Lgs n. 150 del 14 agosto 2012).

Il pereto in cui è stata condotta la prova è costituito da Abate Fétel e William ed è coperto da reti antigrandine; nel 2018 sono state aggiunte due reti antinsetto a protezione del primo e dell'ultimo filare. Sono rimasti scoperti i lati costituiti dalle testate dei filari.

Sesto d'impianto: distanza tra i filari 3,7 m; distanza delle piante sul filare 1,3 m. La varietà Abate Fétel occupa una superficie di 3,3 ha. La varietà William occupa una superficie di 1,5 ha.

Durante la stagione 2017, negli appezzamenti adiacenti erano presenti le seguenti colture: mais e soia, alle quali si è sostituito il grano nella stagione 2018.

### 3.3.2 Descrizione delle prove

Le prove in campo sono state tre:

- I. Prova – Az. agricola “Bonzagni” – Confronto tra favino e pisello (2017)
- II. Prova – Az. Agricola “Il Pascolone” - Confronto tra fagiolino e soia (2017)
- III. Prova – Az. Agricola “Il Pascolone” - Confronto tra due varietà di favino (2018)

#### I Prova – Az. agricola “Bonzagni” – Confronto tra favino e pisello (2017)

Nel contesto della prova in campo, favino (*Vicia faba L. var. minor*) e pisello (*Pisus sativum L.*) sono stati seminati su due vaste aree di circa 0,5 ha l’una, una collocata tra i filari di Kaiser e Abate Fétel, più ad est, e l'altra tra i filari di Williams e Abate Fétel più ad ovest (fig. 3), in modo da realizzare due strisce vegetate - larghe 3 m e lunghe 140 m - disposte parallelamente ai filari del pereto. Le aree attraversavano l'intero frutteto da Nord a Sud e erano poste a 1/3 e 2/3 dell'appezzamento considerando la direzione Ovest-Est.



**Figura 3** – Immagine da satellite dell'azienda “Bonzagni”: 1. Abate Fétel (16 filari con rete antigrandine; sup. 0,84 ha); 2. Kaiser (8 filari; sup. 0,42 ha); 3. Williams (4 filari; sup. 0,21 ha); 4. Transetto 1 (favino e pisello); 5. Transetto 2 (favino e pisello); 6. Abate Fétel (9 filari con rete antigrandine; sup. 0,47 ha); 7. Kaiser (8 filari; sup. 0,42 ha); 8. Transetto 4 (favino e pisello); 9. Transetto 3 (favino e pisello); 10. Abate Fétel (4 filari; sup. 0,21 ha); 11. Kaiser (8 filari; sup. 0,42 ha); 12. Conference (8 filari con rete antigrandine; sup. 0,42 ha); 13. Kaiser (3 filari con rete antigrandine; sup. 0,16 ha); 14. Campo di barbabietola; 15. Campo di grano; 16. Campo di soia; 17. Campo di patate; 18. Edifici agricoli e abitazione dell’agricoltore.

Il letto di semina è stato preventivamente trattato con Glifosate (2L/ha). La semina delle leguminose è stata realizzata in data 08/03/2017 con una seminatrice pneumatica a 4 cm di profondità e con distanze 50 cm x 4,1 cm per il favino (varietà Prothabat 69) e 25 cm x 4,1 cm per il pisello (varietà Avenger). L'emergenza di entrambe le colture è iniziata in data 21 marzo.

Le piante non sono mai state irrigate.

La fioritura del pisello è iniziata il 6 maggio e il 16 maggio per il favino.

Al fine di scongiurare la migrazione verso il frutteto della grande popolazione di *H. halys* presente sulle piante trappola, in data 27 giugno si è proceduto ad un trattamento insetticida a base di Clorpirifos metile. Le date dei trattamenti effettuati contro la cimice nel frutteto e i prodotti utilizzati sono elencati nella tabella 1.

All'interno di ciascuna delle aree in cui sono state seminate le piante trappola (fig. 4) sono stati individuati quattro transetti di 20 m x 3 m di dimensione. Transetti della stessa estensione sono stati scelti sulla prima fila di peri, a ovest di ciascuno dei transetti già determinati sulle file di favino e pisello. Contemporaneamente sono stati creati 4 transetti di controllo sul primo e sull'ultimo filare del frutteto (fig. 5).

A partire dal 5 Giugno fino al 4 luglio, sono state condotte analisi visive sulla presenza di *H. halys* in tutti i transetti. L'attività ha avuto scansione settimanale (5 ripetizioni) ed è iniziata sempre alle 8,30 di mattina.

Inizialmente era stata pianificata una valutazione post-raccolta dei danni provocati da *H. halys* sulle pere; tuttavia, la valutazione non si è potuta realizzare poiché in data 10 luglio i frutti sono stati fortemente danneggiati da una grandinata.

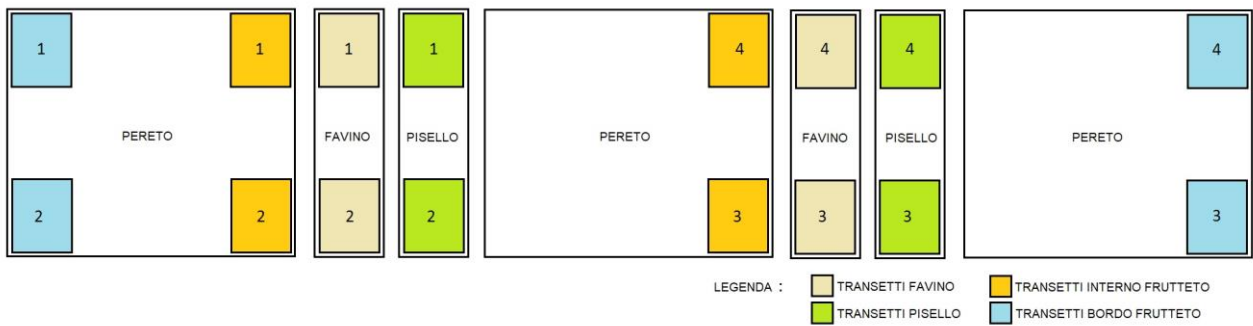
**Tabella 1** - Trattamenti insetticidi contro *H. halys* effettuati nel 2017.

<b>Prodotto fitosanitario - sostanza attiva</b>	<b>Data</b>
CLORPIRIFOS METILE	20/03/2017
ACETAMIPRID	17/04/2017
CLORPIRIFOS METILE	06/05/2017
ACETAMIPRID	31/05/2017
FOSMET	09/06 2017
INDOXACARB	26/06/2017
FOSMET	06/07/2017
ETOFENPROX	17/08/2017





**Figura 4** – Piante trappola: pisello (a sinistra) e favino (a destra).



**Figura 5**– Schema della dislocazione dei transetti

## **II Prova – Az. Agricola “Il Pascolone” – Confronto tra fagiolino e soia (2017)**

Nella seconda prova sono state poste a confronto due diverse leguminose a maturazione tardiva: *Phaseolus vulgaris* L. (fagiolino) e *Glycine max* L. (soia).

La disposizione delle piante trappola in questo studio è stata progettata prendendo in considerazione il comportamento migratorio espresso da *H. halys*. Un complesso di edifici agricoli e case fatiscenti - in parte in fase di ristrutturazione - sono stati considerati (anche attraverso conversazioni con gli agricoltori) come probabili siti di svernamento del fitofago. Per tale motivo le piante trappola sono state seminate tra questi edifici e il frutteto, in modo di intercettare l'insetto nel suo spostamento tra i siti di svernamento e la coltura da proteggere (fig. 6).

La soia è stata seminata con una seminatrice pneumatica in un'area larga 3 metri tra gli edifici e il campo di mais (lato est); il fagiolino è stato seminato tra il campo di mais (lato ovest) e il pereto, anch'esso su una fascia di terreno larga 3 metri (fig. 7). Entrambi i lotti sono stati seminati per tutta la lunghezza (nord-sud) del frutteto (250 m) e del campo di mais (230 m).

La distanza di semina adottata è stata 50 x 4.8 cm e la profondità di 4 cm in entrambi i casi.

Le piante non sono mai state irrigate.

Le varietà scelte sono state la Buenos per la soia, e la Friverde per il fagiolino.

L'area è stata trattata con Glifosate (2 L/ ha) prima della semina.

L'emergenza della soia è avvenuta il 27 marzo, mentre il pisello il 24 marzo.

Le date dei trattamenti contro *H. halys* a cui è stato sottoposto il frutteto e i prodotti utilizzati sono elencati nella tabella seguente (tab. 2).

Nelle parti terminali a sud e a nord di entrambe le IE, sono stati delimitati due transetti di 16 m x 3 m di dimensione (fig. 8). Transetti della stessa estensione sono stati determinati anche sul primo filare del pereto, prospicienti quelli individuati tra le piante di fagiolino.

Nel periodo compreso tra il 26 luglio e il 12 settembre si è proceduto ad indagini visive settimanali della presenza di *H. halys* in tutti i transetti. Inoltre, a partire dal 2 di agosto fino al 12 di settembre, sono stati realizzati campionamenti con l'uso di retino da sfalcio. Ogni settimana sono stati effettuati cinquanta sfalci sulle piante di soia coltivate per la prova e cinquanta sul campo di soia confinante (di cui 25 sul bordo e 25 in movimento verso il centro).

Al fine di scongiurare la migrazione verso il frutteto della grande popolazione di *H. halys* presente nel suddetto campo di soia, in data 28 agosto si è proceduto ad un trattamento insetticida a base di Acetamipride.



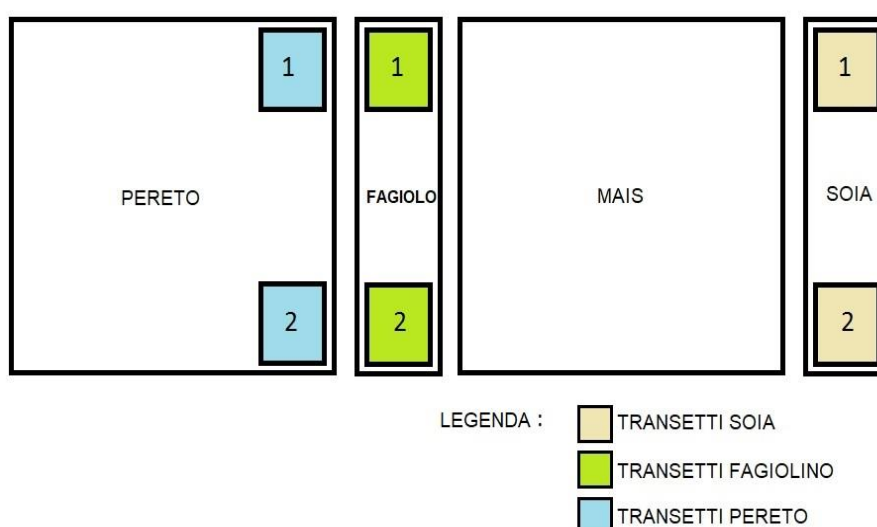
**Figura 6** – Immagine satellitare (2017) dell’azienda “Il Pascolone”: 1. Edifici agricoli; 2 e 3. Transetti con soia; 4. Campo di mais; 5 e 6. Transetti con fagiolino; 7. Pereto; 8. Campo di soia; 9. Canale. Nell’anno 2018, nelle aree individuate dai numeri 2, 3 e 4, è stato coltivato grano e nelle aree indicate con i numeri 5 e 6 è stato seminato favino.

**Tabella 2** - Trattamenti insetticidi contro *H. halys* effettuati nel 2017.

Prodotto fitosanitario - sostanza attiva	Data
ACETAMIPRID	18/05/2017
ACETAMIPRID	29/05/2017
CLORPIRIFOS METILE	30/06/2017
CLORPIRIFOS METILE	15/07/2017
ACETAMIPRID	04/08/2017
ETOFENPROX	28/08/2017



**Figura 7** – Piante trappola: fagiolino (a sinistra) e soia (a destra).



**Figura 8** – Schema della dislocazione dei transetti.

### III Prova – Az. Agricola “Il Pascolone” – Confronto tra due varietà di favino (2018)

Nella terza prova sono state poste a confronto due diverse varietà di favino a maturazione differenziata (Prothabat 69-precoce e Prothabon 101-tardivo).

Diversamente dalla prova effettuata nella stessa azienda nel 2017 (II prova) in questa occasione è stata realizzata un'unica IE di 250 metri di lunghezza per 3 metri di larghezza, nello stesso spazio dove l'anno precedente era stato coltivato il fagiolino.

Altra importante differenza con l'anno precedente risiede nel fatto che a circa 300 metri in direzione sud-ovest dal frutteto era presente un campo di soia di 11 ha di superficie.

Il favino è stato seminato in data 01/06/2018; per l'occasione si è impiegata una seminatrice pneumatica a sei file, tre delle quali sono state utilizzate per la semina di una varietà (Prothabon 101-tardivo - lato frutteto) e tre per la semina dell'altra (Prothabat 69-precoce - lato grano).

La distanza di semina adottata è stata 50 cm x 4.1 cm e la profondità 4 cm.

Nel tentativo di controllare lo sviluppo delle erbe infestanti tra le piante di favino, il giorno 5 luglio

si è proceduto ad un trattamento a base di Imazamox.

Le date dei trattamenti contro *H. halys* a cui è stato sottoposto il frutteto e i prodotti utilizzati sono elencati nella tabella seguente (tab. 3).

**Tabella 3** - Trattamenti insetticidi contro *H. halys* effettuati nel 2018.

<b>Prodotto fitosanitario - sostanza attiva</b>	<b>Data</b>
ACETAMIPRID	31/05/2018
CLORPIRIFOS METILE	28/06/2018
CLORPIRIFOS METILE	13/07/2018
ACETAMIPRID	27/07/2018
ETOFENPROX	20/08/2018
ETOFENPROX	27/08/2018

Nell'area in cui sono stati seminate le piante trappola, sono stati individuati tre transetti (numerati da 1 a 3 partendo da sud verso nord) di 50 m x 3 m, posti a 50 metri di distanza l'uno dall'altro.

Nel periodo compreso tra il 5 luglio e il 13 settembre si è proceduto ad indagini visive (15 minuti) settimanali della presenza di *H. halys* in tutti i transetti e a campionamenti con retino da sfalcio (50 sfalci/transetto). Tutti i campionamenti hanno avuto inizio alle 8.00 di mattina.

A partire dal 22 agosto, nelle medesime date degli altri rilievi, sono stati effettuati dei campionamenti con retino da sfalcio (50 sfalci per 50 metri) anche sul campo di soia posto a sud-ovest del pereto.

### 3.3.3 Analisi dei dati

#### 3.3.3.1 - I Prova – Az. agricola “Bonzagni” – Confronto tra favino e pisello (2017)

Il giorno 26 giugno, il valore medio del numero di insetti osservati nei transetti con il favino è risultato essere 33,5; valore molto più grande del quasi 0 osservati sugli stessi transetti prima di quella settimana. Per verificare se tale picco fosse dovuto solo alla variabilità casuale del fenomeno, in fase di analisi è stato considerato un 95% di intervallo di confidenza rispetto al valore medio calcolato. Ciò è stato fatto calcolando la deviazione standard del numero di insetti individuati nei transetti in quella settimana e adottando lo 0,975 percentile indicato dalle tabelle del t di Student con 3 gradi di libertà. Il margine risultante di errore è stato quindi aggiunto/sottratto al valore medio stimato.

### 3.3.3.2 - II Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra fagiolino e soia (2017)

Questa seconda prova ha comportato il conteggio degli esemplari di *H. halys* sui transetti occupati dalla soia con due differenti modalità: valutazione visiva e campionamento con retino da sfalcio. Il conteggio degli esemplari osservati e le catture effettuate hanno seguito andamenti sostanzialmente simili; tuttavia, il giorno 29 agosto, la media degli insetti individuati nei transetti ha determinato un picco più pronunciato mentre, a partire dal 9 agosto, si è registrato un aumento graduale delle catture effettuate con il retino da sfalcio. Per verificare se questa differenza potesse essere attribuita solo al caso è stato effettuato un test *chi quadrato*. Dopo aver aggregato i valori registrati nei giorni 5 e 12 settembre, per evitare di avere celle con una frequenza attesa inferiore a 5, è stato ottenuto un valore *chi-quadrato* pari a 25,6.

### 3.3.3.3 - III Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra due varietà di favino (2018)

Come nella precedente, in quest'ultima prova si è proceduto al conteggio degli esemplari di *H. halys* nei transetti sia con valutazioni visive, sia con campionamenti con retino da sfalcio.

I dati registrati sono stati utilizzati per realizzare alcuni grafici utili alla descrizione di ciò che è stato osservato. In considerazione dell'esiguità dei dati ottenuti non si è proceduto ad analisi statistiche più complesse.

## 3.4 Risultati

### 3.4.1 - I Prova – Az. agricola “Bonzagni” – Confronto tra favino e pisello (2017)

Come già scritto in precedenza, a partire dal 5 Giugno fino al 4 luglio, sono state eseguite analisi visive sulla presenza di *H. halys* in tutti i transetti (4 tesi; 4 repliche). L'attività ha avuto scansione settimanale (5 ripetizioni) e ha consentito di individuare 3 ovature e 183 esemplari di varie età, 176 sul favino e 7 sui transetti del pereto adiacente (tab. 4). Oltre a ciò è stato possibile appurare che la maggior parte degli insetti osservati era in uno stadio immaturo (141 su 183) e che nessun esemplare del fitofago è stato individuato sia nei transetti occupati dal pisello, sia nei transetti posti sui bordi esterni del frutteto.

**Tabella 4** - Esemplari di *H. halys* osservati sui transetti del pereto

Tesi	Stadio <i>H. halys</i>	Esemplari osservati	Ripetizioni
Pereto (adiacente a piante trappola)	Adulti	3	5
	Forme preimmaginali	4	
	Ovature	0	
Pereto (bordi esterni)	Adulti	0	
	Forme preimmaginali	0	
	Ovature	0	

Nei transetti compresi nei filari del pereto adiacenti alle piante trappola, le popolazioni di *H. halys* sono risultate estremamente basse con valori che non hanno mai superato lo 0,5 di valore medio per transetto; fino al 19 giugno la maggior parte degli insetti individuati era costituita da adulti, successivamente la tendenza si è invertita. In questi transetti, la popolazione adulta ha raggiunto il massimo il 14 giugno, per poi scendere a zero la settimana successiva. Il 19 giugno anche la popolazione costituita dalle forme immature dell'insetto si è ridotta, ma poi si è ripresa nelle settimane successive, raggiungendo lo stesso valore medio mostrato all'inizio (circa 0,3 campioni per transetto).

Come precedentemente affermato, la maggior parte degli insetti (96,17% di tutti i campioni registrati) è stata osservata sui transetti occupati dal favino (tab. 5).

**Tabella 5** - Esemplari di *H. halys* osservati sulle piante trappola.

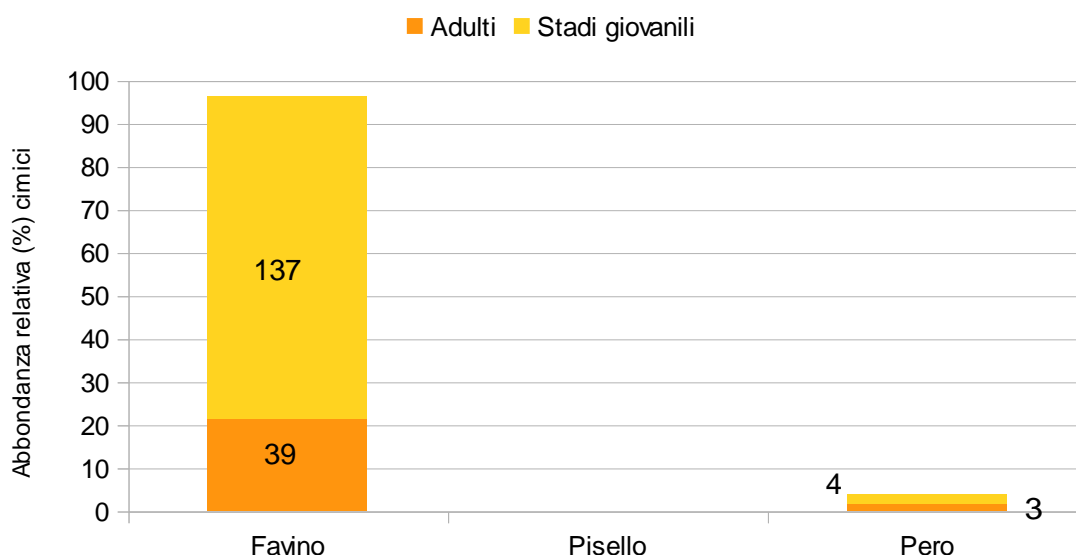
Tesi	Stadio <i>H. halys</i>	Esemplari osservati	Area (m <sup>2</sup> )	Ripetizioni
Favino	Adulti	39	240	5
	Forme preimmaginali	137		
	Ovature	2 (+2 su girasole)		
Pisello	Adulti	0		
	Forme preimmaginali	0		
	Ovature	0		

Nessuno neanide o ninfa è stata osservata sul favino prima del 19 giugno, quando sono stati segnalati 3 esemplari sui transetti 1 e 2 (valore medio di 0,75 per transetto). La settimana seguente - il 26 giugno - è stato osservato un notevole aumento, con il valore medio che ha raggiunto 33,5 forme giovanili per transetto. In seguito al trattamento insetticida compiuto sulle piante trappola il 27 giugno, durante il campionamento tenutosi il 4 luglio non è stato individuato nessun insetto.

La dinamica della popolazione adulta ha mostrato una tendenza opposta, anche se è da notare che rispetto alle forme giovanili gli esemplari osservati sono stati significativamente di meno. Una media di 2,75 adulti per transetto è stata segnalata il 5 giugno, poi si è assistito ad un aumento fino a 3,75 nella settimana successiva, che ha rappresentato il picco massimo. Successivamente il numero medio di esemplari è diminuito regolarmente a 2, 1, 25, fino a 0 nelle tre settimane seguenti.

Il giorno 5 giugno sono state trovate due ovature sul lato superiore di foglie di favino; il giorno 26 giugno sono state trovate altre due ovature sulla pagina inferiore di foglie di una pianta di girasole nata spontaneamente tra il favino.

Infine, appare evidente come le potenzialità attrattive espresse dal favino sulla cimice siano risultate molto maggiori di quelle espresse dal pisello, con ben 176 insetti individuati sul primo e zero sul secondo (fig 9).



**Figura 9** - Ripartizione degli individui di *Halyomorpha halys* (negli stadi giovanili e adulti) osservati sulle piante-trappola e sui filari di pero prospicienti le fasce trappola.

### 3.4.2 - II Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra fagiolino e soia (2017)

#### 3.4.2.1 Campionamento con rilievo visivo

Il campionamento con rilievo visivo dei transetti (3 tesi; 2 repliche) è stato effettuato settimanalmente a partire dal 26 luglio fino al 12 settembre, per un totale di 7 ripetizioni.

Il totale degli insetti individuati è stato pari a 213; 212 sulla soia e 1 sul fagiolino. In particolare, sono state conteggiate 163 forme preimmaginali e 50 adulti (Tab. 6).

**Tabella 6** - Esemplari di *H. halys* osservati sulle piante trappola.

Tesi	Stadio <i>H. halys</i>	Esemplari osservati	Area (m <sup>2</sup> )	Ripetizioni
Soia	Adulti	50	48	7
	Forme preimmaginali	162		
	Ovature	0		
Fagiolino	Adulti	0		
	Forme preimmaginali	1		
	Ovature	0		

Il giorno 26 luglio la popolazione adulta osservata tra le piante trappola di soia è stata pari ad una media di 7,5 insetti per transetto. Questo valore è sceso a 2 nel campionamento successivo del 2 agosto. Da questa data fino al 5 settembre il valore medio ha fluttuato su base settimanale tra i valori 2 e 5, per diminuire poi a 1 nell'ultima settimana di campionamento, il 12 settembre.

Il giorno 26 luglio il valore medio per transetto degli stadi immaturi osservati è stato pari a 6,5; nelle due settimane successive è sceso a 1.

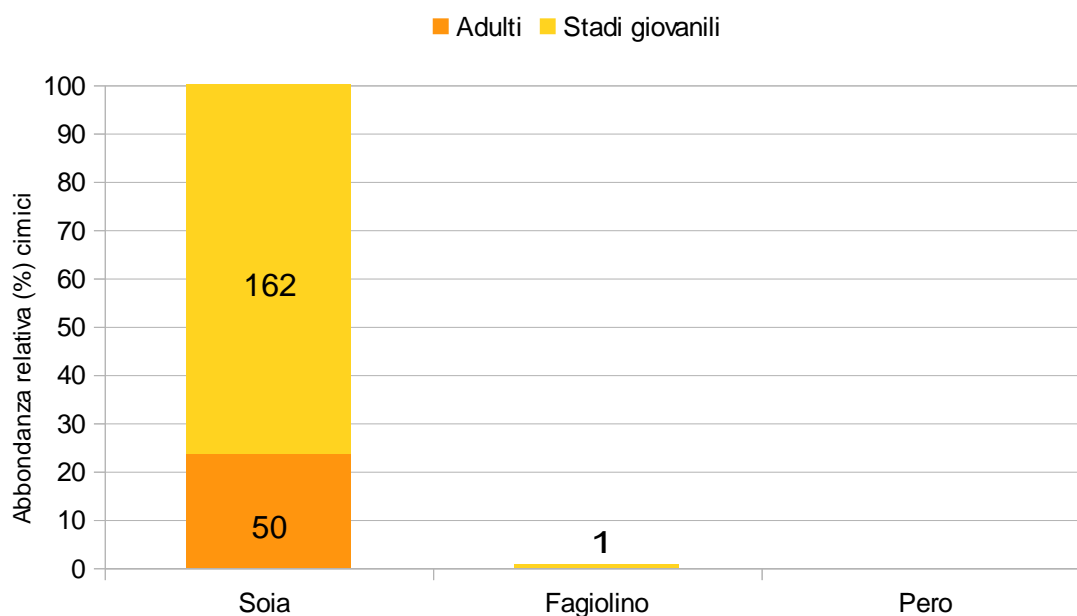


Il giorno 22 agosto il valore ha raggiunto la media di 11 insetti per transetto ed è aumentato nettamente nella settimana successiva (29 agosto) a 37,5. Il 5 settembre il valore si è ridotto a 19,5, diminuendo poi a 4,5 nell'ultima settimana di campionamento (12 settembre).

In data 9 agosto è stata individuata una ninfa sui transetti contenenti fagiolino.

Nei transetti inclusi nell'ultimo filare del frutteto non sono mai stati osservati esemplari di *H. halys* di nessuna età.

Per quanto riguarda la comparazione della potenzialità espressa dalle due specie di piante trappola nell'attrarre e trattenere *H. halys*, appare chiaro che la soia, sulla quale sono stati rinvenuti 212 insetti, è risultata molto più attrattiva del fagiolino sul quale ne è stato individuato solamente 1 (fig. 10). Ovviamente ciò che è risultato rilevante è la constatazione che nonostante fosse presente in grandi quantità sulle piante trappola, il fitofago non è stato nello stesso modo presente nel pereto.



**Figura 10** - Ripartizione degli individui di *Halyomorpha halys* (negli stadi giovanili e adulti) osservati sulle piante-trappola e sui filari di pero prospicienti le fasce trappola.

### 3.4.2.2 Campionamento con retino da sfalcio

Come precedentemente indicato, sono stati eseguiti campionamenti settimanali (dal 2 agosto al 12 settembre) con retino da sfalcio sia sui transetti occupati dalla soia come pianta trappola, sia nel campo di soia posto a sud-ovest rispetto al pereto. L'attività si è svolta effettuando 50 sfalci su ogni transetto per un totale di 6 ripetizioni. I dati registrati sono espressi come numeri assoluti e non come media.

Complessivamente sono stati catturati 118 insetti in vari stadi: 79 nei transetti e 39 nel campo. Le forme preimmaginali sono state 108 (77 catturate nei transetti) e 10 adulti (8 catturati nel campo).

Sui transetti occupati dalla soia il numero di adulti osservato è stato decisamente basso, sempre fluttuante tra 0 e 1, mentre il giorno 2 agosto sono stati osservati stadi immaturi il cui numero è aumentato nelle settimane successive (18 insetti il 09/08 e 20 il 22/08) fino ad un picco di 25 il giorno 29 agosto. Nelle ultime due settimane di campionamento il valore è sceso a 10 il giorno 5 settembre e a 4 il giorno 12 settembre.

Le catture di adulti di *H. halys* effettuate nel campo di soia il primo giorno di campionamento (2 agosto) è stata di 2 insetti. Il giorno 9 agosto sono stati individuati 5 adulti, valore che è sceso a 0 nelle settimane seguenti con l'eccezione di un adulto individuato l'ultima settimana di campionamento (12 settembre).

Per quanto riguarda le catture di forme giovanili, alla prima data di campionamento nessun insetto è stato catturato; il valore è aumentato a 6 la settimana seguente e ha raggiunto un picco di 23 il giorno 22 agosto. Il giorno successivo al trattamento con Acetamipride effettuato il 28 agosto sono state catturate solo due forme giovanili e 0 nelle ultime due settimane di campionamenti.

### 3.4.3 - III Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra due varietà di favino (2018)

I campionamenti con rilievo visivo e con retino da sfalcio dei tre transetti, sono stati effettuati settimanalmente a partire dal giorno 5 luglio fino al giorno 3 settembre, per un totale di 11 date di campionamento.

I dati registrati sono espressi come numeri assoluti e non come media.

Il totale degli insetti individuati nei transetti è stato pari a 39. In particolari sono state conteggiate 28 forme preimmaginali e 11 adulti (Tabella 7).

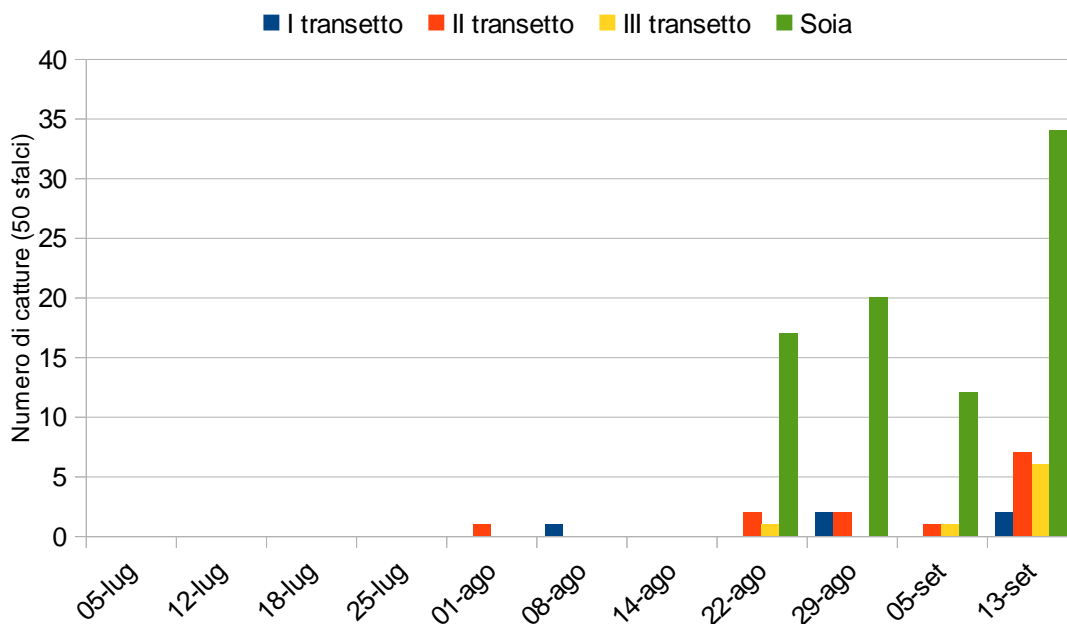
Nel periodo compreso tra il giorno 5 luglio e il giorno 5 settembre, il numero di insetti osservati o catturati per transetto è sempre stato molto basso, fluttuante tra 0 e 2. Il giorno 13 settembre sono stati osservati 5 forme giovanili nel primo transetto e 1 adulto nel terzo transetto, mentre sono state catturate complessivamente 15 forme preimmaginali (2 nel I, 7 nel II e 6 nel III) con il retino da sfalcio.

Nel periodo compreso tra il giorno 22 agosto e il giorno 13 settembre, i campionamenti eseguiti con retino da sfalcio sul campo di soia hanno consentito di catturare 14 forme giovanili e 3 adulti il primo giorno, 18 forme giovanili e 2 adulti il giorno 29/08, 12 forme giovanili il giorno 05/09 e 34 forme giovanili l'ultimo giorno.

**Tabella 7** - Esemplici di *H. halys* campionati sulle piante trappola.

Tesi	Stadio <i>H. halys</i>	Osservati	Catturati	Area (m <sup>2</sup> )	Ripetizioni
Favino	Adulti	7	4	150	10
	Forme preimmaginali	6	22		
	Ovature	0	0		

Posto a confronto con il numero di insetti catturati nel campo di soia vicino al frutteto (seppure riferibile a soli 4 campionamenti), l'esiguo numero di cimici osservate o catturate nei transetti ha reso evidente che l'associazione di piante costituitasi non ha mostrato particolari capacità attrattive nei confronti del fitofago (fig. 11).



**Figura 11** – Confronto delle catture con retino da sfalci nei transetti e nel campo di soia.

### 3.5 Discussione

#### 3.5.1 – I Prova – Az. agricola “Bonzagni” – Confronto tra favino e pisello (2017)

Lo studio dei dati registrati e del contesto operativo in cui si è svolta la prova ha consentito di verificare e in parte di ampliare le conoscenze sulle dinamiche di popolazione di *H. halys* ma anche sull'efficacia delle tecniche di indagine; a questo proposito pare utile evidenziare che la tecnica del campionamento con rilievo visivo effettuata sui peri - rispetto all'impiego sulle piante trappola - ha mostrato qualche limite legato al volume della chioma e più in generale alle dimensioni delle piante. Ciò nonostante i pochi esemplari del fitofago individuati sono stati sufficienti per confermare la presenza della cimice nel frutteto.

Il giorno 14 giugno sia sul favino, sia sui peri è stato osservato un picco della popolazione adulta; tali insetti appartenevano principalmente alla popolazione svernante, anche se alcuni individui potrebbero appartenere alla prima generazione; in recenti studi condotti in Emilia Romagna, è stato segnalato che gli adulti sopravvissuti alla stagione invernale escono dalla diapausa principalmente durante la seconda settimana di maggio (alcuni escono già a fine marzo) e che l'accoppiamento e l'ovideposizione in condizioni esterne sono stati osservati anche da metà maggio in poi (Costi *et al.*, 2017). Le poche forme giovanili osservate il giorno 5 giugno sono evidentemente nate grazie alle suddette circostanze. In linea con il contenuto degli studi citati, il giorno 5 giugno sono state

individuate anche 2 ovature. L'aumento di neanidi constatato a partire dal giorno 19 giugno è in accordo con il picco di ovideposizioni atteso nel periodo compreso tra la metà di giugno e la metà di luglio (Costi *et al.*, 2017).

Il trattamento con Clorpirifos metile del giorno 27 giugno ha sostanzialmente azzerato le popolazioni di ogni genere d'insetto presente sulle piante trappola.

Per quanto riguarda il giorno 26 giugno, come affermato nel paragrafo 3.3.3.1, per verificare se il picco di forme giovanili osservato fosse dovuto alla variabilità casuale del fenomeno è stato calcolato un intervallo di confidenza uguale a  $\pm 26$ . Nonostante sia risultato molto ampio, tale intervallo è stato valutato comunque abbastanza stretto da consentire di concludere con sicurezza che il picco in quella settimana era troppo grande per essere dovuto solo alla variabilità casuale del fenomeno.

Coerentemente con le osservazioni precedenti, nelle prime settimane di campionamento, sui peri sono stati individuati più adulti che forme preimmaginali. In questi transetti dal giorno 19 giugno si è osservata un'inversione di tendenza con gli stadi immaturi della nuova generazione di cimici che hanno superato in numero gli adulti usciti dalla diapausa invernale.

È interessante notare come le dinamiche di popolazione di *H. halys* seguano tendenze opposte nei transetti occupati dal favino rispetto a quelli adiacenti ricavati sul filare del frutteto. Ciò fa supporre che, parallelamente alla crescita dei baccelli della leguminosa, insetti presenti nel frutteto si siano spostati sulle piante trappola.

Comunque, ancora una volta è utile ricordare che le popolazioni campionate in queste due tesi erano di dimensioni significativamente diverse.

### **3.5.2 – II Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra fagiolino e soia (2017)**

Anche in questa prova il numero di forme giovanili di *H. halys* è risultato essere più grande di quello degli adulti, il cui numero è stato osservato diminuire con il procedere della stagione, confermando la tendenza mostrata nella prova precedente e le osservazioni fatte da Maistrello *et al.* (2017).

Se si osservano i dati relativi alle indagini visive effettuate sui transetti occupati dalla soia, a partire da metà agosto si nota un aumento significativo degli stadi immaturi, tendenza che raggiunge il suo picco massimo il giorno 29 agosto.

Coerentemente con quanto osservato durante questa prova, studi condotti tra il 2015 e il 2016 in ambienti non coltivati adiacenti a pereti siti in Emilia-Romagna hanno rilevato che le popolazioni preimmaginali della cimice raggiungono il picco massimo alla fine di agosto (Maistrello *et al.*, 2017).

A differenza delle piante di soia appartenenti al campo limitrofo, le piante appartenenti al transetto della pianta trappola non sono state trattate: la forte diminuzione delle ninfe osservate visibile all'inizio di settembre dovrebbe quindi essere spiegata in qualche altro modo. Un'ipotesi è suggerita dalla letteratura: studi eseguiti su *H. halys* nelle sue aree native, poi confermate anche in zone con climi mediterranei, indicano che gli adulti nati dalle uova deposte nel mese di luglio risultano incapaci di ovideporre ed inoltre entrano in diapausa riproduttiva da metà agosto in poi (Niva e Takeda 2003; Costi *et al.*, 2017).

In linea con i rilievi visivi, anche i campionamenti con retino da sfalcio effettuati sui transetti occupati dalla soia hanno mostrato un picco nella popolazione di forme giovanili il giorno 29 agosto.

Come affermato nel paragrafo 3.3.3.2, per escludere che le diverse dinamiche di aumento dell'insetto fossero solo dovute al caso è stato condotto un test chi quadro. Poiché il 95% percentile del chi quadrato con 3 gradi di libertà è 7,81, si è ritenuto altamente improbabile che le dinamiche osservate fossero dovute al caso.

Un dubbio potrebbe sorgere quando si considera la persistente discrepanza tra le popolazioni di adulti e di forme giovanili: mentre neanidi e ninfe di varie età sono state campionate in numeri considerevoli, gli adulti non sono mai stati individuati in misura rilevante. Una risposta precisa a questa domanda è difficile, poiché dipende da un numero elevato di fattori ambientali. Come ipotesi, si potrebbe considerare l'elevata mobilità degli adulti alati rispetto agli stadi immaturi privi di ali. Questa caratteristica potrebbe aver consentito agli adulti di allontanarsi alla ricerca di fonti alternative di cibo.

### **3.5.3 – III Prova – Az. agricola “Il Pascolone” – Confronto tra due varietà di favino (2018)**

Prima di discutere i risultati relativi a questa prova è utile ricordare che affinché le piante trappola utilizzate potessero mostrare la propria efficacia nel controllo della popolazione di *H. halys* sarebbe stato necessario che queste fossero state coltivate con le stesse attenzioni accordate alle colture da reddito. Ciò avrebbe consentito loro di svilupparsi al meglio così da poter mostrare la propria competitività rispetto alla coltura da proteggere.

Purtroppo, nella prova in esame, si è subito riscontrata da parte degli operatori aziendali una gestione della coltura trappola poco oculata: la semina è stata effettuata in ritardo ma soprattutto non sono stati eseguiti in modo tempestivo il diserbo meccanico/chimico. Ciò ha portato a una crescita molto irregolare del favino, che si è dovuto fare spazio tra le numerose erbe spontanee che hanno invaso la striscia dedicata alla pianta trappola, togliendole spazio e nutrimento.

Ipotizzando che siffatta IE potesse comunque mostrarsi capace di attirare la cimice, oltre a continuare i campionamenti è stata realizzata una analisi visiva empirica atta a stabilire la

composizione della vegetazione; in particolare, si è stimato che un 5% fosse costituito da piante di favino, un altro 5% da piante spontanee quali *Abutilon theophrasti*, *Cuscuta campestris*, *Chenopodium album*, *Chenopodium polyspermum*, *Conyza canadensis*, *Convolvulus arvensis*, *Equisetum*, *Echinochloa crus-galli*, *Persicaria maculosa*, *Picris echioides*, e il rimanente 90% da piante di *Amaranthus retroflexus*.

Con il proseguo della stagione estiva si è appurato che il favino ha iniziato a fiorire verso la fine di luglio, ma non ha sviluppato i baccelli, probabilmente per mancanza di nutrimento. Poiché i baccelli rappresentano la parte della pianta più attrattiva per *H. halys* la loro mancanza ha senz'altro gravato sulla capacità attrattiva della pianta trappola.

### **3.6 Conclusioni**

Nelle prime due prove dello studio proposto (2017), il confronto tra le specie sperimentate come piante trappola nell'attrarre e trattenere *H. halys* ha fornito risultati chiari. Il secondo anno di prova (2018) non ha mostrato risultati significativi, a causa della semina tardiva e dell'elevata presenza di infestanti che non hanno consentito un normale sviluppo del favino. Le conclusioni si riferiscono quindi ai risultati ottenuti nel primo anno di prova.

Tra le piante trappola a maturazione precoce, il favino ha avuto un notevole successo rispetto al pisello, con ben 176 insetti di varia età campionati rispetto agli 0 osservati sul pisello. Il rinvenimento tra le piante di favino di cimici in tutte le fasi di sviluppo conferma tale leguminosa la pianta più adatta alla riproduzione e allo svolgimento dell'interno ciclo vitale dell'insetto. Oltre a ciò, la concomitanza della diminuzione della popolazione del fitofago all'interno del pereto con l'aumento della popolazione dello stesso nei transetti occupati dal favino suggerisce che la pianta trappola abbia buone capacità nell'attrarre e trattenere il parassita.

Per quanto riguarda le piante trappola a maturazione tardiva, si è resa evidente una tendenza simile a quella osservata tra le precoci; in questo contesto la soia è risultata molto più efficiente dei fagiolini, con 212 insetti di varie età campionati su di essa rispetto alla singola ninfa riportata sul fagiolino. Anche in questo caso, mentre le popolazioni di *H. halys* sui transetti dell'IE stavano aumentando notevolmente, non è stata segnalata la presenza della cimice sui peri, suggerendo un buon potenziale della soia come pianta trappola. Questo risultato appare ancora più interessante alla luce del fatto che la soia raggiunge gli stadi fenologici con maggiore capacità attrattiva mentre si avvicina il periodo della raccolta delle pere, momento in cui sul frutteto non sono più consentiti trattamenti insetticidi.

Un'ulteriore conferma del successo del favino e della soia nel limitare efficacemente la presenza di cimici nel pereto potrebbe giungere da una valutazione del danno post-raccolta; ma, come già riportato precedentemente, tale valutazione non è stata possibile a causa di motivi meteorologici.

L'impiego di piante trappola nel controllo della cimice presuppone una pianificazione ottimale delle operazioni agronomiche fondamentali per l'ottenimento di piante vigorose e in buone condizioni vegetative che possano risultare fortemente attrattive nei confronti della cimice per evitare spostamenti sulla coltura da proteggere, nel nostro caso il pero. Ritardi nelle semine ed elevate presenze di infestanti possono compromettere il buon funzionamento della tecnica. L'utilizzo del favino è risultato più efficace nella prima parte della stagione mentre la soia ha mostrato buone potenzialità come pianta trappola nel periodo agosto-settembre. Le prove non hanno permesso un'analisi dell'efficacia delle piante trappola per ridurre il danno diretto sulla coltura in quanto non è stato possibile isolare parcelle di pero non trattate. In ogni caso le condizioni atmosferiche (forte grandinata) del primo anno di prova hanno impedito la quantificazione del danno alla raccolta in tutte le parcelle non protette da reti antigrandine.

Vista la difficoltà nel controllare le popolazioni di questo temibile fitofago la tecnica delle piante trappola potrebbe contribuire, integrandosi con altre tecniche di prevenzione e difesa, a una mitigazione del danno su colture di elevata importanza economica come il pero.

### 3.7 Bibliografia

- Bergmann, E. J., Bernhard, K. M., Bernon, G., Bickerton, M., Gill, S., Gonzales, C., Hamilton, G. C., Hedstrom, C., Kamminga, K., Koplinka-Loehr, C., 2013. Host plants of the brown marmorated stink bug in the U.S.
- Blaauw, B. R., Isaacs, R., 2012. Larger wildflower plantings increase natural enemy density, diversity, and biological control of sentinel prey, without increasing herbivore density. *Ecological Entomology*, 37(5), 386-394.
- Blaauw, B. R., Polk, D., Nielsen, A. L., 2015. IPM-CPR for peaches: incorporating behaviorally-based methods to manage *Halyomorpha halys* and key pests in peach. *Pest management science*, 71(11), 1513-1522.
- Costi, E., T. Haye, and L. Maistrello., 2017. Biological Parameters of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha Halys*, in Southern Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1059–67.
- Cuituan, Z., Daluan, L., Haifeng, S., Guoliang, X. 1993. A study on the biological characteristics of *Halyomorpha picus* and *Erthesina fullo*. *Forest Research*, 3(5).
- Hoebeke, E. R., Carter, M. E., 2003. *Halyomorpha Halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A Polyphagous Plant Pest from Asia Newly Detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105 (1), 225-37.
- Hoffman, W. E., 1931. A Pentatomid Pest of Growing Beans in South China. *Peking National History Bulletin*, 5(3), 25-26.
- Kawada, H., Kitamura, C., 1983. The Reproductive Behavior of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha* Mista UHLER (Heteroptera: Pentatomidae) I. Observation of Mating Behavior and Multiple Copulation. *Applied Entomology and Zoology*, 18 (2), 234-42.
- Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D. C., Ho, H.Y., Aldrich, J. R., Vermillion, K. E., Siegler, M. A., Shirali, S., Guzman, F., Leskey T. C., 2014. Stereoisomeric libraries of 1,10-bisaboladien-3-ols and 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ols for semiochemical discovery. Aggregation pheromone of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 77, 1708-1717.
- Kuhar, T. P., Kamminga, K., 2017. Review of the chemical control research on *Halyomorpha halys* in the USA. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1021-1031.
- Leskey, T. C., Hamilton G. C., Nielsen, A. L., Polk, D. F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, J. C., Herbert, D. A., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D., Dively, G. P., Hooks, C. R. R., Raupp, M. J., Shrewsbury, P. M., Krawczyk, G., Shearer, P. W., Whalen, J., Koplinka-Loehr, C., Myers, E., Inkley13, D., Hoelmer, K. A., Lee, D. H., Wright, S. E., 2012a. Pest Status of the



- Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha Halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5), 218-26.
- Leskey, T. C., Lee, D. H., Short, B. D., Wright, S. E., 2012b. Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): analysis of insecticide lethality. *Journal of economic entomology*, 105(5), 1726-1735.
- Leskey TC, Short BD, Lee DH, 2014. Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stal) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards. *Pest Management Science*, 70(7), 1097-1104.
- Lee, D. H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C. Leskey, T. C., 2013. Review of the Biology, Ecology, and Management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627-41.
- Maistrello, L., Dioli, P., Vaccari, G., Nannini, R., Bortolotti, P., Caruso, A. Montermini, L. Casoli, Bariselli, M., 2014. Primi rinvenimenti in Italia della cimice esotica *Halyomorpha halys*, una nuova minaccia per la frutticoltura. *Atti Giornate Fitopatologiche CLUEB, Bologna*, 283-288.
- Maistrello, L., Dioli, P., Bariselli, M., Mazzoli, G. L., Giacalone-Forini, I., 2016. Citizen Science and Early Detection of Invasive Species: Phenology of First Occurrences of *Halyomorpha halys* in Southern Europe. *Biological Invasions*, 18(11), 3109-16.
- Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca, G., Ulrici, A., Bortolotti, P. P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli, G. L., Dioliet, P., 2017. Monitoring of the Invasive *Halyomorpha Halys*, a New Key Pest of Fruit Orchards in Northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1231-44.
- Mizell III, R. F., Riddle, T. C., Blount, A. S., 2008. Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 121, 377-382).
- Nielsen, A. L., Dively, G., Pote, J. M., Zinati, G., Mathews, C., 2016. Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental entomology*, 45(2), 472-478.
- Nielsen, A. L., Hamilton G.C., 2009. Seasonal Occurrence and Impact of *Halyomorpha Halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Tree Fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133-1140.
- 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), 348-55.
- Niva, C. C., Takeda., M., 2003. Effects of Photoperiod, Temperature and Melatonin on Nymphal

- Development, Polyphenism and Reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). *Zoological Science*, 20(8), 963-70.
- Pote, J. M., Nielsen, A. L., 2017. Life stage specific predation of *Halyomorpha halys* (Stål) by generalist predators. *Biological Control*, 114, 1-7.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively G., Fraser H., Garipey, T., Hamilton, G., Haye, T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks, C. R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T., Martinson, H., Mitchell, W., Nielsen, A. L., Pfeiffer, D. G., Raupp, M. J., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P., Shrewsbury P., Venugopal, P. D., Whalen J., Wiman N. G., Leskey T. C., Tooker F.J., 2014. Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), 1-13.
- Soergel, D. C., Ostiguy, N., Fleischer, S. J., Troyer, R. R., Rajotte, E. G., Krawczyk, G., 2015. Sunflower as a potential trap crop of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in pepper fields. *Environmental entomology*, 44(6), 1581-1589.
- Tewksbury, J. J., Levey, D. J., Haddad, N. M., Sargent, S., Orrock, J. L., Weldon, A., Danielson, B.J., Brinkerhoff, J., Damschen, E., Townsend, P., 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(20), 12923-12926.
- Tommasini, M. G., Maistrello, L., Vaccari, G., Nannini, R., Bortolotti, P., Caruso, S., Vergnani S., Casoli L., Simoni M., Masino F., Antonelli A., 2017. Cimice asiatica su pero: monitoraggio e difesa. *L'informatore Agrario*, 42, 34-42.
- Weber, D. C., Khrimian, A., Blassioli-Moraes, M. C., Millar, J. G., 2018. Semiochemistry of Pentatomoidea. *Biology of invasive stink bugs and related species*. CRC Press, Boca Raton, FL, 677-725.
- Yanagi, T., Hagihara, Y., 1980. Ecology of the Brown Marmorated Stink Bug. *Plant Protection*, 34, 315-321.
- Zhang, A., A. Khrimian, J. R. Aldrich, T. C. Leskey, and D. C. Weber, 2013. Compositions and methods to attract the brown marmorated stink bug (BMSB) *Halyomorpha halys*. *US Patent WO2013090703 A1*.

## **4. Influenza delle punture di alimentazione di *Halyomorpha halys* sulle caratteristiche qualitative del mosto**

### **4.1 Riassunto**

Il principale danno prodotto dalla cimice sui frutti e sui semi attaccati consiste in alterazioni prodotte dalle punture di alimentazione e nel rilascio di sapori sgradevoli dovuti alla secrezione di allomoni dalle ghiandole odorifere. Nel capitolo, è descritta la ricerca volta ad indagare l'influenza delle sostanze inoculate dalla cimice durante l'attività di alimentazione sulla qualità di mosti ottenuti da grappoli d'uva infestati dall'insetto.

Lo studio è stato condotto su uva a bacca rossa (Cabernet Franc) coltivata in un'azienda vitivinicola sita nella pianura bolognese. In particolare, da grappoli sottoposti ad infestazione controllata con *H. halys*, sono stati ottenuti mosti successivamente sottoposti ad analisi di laboratorio (gas-cromatografia) atte a verificare eventuali variazioni significative del profilo aromatico.

L'analisi statistica a cui sono stati sottoposti i dati ottenuti dimostra differenze nella concentrazione di due sostanze (trans-2-esen-1-olo e 1-esanolo) tra mosti derivati da grappoli infestati e testimoni (non infestati).

### **4.2 Introduzione**

Considerando l'altissima velocità di diffusione, la grande polifagia e la difficoltà a controllarne le popolazioni, *Halyomorpha halys* potrebbe ergersi a parassita cosmopolita (Rice *et al.*, 2014). Tale stima è alla base dell'interesse che il fitofago genera da tempo tra gli studiosi, i quali si sono impegnati su diverse linee di ricerca, una delle quali finalizzata ad approfondire aspetti legati al danno sui prodotti agricoli. Nello specifico, poiché si ritiene che la saliva sia responsabile dei principali sintomi estetici e fisiologici associati all'alimentazione del fitofago, è stato ritenuto importante caratterizzare i componenti salivari dell'insetto.

Uno studio interessante è stato compiuto nell'ottica di mettere a punto nuove strategie di controllo a basso impatto ambientale (Peiffer e Felton, 2014). Esso ha avuto il fine di determinare quali molecole, costituendone la saliva, sono coinvolte nell'attività parassitica della cimice che, essendo fornita di un apparato boccale pungente succhiante, agisce dapprima meccanicamente perforando il substrato vegetale inserendo e ritirando ripetutamente gli stilette (Sharma *et al.*, 2014) e poi si avvale delle proprietà chimiche delle sostanze iniettate all'interno per mobilizzare i liquidi organici e digerirli dopo averli risucchiati all'interno del corpo (Merrit, 2014; Sharma *et al.*, 2014). Come riferito dai ricercatori, esistono due tipi di saliva: un tipo definito "saliva acquosa" e un altro tipo, chiamato "saliva della guaina", di diversa composizione; quest'ultima, indurita intorno alle componenti dell'apparato boccale, evita che i succhi aspirati fuoriescano all'esterno attraverso

eventuali fessure dell'apparato boccale stesso. È stato verificato che i due tipi di saliva non hanno proteine comuni. La saliva acquosa, avendo un ruolo digestivo contiene molti enzimi tra cui proteasi, amilasi ed esterasi, mentre nella saliva della guaina è stata individuata della perossidasi (presumibilmente coinvolta nel processo di formazione della guaina) ma anche proteine normalmente presenti nel pomodoro (alimento adottato nella ricerca); per tale ragione, è lecito ipotizzare che la composizione di questo tipo di saliva dipenda in parte dagli alimenti consumati sin dalle prime fasi di sviluppo.

Se da un lato le suddette conoscenze saranno utili per studi futuri sull'identificazione del ruolo dei componenti salivari nel determinare il danno su frutti e semi, dall'altro le stesse appaiono interessanti anche al fine di comprendere quali sono e come possono essere implementate le risposte difensive della pianta attaccata. Studi recenti condotti su *Vicia faba* L. riportano che *H. halys* sembra essere infastidito dalla precedente alimentazione di insetti appartenenti allo stesso genere e che tale meccanismo sia dovuto al rilascio di acido jasmonico da parte della pianta (Serteyn *et al.*, 2018).

Come già riportato in precedenza, nel caso dell'uva il danno legato all'infestazione della cimice include la perdita di peso del grappolo, la possibile presenza di allomoni nel mosto, ma anche l'eventualità che le sostanze iniettate dall'insetto nell'acino durante il pasto possano avere ricadute negative sulla qualità del mosto e del vino ottenibili.

I composti volatili responsabili delle caratteristiche aromatiche del vino sono numerosi e di diversa natura. Molti di essi, quelli quantitativamente più importanti, si originano nel corso della fermentazione alcolica e vengono pertanto generalmente definiti aromi di fermentazione. Tuttavia, le caratteristiche aromatiche dei vini e la loro specificità sensoriale sono spesso fortemente dipendenti da componenti volatili di altra origine, talvolta meno importanti da un punto di vista quantitativo ma, comunque, in grado di contribuire in maniera determinante all'aroma del prodotto finito (Etievant, 1991). Tali sostanze odorose, già presenti nell'uva o sintetizzate nel lasso di tempo compreso tra la vendemmia e l'inizio della fermentazione alcolica, sono generalmente presenti nel vino in concentrazioni molto basse, ma possono influenzarne in maniera considerevole le caratteristiche olfattive.

Gli aromi varietali e i pre-fermentativi quali il n-esanale, il 2-esenale, l'1-esanolo, il cis-3-esen-1-olo, il trans-2-esen-1-olo e l'1-epatnolo, alcuni dei quali responsabili di note odorose che ricordano l'erba sfalciata e la frutta acerba (Drawert, 1966; Hardy, 1970; Ribèreau-Gayon *et al.*, 1998), concorrono alla complessità aromatica del vino a tal punto da costituirne una caratteristica distintiva largamente riconosciuta. Circoscrivendo il campo ai soli aromi prefermentativi, poichè i meccanismi di formazione di queste aldeidi ed alcoli volatili sono ben conosciuti (Di Stefano, 1996), qualora la saliva di *H. halys* promuovesse o inibisse la sintesi di una o più delle suddette

molecole, si potrebbero trarre ulteriori indicazioni circa il ruolo svolto dalle componenti salivari dell'insetto nell'interazione con i normali biochimismi dell'acino.

### **4.3 Materiale e metodi**

#### **4.3.1 Caratteristiche del vigneto**

Il vigneto nel quale è stata condotta la prova in campo è sito in pianura, in provincia di Bologna nel Comune di Crespellano, in un'azienda vitivinicola dove è praticata la difesa integrata (IPM).

La varietà di uva coltivata è Cabernet Franc. Il portainnesto è SO4.

La forma d'allevamento è il Geneva Double Curtain (GDC), inerbito sull'interfila e diserbato sulla fila.

Sesto d'impianto: 4 m x 1,5 m.

Epoca d'impianto: 1997

#### **4.3.2 Descrizione della prova in campo**

La prova in campo ha avuto inizio alle ore 16 del giorno 23/08/2017 ed è terminata alla stessa ora il giorno 30/08/2017, ad un mese dall'inizio della vendemmia (01/10/2017).

In questa prima fase sono state individuate 10 viti con caratteristiche generali omogenee (vigoria, assenza di insetti e crittogame, esposizione alla luce, ecc.). Su ogni vite, due grappoli d'uva (fig. 1), anch'essi con caratteristiche generali paragonabili (grado di maturazione, dimensioni, collocazione sullo stesso lato del filare, copertura dalle foglie), sono stati rivestiti con un tessuto di tulle a maglia stretta (2 mm).

Uno dei suddetti grappoli di ogni pianta, è stato infestato in modo controllato introducendo nello spazio tra acini e tessuto, 7 esemplari di *H. halys* di diversa età tra ninfe e adulti (fig. 2).

Alla fine della prova di campo si è osservato che tutti gli insetti erano sopravvissuti e le ninfe avevano compiuto una muta (fig. 3). Nel frattempo, l'uva aveva superato la fase fenologica dell'invaiaitura.

Il giorno stesso del termine della prova in campo, i 20 grappoli rivestiti dal tulle (10 infestati e 10 non infestati dall'insetto) sono stati asportati e trasportati in laboratorio dove, dopo la diraspatura, gli acini sono stati spremuti al fine di ottenerne mosti (fig. 4) poi posti in atmosfera controllata (- 20 °C). Successivamente i mosti sono stati sottoposti ad analisi strumentale.



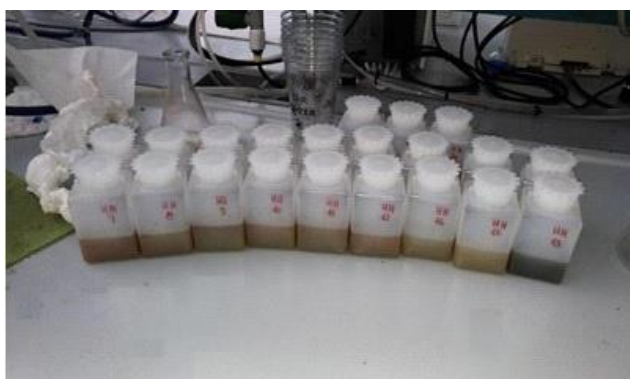
**Figura 1** – Grappolo con cimici e grappolo testimone prima dell'invasatura.



**Figura 2** – Grappolo con cimici dopo l'invasatura.



**Figura 3** – Frammenti di esuvie di ninfe di *H. halys*.



**Figura 4** – Mosti ottenuti dai grappoli esposti al contatto con le cimici.

### 4.3.3 Analisi strumentale

La frazione aromatica è stata studiata mediante tecnica GC-MS (*gas chromatography-mass spectrometry*). I composti volatili sono stati estratti secondo il metodo descritto e convalidato da Lopez *et al.* nel 2002. Un campione di mosto da 20 mL è stato aggiunto a 100  $\mu$ L di una soluzione di 2-ottanolo a 500 mg/L come standard interno e posto su una cartuccia di Lichrolut EN precedentemente attivata. Prima dell'analisi GC-MS gli analiti sono stati eluiti con 5 mL di diclorometano e concentrati ad un volume finale di 200  $\mu$ L sotto una corrente di azoto puro ( $N_2$ ).

L'apparato Trace GC Ultra, accoppiato con un rilevatore di massa selettivo Trace DSQ (Thermo Fisher Scientific, Milano - Italia), è stato dotato di una colonna capillare in silice fusa Stabilwax DA (Restek, Bellefonte, PA, USA, 30 m, 0,25 mm id, e 0,25  $\mu$ m di spessore del film).

Il gas di trasporto utilizzato è stato He con un flusso costante di 1,0 mL/min. La temperatura programmata dal GC era: 45 °C (tenuta per 3 min) a 100 °C (tenuta per 1 min) a 3°C/min, quindi a 240 °C (tenuta per 10 min) a 5 °C/min.

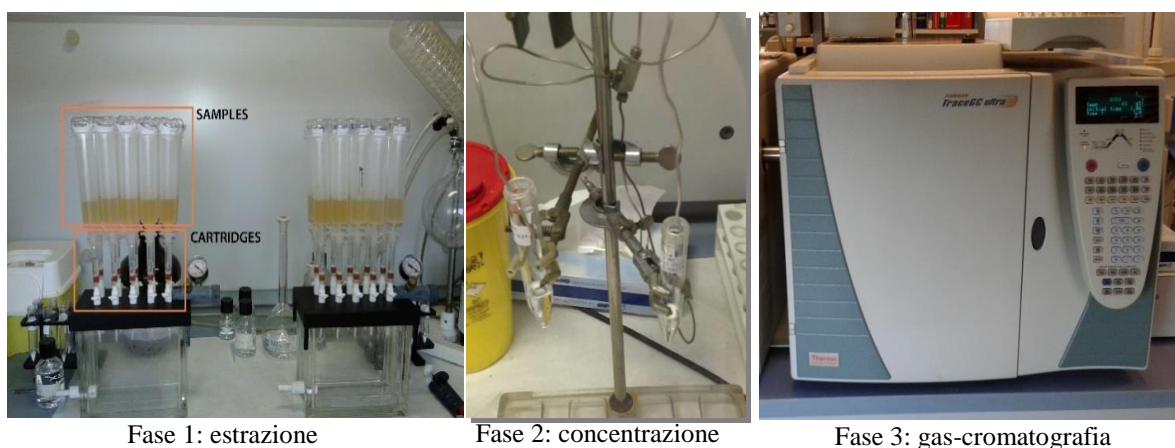
L'iniezione è stata eseguita a 250 °C in modalità splitless e il volume di iniezione è stato di 1 µL. La rivelazione è stata effettuata mediante spettrometria di massa a ionizzazione di elettroni ionici (EI) in modalità di scansione completa, utilizzando un'energia di ionizzazione di 70 eV.

L'interfaccia della linea di trasferimento è stata impostata a 220 °C e la sorgente di ionizzazione a 260 °C. L'intervallo di acquisizione di massa era m/z 30-400 e la velocità di scansione 1 scan s<sup>-1</sup>.

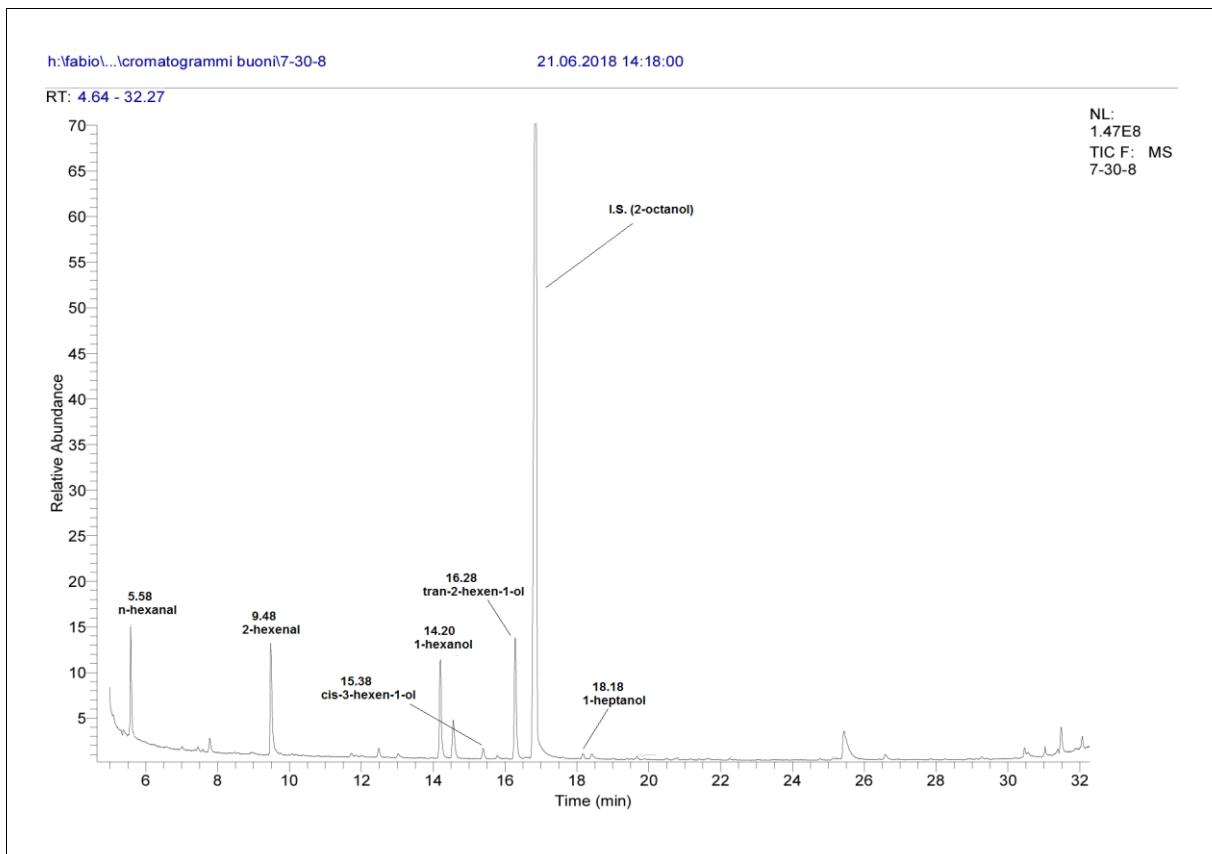
Le analisi sono state eseguite in doppio e i dati sono stati raccolti con il software Xcalibur (Thermo Fisher Scientific, Milano, Italia). Le analisi sono state eseguite nel Laboratorio di Chimica e Tecnologie delle Bevande (responsabile prof. Claudio Riponi) presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna.

Le fasi della procedura analitica adottata sono schematizzate nelle immagini che seguono (fig. 5).

Nella figura 6 sono descritti i picchi relativi allo standard interno (2-ottanolo) e alle sostanze ricercate in uno dei campioni di mosto; i valori sull'asse delle ascisse esprimono i tempi di ritenzione.



**Figura 5** – Fasi della procedura analitica seguita.



**Figura 6** – Cromatogramma GC/MS di un campione di mosto.

#### 4.3.4 Analisi dei dati

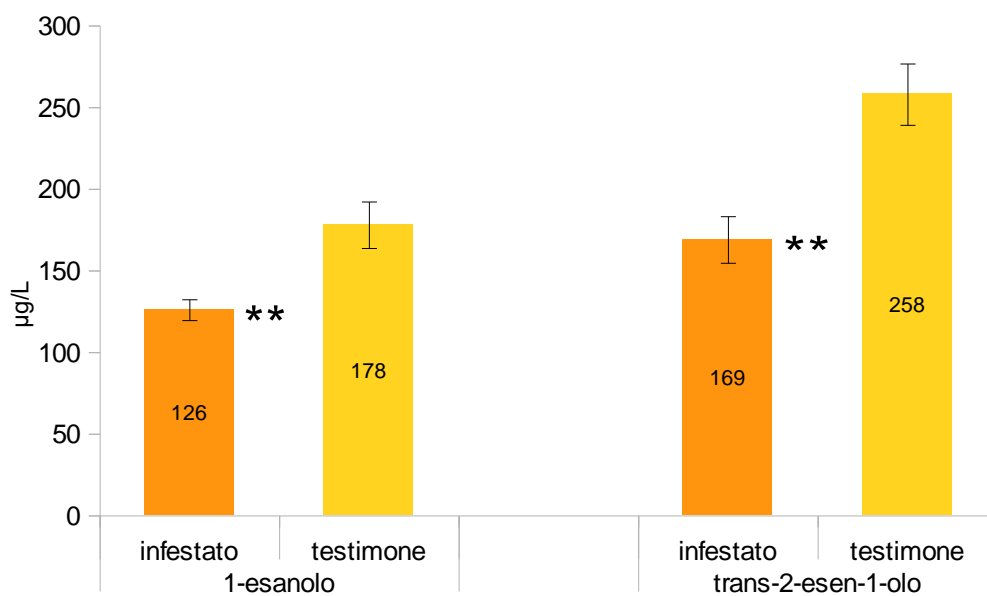
I dati ottenuti sono stati elaborati con un'analisi multivariata della varianza (MANOVA).

In caso di differenze significative della MANOVA sono stati eseguiti test univariati (ANOVA) per ogni sostanza aromatica, per evidenziare potenziali differenze di composti aromatici fra grappoli infestati e non infestati. In particolare, con l'analisi statistica si è voluto confrontare i valori medi delle concentrazioni delle sostanze aromatiche estratte da mosti ottenuti da acini contenenti saliva di *H. halys* e i valori medi delle concentrazioni delle medesime sostanze estratte da mosti testimoni.

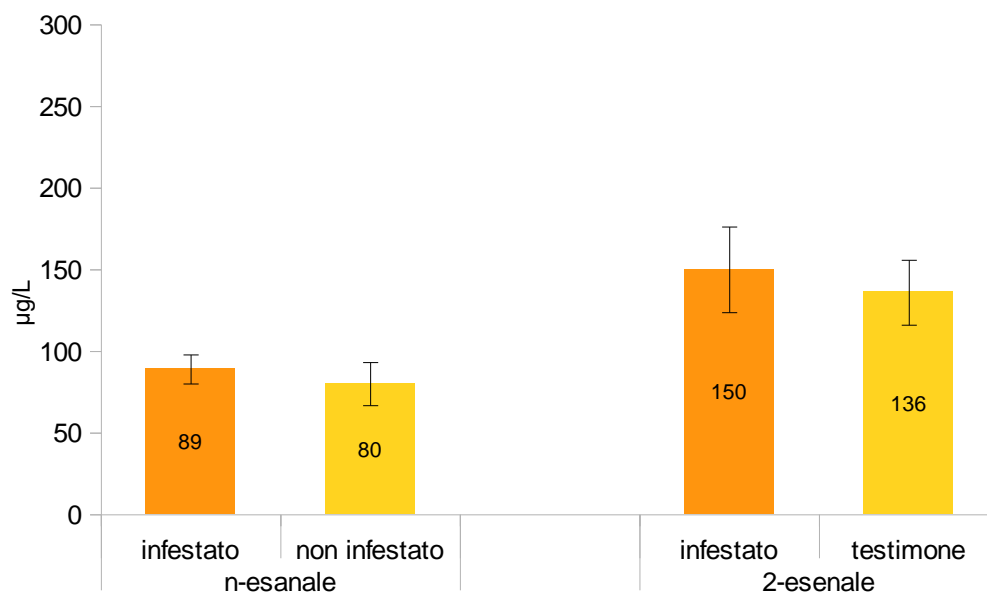
#### 4.4 Risultati

Nella tabella seguente (tab. 1) sono elencate le concentrazioni delle sostanze aromatiche individuate nei mosti analizzati in tutta la prova. Nei grafici in figura 7-9 sono poste a confronto le concentrazioni medie delle sostanze fra grappoli infestati e non infestati. L'analisi multivariata della varianza (MANOVA) mostra una differenza significativa nella composizione aromatica fra grappoli infestati e testimone ( $P < 0.01$ ). I test univariati ANOVA, per ogni sostanza, mostrano come le concentrazioni di 1-esanolo e trans-2-esen-1-olo siano significativamente più basse nei grappoli infestati rispetto ai non infestati. Per le altre sostanze (n-esanale, 2-esanale, cis-3-esen-1-olo e 1-eptanolo) non sono riscontrabili differenze significative.

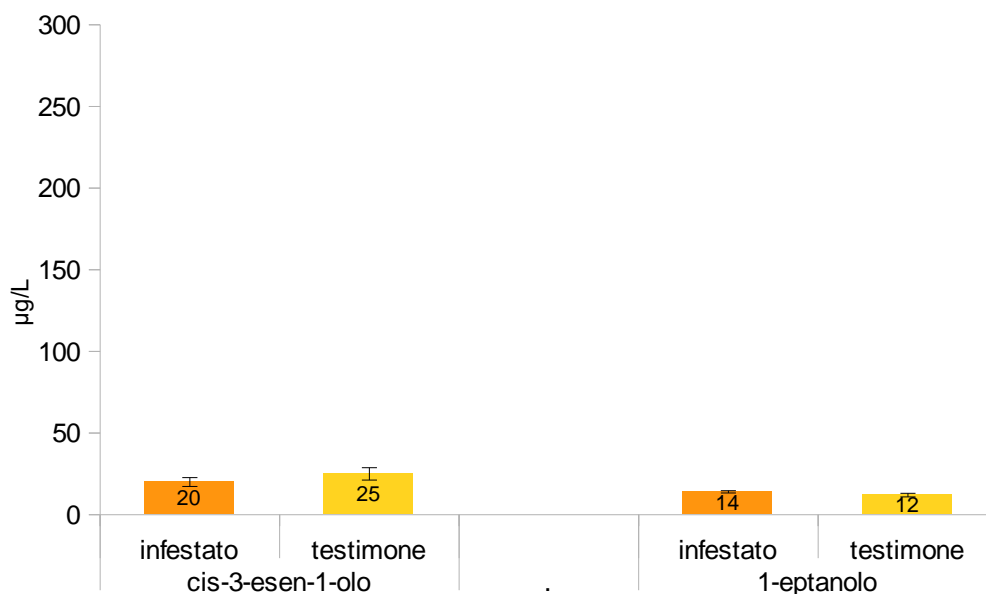




**Figura 7** – Confronto tra le medie delle concentrazioni di 1-esaolo e trans-2-esen-1-olo (\*:  $P < 0.05$  - \*\*:  $P < 0.01$ ).



**Figura 8** – Confronto tra le medie delle concentrazioni di n-esaale e 2-esenale.



**Figura 9** – Confronto tra le medie delle concentrazioni di cis-3-esen-1-olo e 1-eptanolo.

#### 4.5 Discussione e conclusioni

Gli aromi erbacei si formano in seguito a una catena di reazioni enzimatiche detta “via della lipossigenasi” (LOX pathway) attivata durante gli stadi di pre-maturazione (*mature green*) e principalmente innescata dalla lacerazione dei tessuti vegetali in presenza di ossigeno (Oliveira *et al.*, 2006). Tale via metabolica è dunque fortemente legata alle fasi di deraspatura e pigiatura; tuttavia, le variabili che possono innescare cambiamenti sui profili aromatici del mosto sono numerose e legate anche ad altre importanti sostanze aromatiche (terpeni, norisoprenoidi, benzenoidi, ecc.).

Ciò che nella presente prova si è potuto verificare è che due importanti alcoli, l'1-esanolo e il trans-2-esen-1-olo, sono risultati presenti in concentrazioni significativamente differenti in mosti ottenuti da grappoli d'uva infestati da *H. halys* rispetto a grappoli testimone protetti dall'insetto; in particolare, il contatto delle cimici con le bacche ne ha inibito la sintesi.

A questo proposito pare utile ricordare che le sostanze aromatiche sono importanti per la valutazione olfattiva del vino; sarebbe da verificare come l'alterazione delle concentrazioni di queste sostanze possa causare ricadute sulla qualità del vino.

Altre sostanze (polifenoli, zuccheri residui, glicerolo, ac. tartarico, ac. malico, ac. lattico ecc.) presenti nel vino sono fondamentali per la valutazione gustativa. Verificare in che modo queste ultime possono essere influenzate dai contaminanti iniettati nelle uve dalla cimice consentirebbe di capire se, o in che modo, la piacevolezza, la sapidità, la dolcezza o l'acidità e più in generale l'insieme dei vari gusti e sensazioni che la bevanda sviluppa all'interno del palato possono

risultarne modificate. La semplicità d'applicazione e le potenzialità di sviluppo dell'approccio metodologico proposto appaiono degne d'interesse.

Il presente studio è stato realizzato su un'unica varietà di uva, nel periodo dell'invasatura, motivo per cui è lecito chiedersi a quali risultati si sarebbe approdati replicando la prova su altri vitigni oltre che in altri periodi fenologici. Altre varianti di semplice gestione del metodo utilizzato potrebbero riguardare fattori quali la lunghezza del periodo di contatto tra insetti e acini, il numero di esemplari da impiegare e l'età degli stessi (tutti allo stadio di adulto o di ninfa), l'allargamento dell'indagine GC/MS agli aromi varietali e altro ancora; fino ad arrivare ad indagare i profili aromatici ottenibili al termine della vinificazione.

Per questi motivi i risultati ottenuti in questo studio devono essere necessariamente considerati come un punto di partenza per ricerche future.

#### 4.6 Bibliografia

- Drawert, F., 1966. Enzymatische bildung von hezen-2-al-(1) hexanal und deren vorstuyen lichigs. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 694(1), 200-208.
- Etiévant, P.X., 1991. Wine. In Volatile compounds of food and beverages. *Maarse, New York*, 483-587.
- Hardy, P. S., 1970. Changes in volatiles of muscat grapes during ripening. *Phytochemistry*, 9(4), 709-715.
- Lopez, R., Aznar, M., Cacho, J., Ferreira, V., 2002. Determination of minor and trace volatile compounds in wine by solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometric detection. *Journal of Chromatography A*, 966(1-2), 167-177.
- Merritt D., 2014. Insect Science: An Introduction to Entomology. The University of Queensland. Version 1.0.17.
- Oliveira J. M., Faria M., Sá F., Barros F., Araújo I. M., 2006. C6-alcohols as varietal markers for assessment of wine origin. *Analytica Chimica Acta*, 563(1-2), 300-309.
- Peiffer, M., Felton, G. W., 2014. Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *PloS one*, 9(2), e88483.
- Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B., Lonvaud A. (1998). *Trattato di enologia (Vol. II)*. Bologna: Edagricole.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively G., Fraser H., Gariépy, T., Hamilton, G., Haye, T., Herbert A., Hoelmer K., Hooks, C. R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T., Martinson, H., Mitchell, W., Nielsen, A. L., Pfeiffer, D. G., Raupp, M. J., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P., Shrewsbury P., Venugopal, P. D., Whalen J., Wiman N. G., Leskey T. C., Tooker F.J., 2014. Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), 1-13.
- Serteyn, L., Ponnet, L., Saive, M., Fauconnier, M. L., Francis, F., 2018. Interaction between *Halyomorpha halys* Stål and its host plant: induced defense and feeding behavior.
- Sharma A, Khan AN, Subrahmanyam S, Raman A, Taylor GS and Fletcher MJ., 2014. Salivary Proteins of Plant-Feeding Hemipteroids - Implication in Phytophagy. *Bulletin of Entomological Research*, 104(2), 117-136.

## **5. Prima segnalazione di *Halyomorpha halys* nell'arcipelago maltese: provvedimenti adottabili per la mitigazione della diffusione di un insetto esotico**

### **5.1 Riassunto**

È oramai assodato che l'espansione europea di *Halyomorpha halys* è il risultato di molteplici invasioni ancora in corso. Inoltre, si ritiene che le invasioni secondarie si siano verificate tra i paesi europei con un effetto “testa di ponte”. In Italia, i dati sono stati più chiaramente correlati al loro verificarsi temporale, consentendo l'individuazione di una direttrice principale di espansione secondo l'asse nord-sud.

Considerata la rapidità e la modalità con cui la *H. halys* si sta diffondendo nel sud Europa e più in generale nei paesi che si affacciano sul bacino del Mediterraneo, nel periodo primaverile del 2018 è stata individuata l'opportunità di rilevarne e monitorarne la presenza nell'arcipelago maltese.

La ricerca è stata realizzata con l'impiego di trappole a feromoni d'aggregazione, e ha consentito di accertare la presenza dell'insetto sull'isola di Malta.

Considerati gli habitat potenzialmente colonizzabili dall'insetto sull'isola (urbani, agricoli, costieri, naturali, ecc.) è stato possibile studiare provvedimenti adottabili al fine di attenuarne la diffusione.

### **5.2 Introduzione**

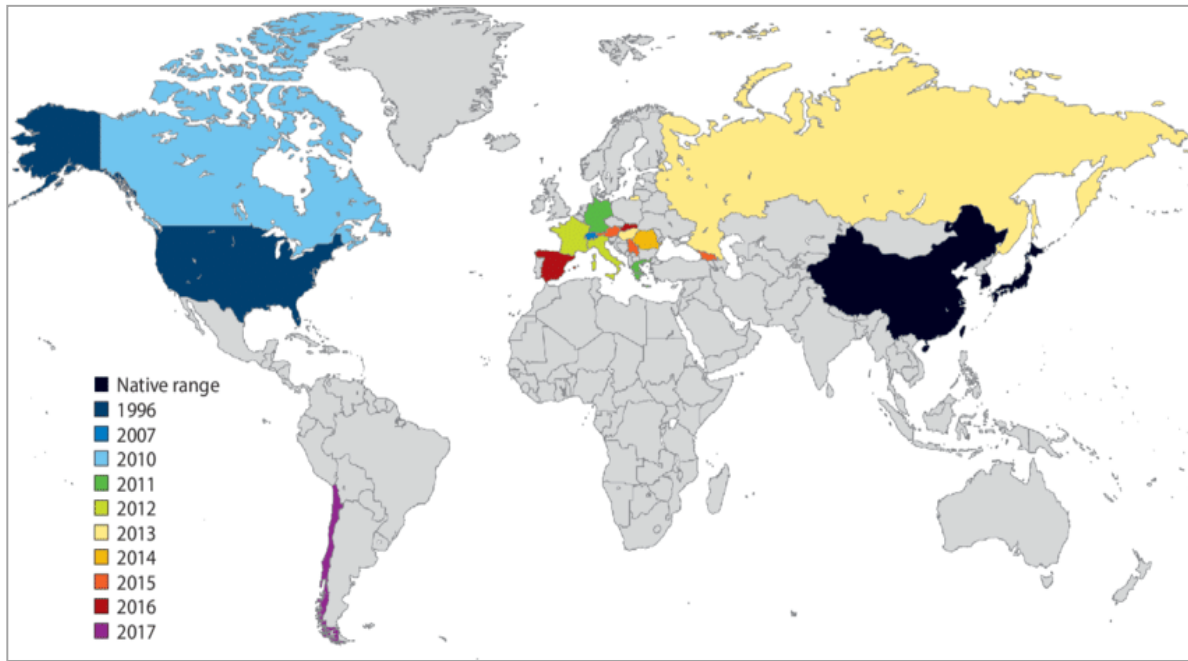
Il motivo per cui *H. halys* è riuscito ad espandersi così rapidamente in Nord America ed in Europa risiede, in parte, nel fatto che, durante il periodo estivo, gli adulti dell'insetto, sono capaci di spostamenti in volo che possono raggiungere i 100 chilometri (Wiman *et al.*, 2015). A questa caratteristica si aggiunge la sua indole “autostoppista” che gli consente di coprire grandi distanze anche tramite il trasporto automobilistico e aereo (Kriticos *et al.*, 2017), e il trasporto via mare (Duthie, 2012), spesso unitamente a prodotti agricoli.

La fuoriuscita dell'insetto al di fuori del suo areale di nascita (Figura 1) è stata segnalata per la prima volta a metà degli anni '90 ad Allentown, Pennsylvania (Stati Uniti) (Hoebeke e Carter, 2003), da dove si diffuse rapidamente; è attualmente presente in 44 stati degli Stati Uniti e in 4 province del Canada (National Institute of Food and Agriculture, 2018). In Europa è stato osservato per la prima volta nel 2007 in Svizzera (Wermelinger *et al.*, 2008), e da allora è stato segnalato in Liechtenstein, Germania, Spagna, Francia, Austria, Russia, Ungheria, Bulgaria, Romania, Serbia, Grecia (Heckmann, 2012; Véték *et al.* 2014; Macavei *et al.*, 2015; Dioli *et al.*, 2016; Simov, 2016; Costi *et al.*, 2017).

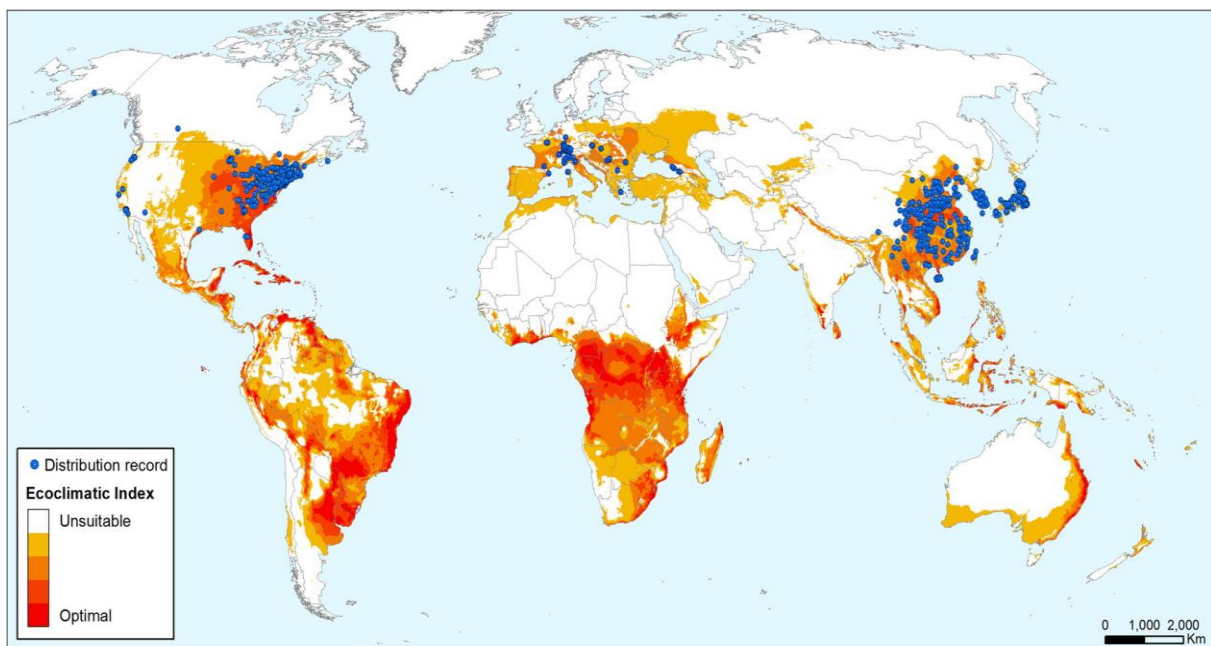
In Italia, il primo rinvenimento risale al 2012, quando un esemplare di BMSB è stato raccolto nei pressi di Modena, in Emilia-Romagna (Maistrello *et al.*, 2016). Da allora la sua presenza è stata registrata in tutte le regioni del nord Italia, con frequenti avvistamenti nelle regioni centrali e

avvistamenti occasionali nella parte meridionale del paese (Bariselli *et al.*, 2016) Sardegna e Sicilia comprese (Dioli *et al.*, 2016).

Modelli bioclimatici suggeriscono la probabilità di un'ulteriore diffusione della specie nelle regioni con clima mediterraneo, climi caldi-temperati, tropicali e umido-tropicali, indicando così come notevoli le possibilità di diffusione del Sud del mondo (Kriticos *et al.*, 2017) (Fig. 2).



**Figura 1.** Distribuzione globale delle popolazioni stabili di *Halyomorpha halys*, dal suo areale nativo alle regioni invase (per anno di rilevamento). L'anno di rilevamento si basa su rapporti pubblicati o dati forniti dall'Organizzazione europea e mediterranea per la protezione delle piante (<https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA/distribution>).



**Figura 2 -** Idoneità climatica modellata globalmente (CLIMEX Ecoclimatic Index) per *Halyomorpha halys*, comprese le posizioni di distribuzione già registrate (Kriticos *et al.*, 2017).

### 5.3 La presenza di *Halyomorpha halys* a Malta

Negli ultimi anni il raggio di distribuzione di *H. halys* si è esteso alle regioni meridionali del bacino del Mediterraneo. Poichè le isole maltesi sono strategicamente situate al centro del suddetto bacino, la presenza di tale insetto a Malta potrebbe fornire il portale per la sua introduzione nel nord Africa. Pertanto, è stata condotta un'indagine nelle isole maltesi per valutare la possibile presenza di questa specie.

### 5.4 Materiali e metodi

Per l'indagine sono state selezionate dieci località di campionamento, 9 a Malta e 1 sull'isola di Gozo (Figura 3). Le località sono state scelte in modo che fossero disposte omogeneamente sull'intero territorio, che potessero rappresentare punti di ingresso di prodotti commerciali da tutta Europa e dai paesi del Terzo Mondo e/o che disponessero di piante ospiti molto attrattive per l'insetto (peri, albicocchi, ulivi, viti).

Il campionamento degli insetti è stato realizzato con dieci trappole a colla (fig. 4) con feromone di aggregazione. Per motivi legati alla praticità d'uso e alla comprovata funzionalità, sono state usate trappole modello “Stiky trap” prodotte dalla ditta Trécé.

Lo studio è stato condotto dal 15 marzo 2018 al 31 maggio 2018. Durante questo periodo, le trappole sono state controllate per l'eventuale presenza di *H. halys* ogni 15 giorni.

La sostituzione del feromone di aggregazione è avvenuta il 30 aprile.

I pannelli adesivi sono stati sostituiti solo quando si è reso necessario per la presenza di un eccesso di insetti catturati.

Informazioni sui siti e la loro collocazione su mappa sono state riportate nella tabella 1.



**Figura 3** - Posizioni selezionate per la collocazione delle trappole adesive.

**Tabella 1** - Dati su ogni posizione in cui sono state collocate le trappole.

Località	Coordinate	Posizionamento	Data installazione	Date Controlli
<b>Gozo</b> (Marsalforn valley- Azienda agricola)	Lat. 36°03'03.1"N Long. 14°15'03.5"E	Ulivo attiguo a vigneto	16/03/18	29/03, 16/04, 30/4, 15/05, 31/05
<b>Simar</b> (Riserva naturale)	Lat. 35°56'41.8"N Long. 14°23'02.1"E	Bosco	16/03/18	29/03, 16/04, 30/4, 15/05, 31/05
<b>Rabat</b> (Azienda agricola)	Lat. 35°52'06.3"N Long. 14°24'48.9"E	Nocciolo attiguo ad albicocchi	15/03/18	29/03, 16/04, 30/4, 15/05, 31/05
<b>Tà Qali</b> (Parco naturale)	Lat. 35°53'41"N Long. 14°25'22"E	Bosco vicino vigneto	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Msida</b> (Parco Università)	Lat. 35°54'15"N Long. 14°28'59"E	Bosco	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Marsa</b> (Addolorata zone)	Lat. 35°52'17"N Long. 14°29'59"E	Arbusto	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Siggiewi</b> (Azienda agricola)	Lat. 35°50'34"N Long. 14°26'00"E	Pereto	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Luqa airport</b>	Lat. 35°51'03"N Long. 14°29'33"E	Carrubo	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Zejtun</b> (Azienda agricola)	Lat. 35°50'44,9"N Long. 14°33'04,5"E	Arbusto	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05
<b>Birzebbuga</b> (Freeport)	Lat. 35°48'56"N Long. 14°31'54"E	Albicocco	15/03/18	28/03, 16/04, 30/04, 15/05, 30/05



**Figura 4** – Trappole adesive usate nella prova.

## 5.5 Risultati e discussione

Nell'indagine condotta nelle isole maltesi, il giorno 15 maggio 2018 è stato catturato un maschio *H. halys* al Freeport di Birzebbugia. Questo luogo è uno di quelli in cui molti prodotti vengono importati dai paesi del terzo mondo e avvengono molti scambi commerciali con i Paesi dell'UE; rappresenta un luogo perfetto per l'introduzione di specie aliene. La scoperta di questo singolo maschio a Malta è significativa. Molte specie aliene invasive vengono spesso catturate inizialmente come individui singoli. Durante questo periodo interagiscono con il nuovo ambiente. Dopo un certo periodo di latenza (che è molto variabile) le specie di nuova introduzione possono diventare



invasive.

I rischi associati a parassiti invasivi alieni (impatto ecologico) sono difficili da quantificare in quanto implicano interazioni tra fattori che operano su una scala spaziale e temporale, come la dinamica della popolazione dell'insetto, le condizioni ambientali del territorio invaso e la presenza di potenziali percorsi di dispersione (Barney e Whitlow, 2008).

Allo stadio attuale c'è bisogno di più tempo per capire meglio come si comporterà questa specie nell'Europa meridionale (ad esempio in Sicilia e a Malta). Sicuramente saranno necessarie altre indagini per cercare di capire le dinamiche della popolazione del parassita nei nuovi areali di diffusione. Ciò detto è bene ricordare che di norma gli avvistamenti di *H. halys* durante le ispezioni dogali sono di insetti adulti e che la possibilità d'ingresso per uova o stadi giovanili sono considerati a rischio molto più basso (Holtz e Kamminga, 2010; Duthie *et al.*, 2012; Garipey *et al.*, 2013). Tale situazione si verifica perché, facendo uso di varie strutture e materiali per le loro aggregazioni invernali, gli adulti hanno più interazione con oggetti inanimati mentre gli stadi immaturi sono più strettamente legati al materiale vegetale ospite. È possibile che uova, neanidi e ninfe possano essere trasportate su frutta fresca e verdura. Tuttavia, le uova sono sensibili alla bassa temperatura utilizzata per la conservazione dei prodotti, inoltre, le uova si schiudono in genere in pochi giorni e il trasporto potrebbe disturbare le neanidi di prima età nel nutrirsi dei resti delle uova dopo l'emergenza, causando un aumento della mortalità. Il rischio di introduzione è leggermente più elevato per le ninfe su materiale fresco, ma sui prodotti destinati al mercato, la probabilità di sopravvivenza e di insediamento è comunque bassa.

Il trasporto di piante da vivaio è un altro potenziale meccanismo per l'introduzione di ninfe, ma le rigide normative che regolano il trasporto e il trattamento di tali piante riducono notevolmente questa possibilità (Duthie *et al.*, 2012).

Sebbene l'individuazione di singoli esemplari di *H. halys* siano più comuni, le aggregazioni rappresentano chiaramente il maggior rischio di insediamento con più insetti di entrambi i sessi rappresentati. Le modalità di introduzione che coinvolgono gli adulti hanno maggiori probabilità di verificarsi con materiale non vegetale e sono associati agli adulti che presentano comportamenti di aggregazione.

Nei paesi esportatori da cui possono essere considerate provenire le principali popolazioni di origine di *H. halys*, quali Cina, Corea, Giappone e Stati Uniti, le aggregazioni iniziano a formarsi in agosto e settembre (Hoebeke e Carter, 2003; Hamilton, 2009). Iniziato il suddetto periodo le intercettazioni dell'insetto durante le ispezioni doganali aumenta (Duthie *et al.*, 2012).

I grandi oggetti che sono stati lasciati fermi sul posto per lunghi periodi di tempo mentre si formano le aggregazioni invernali di *H. halys* hanno il più alto rischio di ospitare aggregazioni.

Contenitori di carico oceanici (containers) o casse di imballaggio sembrano essere uno dei percorsi

di introduzione più comuni e potrebbero essere stati responsabili dell'introduzione iniziale di *H. halys* negli Stati Uniti verso la metà degli anni '90 (Hoebeke e Carter, 2003; Hamilton, 2009). Tuttavia, *H. halys* è stato individuato anche su ponti di navi e su vari carichi trasportati come mobili e automobili (Holtz e Kamminga, 2010; Duthie *et al.*, 2012).

Il rischio di introduzione di adulti su prodotti o altri materiali vegetali è considerato basso o moderato, ma si ritiene possa essere stato il meccanismo di introduzione di *H. halys* in Svizzera (Wermelinger *et al.*, 2008). Nonostante ciò, il trasporto di imballaggi in materiali vegetali, in particolare se conservati all'aperto, sono sempre una fonte potenziale di introduzione.

Una volta iniziata, la diffusione nei nuovi areali tende a seguire percorsi legati all'attività umana, comprese le autostrade e ferrovie. Auto, trattori, rimorchi, veicoli da diporto e camion in movimento sono tutti mezzi di distribuzione possibili.

Sulla base di quanto detto appare chiaro che il piccolo arcipelago maltese (316 km<sup>2</sup>) è, almeno potenzialmente, a rischio invasione da parte della specie aliena. Tuttavia, proprio le ridotte dimensioni del Paese possono giocare un ruolo positivo nel contenimento dell'insetto poiché i siti da mantenere sotto controllo sono relativamente pochi. Il porto per l'attracco delle grandi navi (qui è avvenuta l'unica cattura del fitofago) è unico e le sue dimensioni consentono di pianificare con relativa semplicità l'installazione di un numero limitato di trappole con funzione di monitoraggio ma anche di cattura massale. Tale approccio potrebbe essere replicato negli altri porti e soprattutto nei punti di arrivo e partenza del traghetto che fa la spola tra l'isola di Malta e l'isola di Gozo. Lo stesso metodo di lotta potrebbe essere utilizzato per l'area che accoglie il piccolo aeroporto.

Per quanto riguarda la difesa dei prodotti agricoli è utile premettere che l'agricoltura maltese è per molti versi di tipo tradizionale. Si sviluppa su piccole superfici (gli appezzamenti di norma non superano 1 ha di dimensione) circondate da muretti a secco in pietra rosa dell'isola e ha tra i propri fattori limitanti la scarsità d'acqua piovana e le alte temperature estive.

In questo contesto è decisamente difficile ipotizzare la lotta ad *H. halys* con mezzi di lotta che non siano prettamente legati ai trattamenti chimici; le superfici a disposizione degli agricoltori sono così esigue da rendere impraticabile l'uso di IE come piante trappola e antieconomico l'impianto di reti antinsetto. Tuttavia, la presenza ubiquitaria dei muretti di confine degli appezzamenti può tornare utile nel caso si decida di optare per una tecnica di lotta capace altresì di limitare l'impiego di insetticidi di sintesi qual è ad esempio la già citata *attract and kill*. In questo caso dispenser con feromoni di aggregazione potrebbero essere collocati a contatto con i muretti e ricoperti con reti impregnate da insetticida; alternativa alle reti potrebbe essere il classico trattamento insetticida con pompa a spalla eseguito esclusivamente sulla superficie del muretto intorno ai dispenser.

## **5.6 Ringraziamenti**

Questo studio è stato realizzato in collaborazione con l'Institute of Earth Systems dell'Università di Malta; in particolare si ringrazia il prof. David Mifsud per la preziosa collaborazione.

Un sentito ringraziamento è dovuto al Dott. Mark Zammit per il fondamentale supporto durante le fasi di installazione e controllo delle trappole.

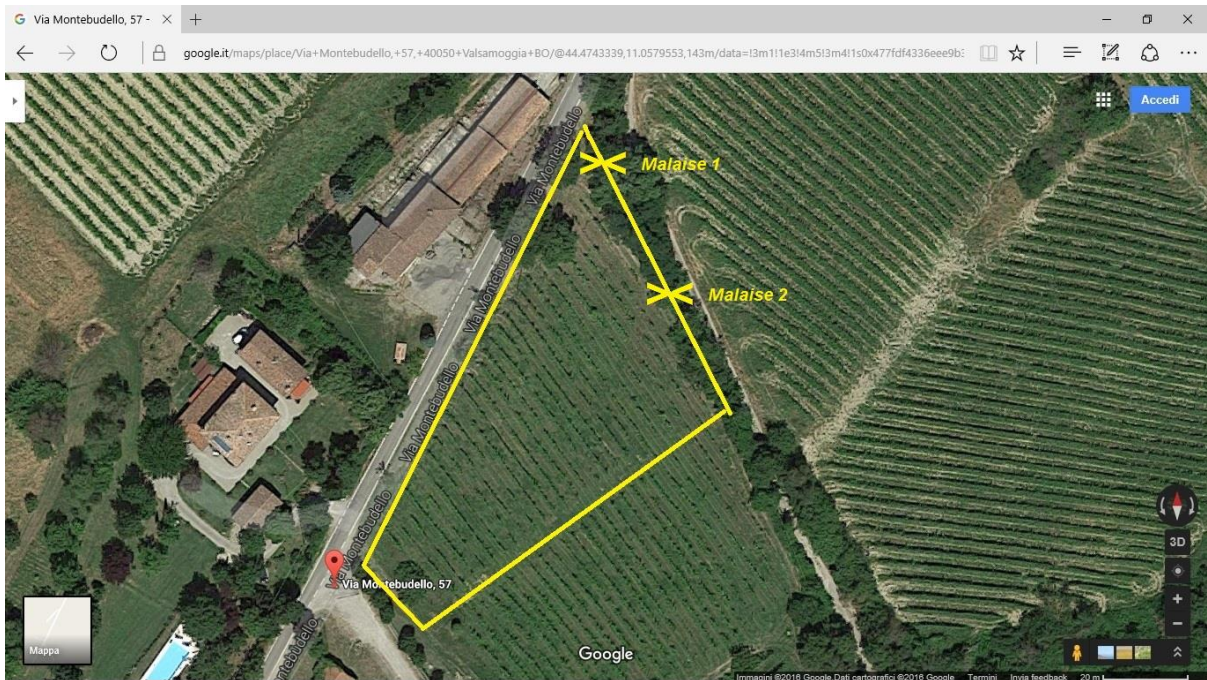
## 5.7 Bibliografia

- Bariselli, M., Bugiani R., Maistrello, L., 2016. Distribution and Damage Caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *EPPO Bulletin*, 46(2), 332-34.
- Barney, J.N., Whitlow, T.H., 2008. A unifying framework for biological invasions: the state factor model. *Biological Invasions*, 10(3), 259-272.
- Bortolotti, P. P., Caruso, S., Nannini, R., Vaccari, G., Casoli, L., Bariselli, M., Bortolini, S., Costi, E., Guidetti, R., Maistrello, L., 2015. Preoccupano le infestazioni della cimice asiatica. *L'informatore Agrario*, 43, 52-56.
- Corrêa-Ferreira, B. S., De Azevedo, J., 2002. Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 145-150.
- 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), 1059-67.
- Dioli, P., Leo, P., Maistrello, L., 2016. Prime segnalazioni in Spagna e in Sardegna della specie aliena *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) e note sulla sua distribuzione in Europa (Hemiptera, Pentatomidae). *Revista gaditana de Entomología*, 7(1), 539-48.
- Duthie, C., 2012. Risk analysis of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) on all pathways. *Ministry for Primary Industries, Wellington, New Zealand*, 57.
- Garipey T.D., Haye, T., Fraser, H., Zhang J, 2013. Occurrence, genetic diversity, and potential pathways of entry of *Halyomorpha halys* in newly invaded areas of Canada and Switzerland. *Journal of Pest Science*, 87(1), 17-28.
- Heckmann, R., 2012. Erster nachweis von *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) für Deutschland. *Heteropteron*, 36, 17-18.
- Hamilton G.C., 2009. Brown marmorated stink bug. *American Entomologist*, 55, 19-20.
- Hiruki C., 1997. Paulownia witches'-broom disease important in East Asia. In: International symposium on urban tree health 496, 63-68.
- Hoebeke, E. R., Carter M. E., 2003. *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae): A Polyphagous Plant Pest from Asia Newly Detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1), 225-37.
- Holtz, T., Kamminga, K., 2010. Qualitative analysis of the pest risk potential of the brown marmorated stink bug (BMSB), *Halyomorpha halys* (Stal), in the United States. *United States Department of Agriculture: APHIS*.
- Jones J.R., Lambdin P.L., 2009. New county and state records for Tennessee of an exotic pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), with potential economic an ecological implication. *Florida Entomologist*, 92(1), 177-178.
- Kriticos, D. J., Kean, J. M., Phillips, C. B., Senay, S. D., Acosta, H., Haye, T., 2017. The potential

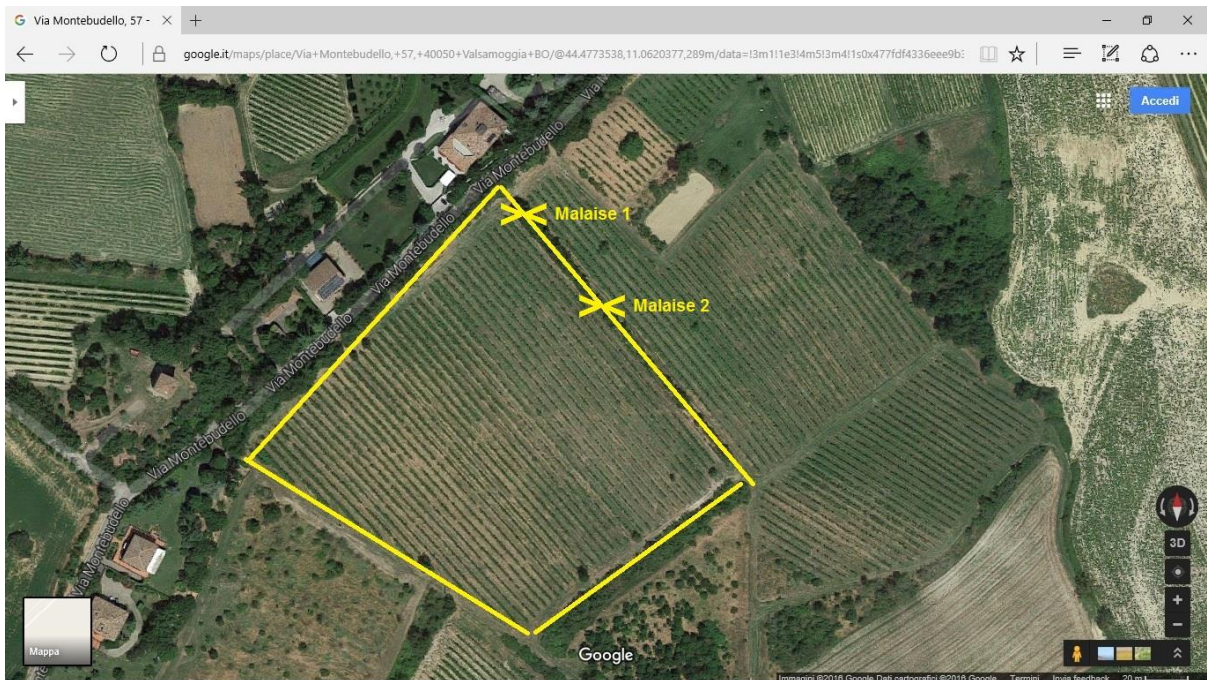
- global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1033-1043.
- Kuhar, T. P., Kamminga, K. L., Whalen, J., Dively, G. P., Brust, G., Hooks, C. R. R., Hamilton G., Herbert, D. A., 2012. The pest potential of brown marmorated stink bug on vegetable crops. *Plant Health Progress*.
- Lee, D. H., Short, B. D., Joseph, S.V., Bergh, J. C., Leskey, T.C., 2013. Review of the Biology, Ecology, and Management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627-41.
- 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: A journal of Entomology*.
- Macavei, L.I., Bâetan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., Maistrello, L., 2015. First Detection of *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), a New Invasive Species with a High Potential of Damage on Agricultural Crops in Romania. *Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară " Ion Ionescu de La Brad" Iași, Seria Agronomie*, 58(1), 105-108.
- Maistrello, L., Dioli, P., Bariselli, M., Mazzoli, G.L., Giacalone-Forini, I., 2016. Citizen Science and Early Detection of Invasive Species: Phenology of First Occurrences of *Halyomorpha halys* in Southern Europe. *Biological Invasions*, 18(11), 3109-3116.
- Mohekar, P., 2016. Brown Marmorated Stink Bug (BMSB), *Halyomorpha halys* Taint in Wine: Impact on Wine Sensory, Effect of Wine-processing and Management Techniques. PhD unpublished thesis, Oregon State University, 190 pgs.
- National Institute of Food and Agriculture, 2018. Management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. <http://www.stopbmsb.org/where-is-bmsb/state-by-state/>.
- Ni, X., Da, K., Buntin, G. D., Cottrell, T. E., Tillman, P. G., Olson, D. M., Powell, R., Lee, R. D., Wilson, J.P., Scully, B. T., 2010. Impact of brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on corn grain yield components and quality. *Journal of economic entomology*, 103(6), 2072-2079.
- Nielsen A.L., Hamilton G.C., 2009a. Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133-1140.
- Nielsen A.L., Hamilton G.C., 2009b. Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4), 608-616.
- Peiffer, M., Felton, G. W., 2014. Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *PloS one*, 9(2), e88483.

- Silva, F. A. C., da Silva, J. J., Depieri, R. A., Panizzi, A. R., 2012. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical entomology*, 41(5), 386-390.
- Simov N., 2016. The invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) already in Bulgaria. *Ecologica Montenegrina*, 9, 51–53.
- Vétek, G., Papp, V., Haltrich, A., Rédei D., 2014. First Record of the Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae), in Hungary, with Description of the Genitalia of both sexes. *Zootaxa*, 3780(1), 194-200.
- Wiman N.G., Walton, V.M, Shearer, P.W., Rondon, S.I., Lee J.C., 2015. Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88(1), 37-47.
- Wermelinger, B., Wyniger, D. Forster, B., 2008. First Records of an Invasive Bug in Europe: *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae), a New Pest on Woody Ornamentals and Fruit Trees? *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 81(1/2), 1-8.

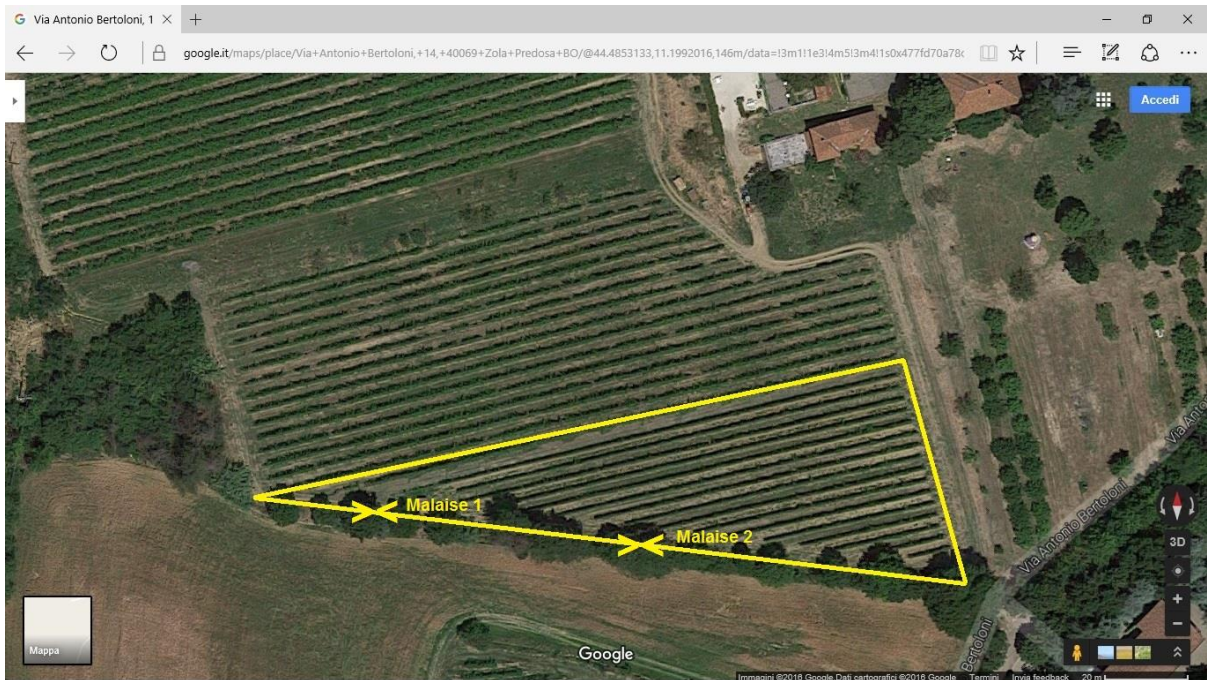
## APPENDICE



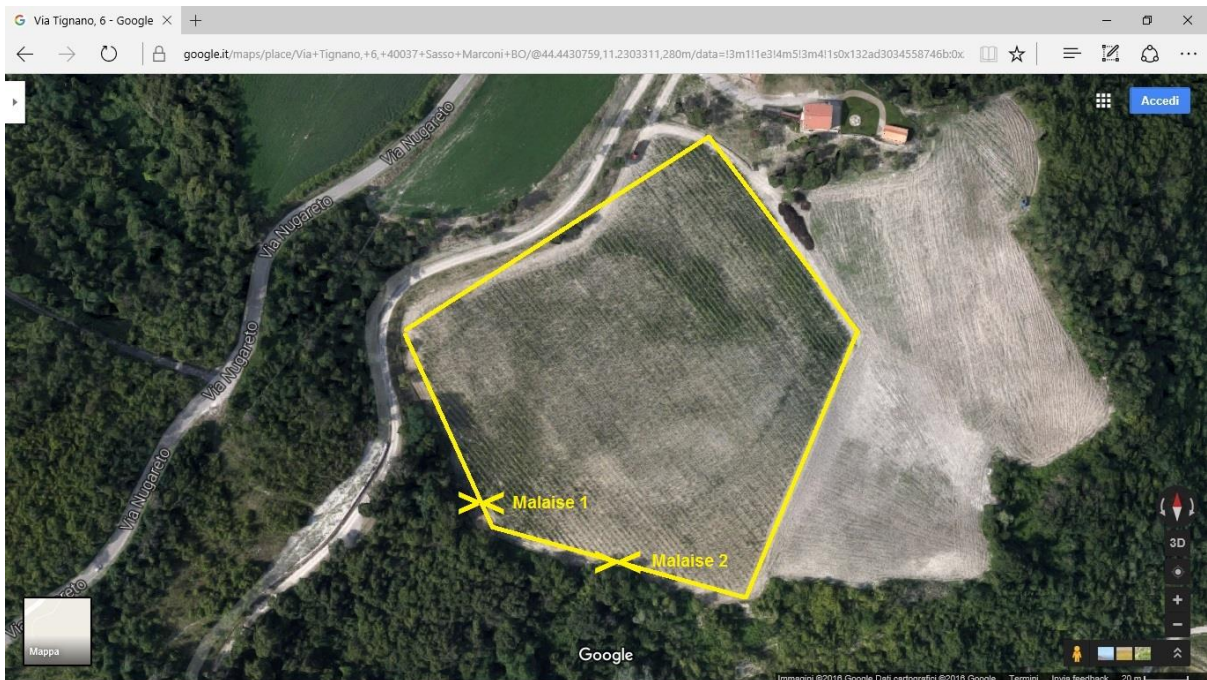
Azienda 1 “Al Pazz” – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).



Azienda 2 “La Cavaliere” – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).

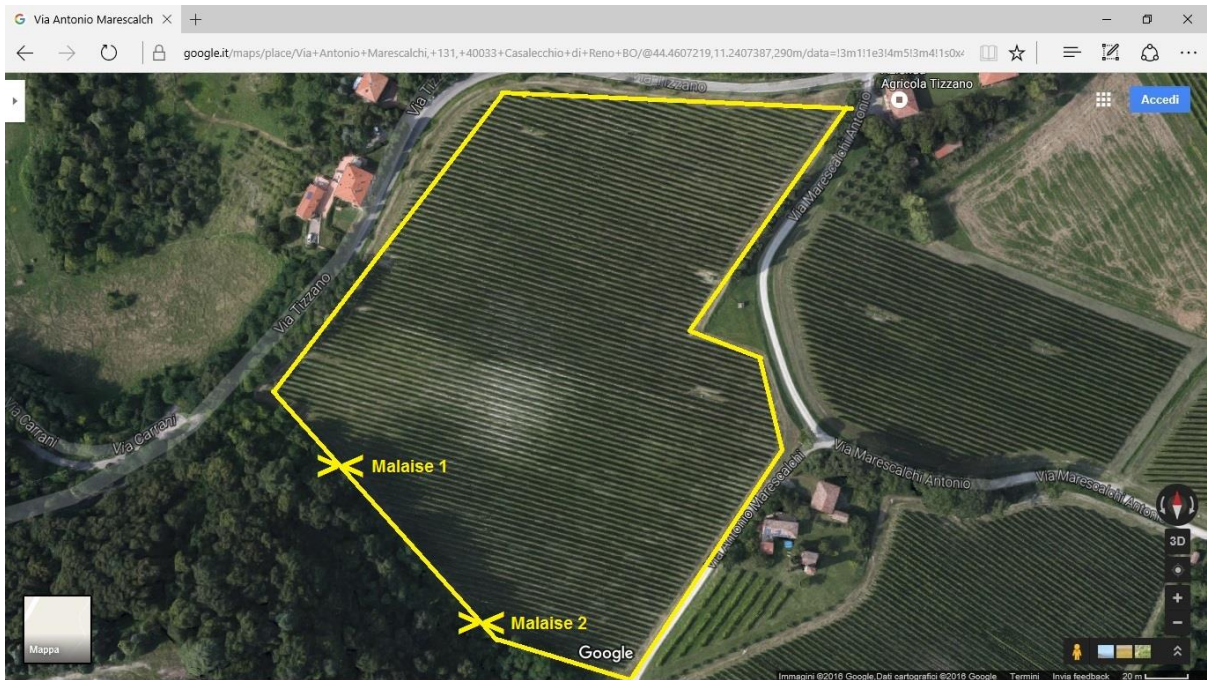


Azienda 3 “Manaresi” – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).

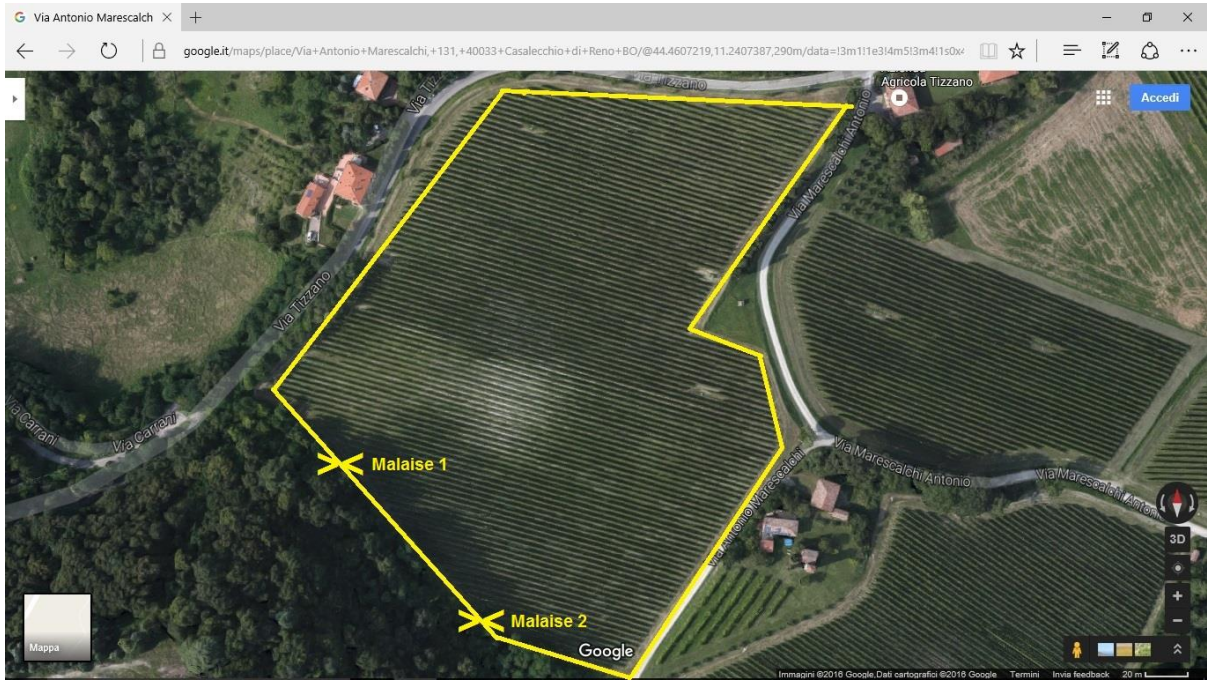


Azienda 4 “Nugareto” – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).





Azienda 5 "Tizzano" – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).



Azienda 6 "Cinti" – Collocazione Malaise (immagine Google Maps).

Famiglia parassitoidi	Az. 1 - Al Pazz			Az. 2 - La Cavaliera			Az. 3 - Manaresi			Az. 4 - Nugareto			Az. 5 - Tizzano			Az. 6 - Cinti		
	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno
Aphelinidae	2		0,01	4	2	0,04	1	52	0,38	32	39	0,51	101	130	1,65	9	18	0,19
Aulacidae														3	0,02			
Bethylidae				1		0,01	1	7	0,06		2	0,01	8	3	0,08	7	8	0,11
Braconidae		3	0,02	1	9	0,07	3	132	0,96	115	58	1,24	327	106	3,09	100	240	2,43
Ceraphronidae	3	4	0,05	4	8	0,09	3	23	0,19	19	49	0,49	64	26	0,64	17	22	0,28
Chalcididae										4		0,03	9	6	0,11	3	9	0,09
Crisididae								7	0,05	3	4	0,05	120	17	0,98	3	7	0,07
Cynipoidea		1	0,01		2	0,01		18	0,13	19	22	0,29	66	9	0,57	11	20	0,22
Diapriidae	2	8	0,07	9	23	0,23	26	221	1,76	55	103	1,13	577	231	5,77	121	59	1,29
Drynidae		2	0,01		1	0,01		21	0,15	8	13	0,15	119	40	1,14	154	50	1,46
Elasmidae																1		0,01
Encyrtidae	1	4	0,04	1	5	0,04	2	17	0,14	55	77	0,94	87	93	1,29	41	45	0,61
Eulophidae	2	2	0,03		16	0,11	4	112	0,83	76	56	0,94	167	59	1,61	27	60	0,62
Eupelmidae		1	0,01					4	0,03	2	4	0,04	3	4	0,05	2	4	0,04
Eurytomidae	1	1	0,01					7	0,05	16	12	0,2	5	2	0,05	1	7	0,06
Gasteruptiidae							1	1	0,01	1		0,01						
Heloridae		3	0,02	2	2	0,03	6	55	0,44	9	11	0,14	43	55	0,7	3		0,02
Ichneumonidae	2	16	0,13	2	13	0,11	33	233	1,9	191	126	2,76	767	263	7,36	119	142	1,86
Megaspilidae	1		0,01		2	0,01	3	21	0,17	3	11	0,1	22	4	0,19	9	9	0,13
Mymaridae	2	8	0,07	10	41	0,36	24	141	1,18	74	137	1,51	228	94	2,3	62	97	1,14
Mutillidae							2	2	0,03	3	3	0,04				4	1	0,04
Ormyridae											1	0,01						
Perilampidae								1	0,01		1	0,01	2	10	0,09	6		0,04
Platigastridae		1	0,01		4	0,03	2	19	0,15	12	34	0,33	128	33	1,15	34	29	0,45

Famiglia parassitoidi	Az. 1 - Al Pazz			Az. 2 - La Cavaliera			Az. 3 - Manaresi			Az. 4 - Nugareto			Az. 5 - Tizzano			Az. 6 - Cinti		
	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno
Pompilidae	1	1	0,01				2	17	0,14	7	10	0,12	1	11	0,09	10	33	0,31
Proctotrupidae					2	0,01	4	22	0,19	4	19	0,16	80	25	0,75	10	14	0,17
Pteromalidae	1	4	0,04		2	0,01		42	0,3	38	44	0,59	116	39	1,11	17	85	0,73
Scelionidae	3	13	0,11	4	10	0,1	13	75	0,63	64	88	1,1	196	142	2,4	109	117	1,6
Stephanidae								1	0,01		1	0,01						
Tetracampidae													3		0,02	3		0,02
Torimidae							1	1	0,01	1	1	0,01	19	1	0,14			
Trichogramma					4	0,03		8	0,06	1	5	0,04	6	3	0,06	9	6	0,11
Altri Chalcitoidea		4	0,03	1	3	0,03		6	0,04	3	19	0,16	16	26	0,3	7	5	0,09
Altri Evanoidea	1	4	0,04	1		0,01	1	58	0,42	1	12	0,09	19	52	0,51	15	27	0,3

Ichneumonidae Sottofamiglie	Az. 1 - Al Pazz			Az. 2 - La Cavaliera			Az. 3 - Manaresi			Az. 4 - Nugareto			Az. 5 - Tizzano			Az. 6 - Cinti		
	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno
Adelognathinae										1	0,01				1		0,01	
Anomaloninae									1		0,01							
Banchinae		1	0,01		1	0,01	1		0,01	1	3	0,03	7	6	0,09			
Brachycyrtinae								14	0,1	4	2	0,04	2	4	0,04	1	3	0,03
Campopleginae		2	0,01		1	0,01	9	40	0,35	58	22	0,57	92	21	0,81	41	43	0,6
Cre mastinae										3		0,02	2		0,01			
Cryptinae	2	12	0,17	1	9	0,07	5	72	0,55	54	39	0,66	258	149	2,91	31	41	0,51
Ctenopelmatinae							1	15	0,11	17	1	0,13	30	4	0,24	3	2	0,04
Cylloceriinae																1		0,01
Diacritinae													1	1	0,01			
Diplazontinae							1	9	0,07	1	1	0,01	12	1	0,09	4	1	0,04
Hybrizontinae				1		0,01		2	0,01	9	8	0,12	19	17	0,26	8	3	0,08
Ichneumoninae							1	7	0,06	8	15	0,16	28	3	0,22	2	11	0,09
Mesochorinae							1	2	0,02	2	3	0,04	7	4	0,08	4	10	0,1
Metopiinae							1	12	0,09	11	5	0,11	41	9	0,36	8	6	0,1
Ophioninae							1	3	0,03				2	1	0,02		3	0,02
Orthocentrinae					1	0,01	8	27	0,25	7	6	0,09	69	5	0,53	10	7	0,12
Orthopelmatinae													3		0,02			
Oxytorinae										5	1	0,04	152	9	1,15	2	2	0,03
Pimplinae					1	0,01	2	17	0,14	8	14	0,16	15	22	0,26	2	8	0,07
Poemeninae							1		0,01	2		0,01	14	5	0,14			
Tersilochinae							1		0,01		1	0,01						
Tryphoninae							1	10	0,08		2	0,01	9	1	0,07		2	0,01
Xoridinae		1	0,01					2	0,01		2	0,01	4	1	0,04	1		0,01

Braconidae Sottofamiglie	Az. 1 - Al Pazz			Az. 2 - La Cavaliera			Az. 3 - Manaresi			Az. 4 - Nugareto			Az. 5 - Tizzano			Az. 6 - Cinti		
	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno	trap.1	trap.2	Catture/ trappola/ giorno
Agathidinae								2	0,01							1	4	0,04
Alysinae				1		0,01	33		0,23	35	10	0,32	144	31	1,25	32	80	0,8
Aphidiinae					4	0,03		37	0,26	26	8	0,24	25	11	0,26	4	11	0,11
Blacinae					1	0,01	2	21	0,16	18	2	0,14	63	13	0,54	5	7	0,09
Brachistinae							1		0,01				10		0,07			
Braconinae								3	0,02	4	7	0,09	13	9	0,16	5	2	0,05
Cheloninae								5	0,04		3	0,02	14	3	0,12	1	5	0,04
Doryctinae		1	0,01				1	10	0,08	6	2	0,06	3	7	0,07	2	6	0,06
Euphorinae								1	0,01	6	3	0,06	18	9	0,19	2	4	0,04
Gnamptodontinae		1	0,01							3		0,02		2	0,01			
Helconinae													2	3	0,04			
Homolobinae								5	0,04		1	0,01					4	0,03
Macrocentrinae								1	0,01				1	2	0,02	1		0,01
Microgastrinae		1	0,01					6	0,04	13	19	0,45	31	12	0,31	31	101	0,94
Miracinae				1		0,01		4	0,03	1		0,01		2	0,01			
Rogadinae										1		0,01	1		0,01	3	3	0,04
Opiinae					3	0,02		4	0,03	2	3	0,04	2	2	0,03	6	10	0,11

## Dati RDA – Famiglie parassitoidi

### FAMIGLIE 200 m

rda(X = bal[1:6, c(1:12)], Y = am1[1:6, 1:2])

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	16.329	1.0000
Constrained	10.251	0.6277
Unconstrained	6.079	0.3723

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	9.4972	0.75340	5.9103	0.14586	0.02257
Proportion Explained	0.5816	0.04614	0.3619	0.00893	0.00138
Cumulative Proportion	0.5816	0.62774	0.9897	0.99862	1.00000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	9.4972	0.7534
Proportion Explained	0.9265	0.0735
Cumulative Proportion	0.9265	1.0000

Scaling 2 for species and site scores

- \* Species are scaled proportional to eigenvalues
- \* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions
- \* General scaling constant of scores: 3.00597

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Aphelinidae	0.3714	-0.09503	0.24607	-0.004025	-0.011564
Braconidae	0.5852	0.39657	0.59529	0.049055	0.036106
Cynipoidea	0.1367	0.01736	0.07432	-0.006630	-0.006224
Diapriidae	1.0923	-0.24613	1.07903	0.049872	0.030656
Drynidae	0.1615	0.29823	0.29766	0.151790	0.028100
Encyrtidae	0.3647	0.09729	0.09775	-0.011300	-0.028037
Eulophidae	0.3393	0.01414	0.23645	-0.131495	0.014729
Ichneumonidae	1.6404	-0.12661	1.10948	-0.061503	-0.067568
Mimaridi	0.4810	0.07934	0.29676	-0.165941	0.060062
Platigastriade	0.2507	0.02791	0.18509	0.051427	-0.003080
Pteromalidae	0.2444	0.11478	0.16870	-0.003684	-0.009520
Scelionidae	0.4941	0.23415	0.38722	0.036328	-0.002720

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	-1.51668	-0.7831	-0.5506	0.8873	-2.1793
2	-1.45166	-0.7854	-1.1207	1.0808	1.9893
3	-0.24685	-0.7687	1.1822	-2.0341	0.3749
4	0.09426	0.1946	-1.7699	-1.3775	-0.3310
5	3.14416	-0.5391	1.5740	0.7622	-0.1121
6	-0.02323	2.6817	0.6850	0.6813	0.2582

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	-1.0937	-0.7027	-0.5506	0.8873	-2.1793
2	-0.5578	-0.9152	-1.1207	1.0808	1.9893
3	-1.1881	-0.6652	1.1822	-2.0341	0.3749
4	1.4259	0.5976	-1.7699	-1.3775	-0.3310
5	1.9488	-0.8132	1.5740	0.7622	-0.1121

6 -0.5350 2.4987 0.6850 0.6813 0.2582

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	0.3686	0.9296	0	0	0
colt	-0.1367	-0.9906	0	0	0

### FAMIGLIE 500 m

Call:

rda(X = ba1[7:12, c(1:12)], Y = am1[7:12, 1:2])

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	16.329	1.0000
Constrained	4.313	0.2641
Unconstrained	12.016	0.7359

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	4.0088	0.30424	11.9139	0.09614	0.006252
Proportion Explained	0.2455	0.01863	0.7296	0.00589	0.000380
Cumulative Proportion	0.2455	0.26413	0.9937	0.99962	1.000000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	4.0088	0.30424
Proportion Explained	0.9295	0.07054
Cumulative Proportion	0.9295	1.00000

Scaling 2 for species and site scores

- \* Species are scaled proportional to eigenvalues
- \* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions
- \* General scaling constant of scores: 3.00597

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Aphelinidae	0.12625	-0.031112	0.4358	2.772e-02	0.0100007
Braconidae	0.74388	0.086147	0.5417	-6.023e-02	-0.0061623
Cynipoidea	0.07365	0.028158	0.1355	-9.318e-05	0.0045440
Diapriidae	0.62946	-0.325049	1.3845	4.668e-02	-0.0193187
Drynidae	0.46405	0.006647	0.1018	4.021e-02	0.0092670
Encyrtidae	0.17534	0.166045	0.3048	1.618e-02	0.0380563
Eulophidae	0.16225	0.038714	0.3839	-1.145e-01	-0.0197667
Ichneumonidae	0.77192	0.019330	1.8299	3.784e-02	0.0001916
Mimaridi	0.26079	0.093890	0.5014	-1.675e-01	0.0231093
Platigastriade	0.18002	0.003058	0.2565	4.374e-02	0.0200288
Pteromalidae	0.21678	0.070633	0.2220	-1.392e-02	-0.0023341
Scelionidae	0.48127	0.101038	0.4564	-5.477e-03	0.0078839

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	-2.26627	0.3864	-0.84403	1.8175	-1.604792
8	-2.17289	0.2572	-0.84350	0.2739	2.271705
9	-0.45472	-0.9098	0.02373	-2.1054	-1.096897
10	0.02738	1.9568	0.56013	-0.6945	0.249477
11	4.41542	-3.6989	2.38058	0.8500	0.185504
12	0.45108	2.0082	-1.27691	-0.1415	-0.004997

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	-0.9664	-0.06987	-0.84403	1.8175	-1.604792
8	-0.8985	-0.88053	-0.84350	0.2739	2.271705
9	-0.5080	-1.27883	0.02373	-2.1054	-1.096897
10	-0.8283	2.44652	0.56013	-0.6945	0.249477
11	0.8175	-0.66143	2.38058	0.8500	0.185504
12	2.3837	0.44414	-1.27691	-0.1415	-0.004997

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	0.5323	0.8466	0	0	0
colt	-0.7156	-0.6985	0	0	0

### **Dati RDA – Sottofamiglie parassitoidi (Icneumonidi e Braconidi)**

#### **SOTTO ICNEUMONIDI 200 m**

rda(X = ba2[1:6, c(1:8)], Y = am1[1:6, 1:2])

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	1.5194	1.0000
Constrained	0.9504	0.6255
Unconstrained	0.5690	0.3745

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	0.9119	0.03844	0.5477	0.02083	0.0005256
Proportion Explained	0.6002	0.02530	0.3604	0.01371	0.0003500
Cumulative Proportion	0.6002	0.62549	0.9859	0.99965	1.0000000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	0.9119	0.03844
Proportion Explained	0.9596	0.04045
Cumulative Proportion	0.9596	1.00000

Scaling 2 for species and site scores

- \* Species are scaled proportional to eigenvalues
- \* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions
- \* General scaling constant of scores: 1.660195

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Campopleginae	-0.2861	0.24650	-0.19578	0.127123	-0.0036595
Cryptinae	-1.1219	-0.03444	-0.86756	-0.006908	0.0132242
Ctenopelmatinae	-0.1020	0.00150	-0.05375	0.048302	0.0044706
Hybrizontinae	-0.1197	0.03256	-0.05270	-0.006721	-0.0003117
Metopiinae	-0.1387	0.01966	-0.10813	0.017729	-0.0038484
Orthocentrinae	-0.1660	-0.01905	-0.19927	0.065305	-0.0210835
Oxytorinae	-0.4810	-0.07636	-0.37724	-0.104606	-0.0169042
Pimplinae	-0.1050	0.01179	-0.05594	0.060668	0.0002526

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	0.6041	-0.8523	0.1124	-0.6664	1.15096
2	0.6696	-0.7993	0.5994	-0.5734	-1.12177
3	0.2386	0.1497	-0.4317	1.2382	-0.10836



4 0.1182 0.9338 1.0738 0.5482 0.33803  
 5 -1.8602 -0.5099 -0.9304 -0.2624 -0.04674  
 6 0.2297 1.0780 -0.4234 -0.2843 -0.21212

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	0.5180	-0.4972	0.1124	-0.6664	1.15096
2	0.2049	-0.5553	0.5994	-0.5734	-1.12177
3	0.5731	-0.4869	-0.4317	1.2382	-0.10836
4	-0.7092	0.4756	1.0738	0.5482	0.33803
5	-1.1426	-0.2334	-0.9304	-0.2624	-0.04674
6	0.5558	1.2973	-0.4234	-0.2843	-0.21212

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	-0.18270	0.9832	0	0	0
colt	-0.05663	-0.9984	0	0	0

### SOTTO ICNEUMO 500m

Call:

rda(X = ba2[7:12, c(1:8)], Y = am1[7:12, 1:2])

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	1.5194	1.0000
Constrained	0.2609	0.1717
Unconstrained	1.2585	0.8283

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	0.2317	0.02919	1.2334	0.02449	0.0006215
Proportion Explained	0.1525	0.01921	0.8118	0.01612	0.0004100
Cumulative Proportion	0.1525	0.17169	0.9835	0.99959	1.0000000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	0.2317	0.02919
Proportion Explained	0.8881	0.11190
Cumulative Proportion	0.8881	1.00000

Scaling 2 for species and site scores

- \* Species are scaled proportional to eigenvalues
- \* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions
- \* General scaling constant of scores: 1.660195

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Campopleginae	-0.24709	0.19564	-0.2747	0.148602	-0.015827
Cryptinae	-0.53520	-0.05126	-1.3128	-0.008394	0.011564
Ctenopelmatinae	-0.02330	0.01297	-0.1137	0.044713	-0.001007
Hybrizontinae	-0.05031	0.03973	-0.1174	-0.006634	-0.016285
Metopiinae	-0.07903	0.01042	-0.1577	0.020421	-0.003041
Orthocentrinae	-0.11785	-0.05578	-0.2236	0.072151	0.011029
Oxytorinae	-0.22066	-0.08180	-0.5691	-0.105766	-0.018070
Pimplinae	-0.02966	0.01988	-0.1152	0.058435	-0.004431

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	1.2376	-0.4423	0.3019	-0.83294	1.107064

8	1.3603	-0.3448	0.4293	-0.50867	-1.170931
9	0.4496	0.2874	0.1780	1.25821	0.323261
10	0.1846	1.1993	-0.2439	0.38547	-0.231865
11	-3.6049	-2.0510	-1.3739	-0.26596	-0.035452
12	0.3728	1.3514	0.7086	-0.03611	0.007923

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	0.5107	-0.1597	0.3019	-0.83294	1.107064
8	0.3718	-0.5870	0.4293	-0.50867	-1.170931
9	0.1115	-0.7518	0.1780	1.25821	0.323261
10	0.7546	1.2106	-0.2439	0.38547	-0.231865
11	-0.5232	-0.2522	-1.3739	-0.26596	-0.035452
12	-1.2254	0.5402	0.7086	-0.03611	0.007923

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	-0.3244	0.9459	0	0	0
colt	0.5367	-0.8438	0	0	0

### SOTTO BRACONIDI 200 M

Call:

rda(X = ba2[1:6, c(9:16)], Y = am1[1:6, 1:2])

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	0.4324	1.0000
Constrained	0.2926	0.6766
Unconstrained	0.1398	0.3234

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	0.2253	0.06735	0.1375	0.002215	0.0001518
Proportion Explained	0.5209	0.15573	0.3179	0.005120	0.0003500
Cumulative Proportion	0.5209	0.67663	0.9945	0.999650	1.0000000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	0.2253	0.06735
Proportion Explained	0.7698	0.23016
Cumulative Proportion	0.7698	1.00000

Scaling 2 for species and site scores

- \* Species are scaled proportional to eigenvalues
- \* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions
- \* General scaling constant of scores: 1.212625

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Alysinae	-0.62097	-0.225490	-0.62810	0.021073	-0.0010381
Blacinae	-0.14868	-0.242787	-0.22248	-0.062632	0.0007223
Braconinae	-0.08267	-0.068437	-0.03941	-0.012741	-0.0070382
Cheloninae	-0.03528	-0.039784	-0.06156	-0.011687	0.0012430
Doryctinae	-0.02959	-0.002856	-0.02682	-0.046310	0.0038907
Euphorinae	-0.07736	-0.086609	-0.06610	0.002673	-0.0095941
Microgastrinae	-0.58399	0.321702	-0.11266	0.026676	0.0081301
Opiinae	-0.04755	0.044061	-0.01797	-0.001120	0.0170316

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	0.61411	0.2330	0.1574	0.2891	-0.91762
2	0.61083	0.2025	0.3184	0.6236	0.74038
3	0.36414	-0.1327	-0.2797	-0.8836	0.25409
4	-0.02907	0.3416	0.8257	-0.3878	-0.06450
5	-0.77899	-1.2844	-0.6871	0.1446	-0.08190
6	-0.78103	0.6399	-0.3347	0.2142	0.06955

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
1	0.5128	0.1097	0.1574	0.2891	-0.91762
2	0.4198	-0.1035	0.3184	0.6236	0.74038
3	0.5292	0.1473	-0.2797	-0.8836	0.25409
4	-0.5780	-0.2342	0.8257	-0.3878	-0.06450
5	-0.3267	-0.7867	-0.6871	0.1446	-0.08190
6	-0.5571	0.8674	-0.3347	0.2142	0.06955

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	-0.9166	0.3999	0	0	0
colt	0.7950	-0.6066	0	0	0

## SOTTO BRACONIDI 500 M

Call:

```
rda(X = ba2[7:12, c(9:16)], Y = am1[7:12, 1:2])
```

Partitioning of variance:

	Inertia	Proportion
Total	0.4324	1.000
Constrained	0.2837	0.656
Unconstrained	0.1488	0.344

Eigenvalues, and their contribution to the variance

Importance of components:

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Eigenvalue	0.2619	0.02174	0.1461	0.002113	0.0005152
Proportion Explained	0.6057	0.05028	0.3379	0.004890	0.0011900
Cumulative Proportion	0.6057	0.65597	0.9939	0.998810	1.0000000

Accumulated constrained eigenvalues

Importance of components:

	RDA1	RDA2
Eigenvalue	0.2619	0.02174
Proportion Explained	0.9234	0.07665
Cumulative Proportion	0.9234	1.00000

Scaling 2 for species and site scores

\* Species are scaled proportional to eigenvalues

\* Sites are unscaled: weighted dispersion equal on all dimensions

\* General scaling constant of scores: 1.212625

Species scores

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
Alysinae	-0.67511	-0.1704025	-0.58857	0.008907	-0.010391
Blacinae	-0.10674	-0.0805897	-0.33997	-0.027942	0.014819
Braconinae	-0.05148	0.0182537	-0.10125	-0.003836	-0.005793
Cheloninae	-0.03727	-0.0276147	-0.06721	-0.006456	0.006676
Doryctinae	-0.02828	-0.0004054	-0.02776	-0.039226	0.025565

Euphorinae	-0.05384	-0.0063909	-0.12148	0.012851	-0.009586
Microgastrinae	-0.64166	0.1930040	0.06550	-0.064632	-0.023765
Opiinae	-0.06340	0.0038498	0.01901	-0.019644	-0.005981

Site scores (weighted sums of species scores)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	0.56296	0.4411	0.28034	0.824040	0.561224
8	0.56028	0.3822	0.30908	0.049016	-0.932675
9	0.34004	-0.1948	0.08249	-0.797184	0.524338
10	-0.02747	0.7110	-0.19950	-0.309163	-0.065617
11	-0.69518	-2.2658	-0.99058	0.240576	-0.079413
12	-0.74063	0.9263	0.51816	-0.007284	-0.007858

Site constraints (linear combinations of constraining variables)

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
7	0.38466	0.06937	0.28034	0.824040	0.561224
8	0.43924	-0.25423	0.30908	0.049016	-0.932675
9	0.32647	-0.44896	0.08249	-0.797184	0.524338
10	0.07896	1.03897	-0.19950	-0.309163	-0.065617
11	-0.25333	-0.34027	-0.99058	0.240576	-0.079413
12	-0.97600	-0.06488	0.51816	-0.007284	-0.007858

Biplot scores for constraining variables

	RDA1	RDA2	PC1	PC2	PC3
non_col	-0.7256	0.6881	0	0	0
colt	0.8664	-0.4993	0	0	0

**Per la professionalità, la disponibilità e la collaborazione accordatemi, desidero ringraziare tutti coloro che ho avuto il piacere di incontrare e conoscere in questi tre anni:**

il prof. Giovanni Burgio;  
il dott. Roberto Ferrari;  
il dott. Daniele Sommaggio;  
il dott. Stefano Bongiovanni;  
il dott. Marco Pozzati;  
il dott. Riccardo Cornale;  
il dott. Luca Boriani;  
il dott. Davide Dal Pos;  
il dott. Edison Pasqualini;  
il dott. Antonio Masetti;  
la dott.ssa Martina Parrilli;  
la dott.ssa Serena Magagnoli;  
il prof. David Mifsud;  
il prof. Daniele Torreggiani;  
il prof. Claudio Riponi;  
il dott. Valentino Rettore;  
il dott. Enrico Muzzi.