



PIANO PER IL CONTRASTO ALLA DIFFUSIONE DI INSETTI ALLOCTONI DANNOSI ALLA  
FRUTTICOLTURA  
(2020-22)

**Programma triennale di attività per lo sviluppo delle Azioni 1, 2, e 3.**

**Regione del Veneto in collaborazione con l'Università di Padova - Dipartimento di Agronomia,  
Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente (Dafnae)**

*Azione n. 1 del "Piano per il contrasto alla diffusione di insetti alloctoni dannosi alla frutticoltura"*

**TITOLO: Ricerca e sperimentazione finalizzata allo sviluppo di una strategia di gestione integrata della cimice asiatica *Halyomorpha halys***

PAROLE CHIAVE: Cimice asiatica, *Halyomorpha halys*

DURATA PREVISTA PER IL PROGETTO: 3 anni

**Introduzione**

La cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), è un fitofago invasivo nativo dell'Asia orientale, introdotto in USA, Europa e Sud America. Le prime segnalazioni di cimice asiatica in Europa risalgono al 2004; in Italia le prime infestazioni sono state osservate in Emilia Romagna (2012) successivamente in Piemonte (2013), Friuli e Veneto (2015) (Haye et al., 2014; Bariselli et al., 2016; Maistrello et al., 2017; Cianferoni et al., 2018).

*Halyomorpha halys* sverna allo stadio di adulto in ricoveri artificiali (edifici e altre strutture rurali) o naturali, entro fessure della corteccia al riparo dall'umidità (Lee et al., 2014; Hancock et al., 2019). Durante l'inverno l'insetto può resistere a temperature inferiori a -10°C, anche se la mortalità invernale può superare il 50% (Scaccini et al., 2019). Alla fine dell'inverno e nel corso della primavera, gli adulti fuoriescono scalarmente dai siti di svernamento e colonizzano le piante su cui ha inizio l'attività trofica (Haye et al., 2014a; Bergh et al., 2017; Skillman et al., 2018). Nelle regioni del nord Italia, la cimice asiatica compie in genere due generazioni all'anno (Costi et al. 2017). Lo sviluppo da uovo ad adulto si completa in circa 30-40 giorni, la fecondità è di 250 uova deposte scalarmente da ogni femmina in 3 mesi (Lee 2015; Costi et al. 2017).

*Halyomorpha halys* è una specie contraddistinta da una elevata capacità di dispersione e, nel corso della stagione vegetativa, è in grado di sfruttare diverse piante ospiti spontanee e coltivate (Bergmann et al., 2016; Aigner et al., 2017; Maistrello et al., 2016; 2017). Studi di laboratorio hanno evidenziato come un adulto sia in grado di volare in media per 5 km al giorno (Lee e Leskey, 2015). Gli stadi giovanili presentano anch'essi una spiccata mobilità riuscendo a spostarsi per centinaia di metri nell'arco di una giornata (Lee et al., 2014). Gli individui che si sviluppano in estate hanno una maggiore capacità di dispersione rispetto agli individui che hanno svernato (Wiman et al., 2015) e l'attività aumenta con l'aumento delle temperatura ambientale, in particolare a partire da valori minimi di 15°C (Lee e Leskey, 2015). Nel corso della stagione, l'andamento delle popolazioni di *H. halys* sulle diverse piante ospiti è influenzato dalla disponibilità di alimenti, in particolare dalla presenza di frutti in fase di maturazione (Nielsen e Hamilton, 2009; Martinson et al., 2015; 2016; Blaauw et al., 2019).

La cimice asiatica è caratterizzata da elevata polifagia, con più di 170 piante ospiti, tra cui numerose colture agrarie arboree (soprattutto melo, pero, pesco, susino, kiwi), erbacee (mais e soia), orticole ed ornamentali (Leskey e Nielsen 2018). Spesso, le popolazioni che colonizzano una coltura si sono sviluppate in altri ambienti, da cui si spostano in modo improvviso e imprevedibile dando origine a vere e proprie invasioni. Per questo, la presenza della cimice asiatica è influenzata dal contesto paesaggistico; in particolare, livelli elevati d'infestazione sono stati associati alla presenza di ambienti semi-naturali come boschetti, siepi o aggregati di piante ornamentali in prossimità delle colture (Wallner et al., 2014; Pozzebon et al., dati non pubblicati). In questi ambienti le popolazioni di *H. halys* possono svernare, alimentarsi e riprodursi nelle prime fasi della stagione per poi spostarsi sulle colture recettive (Rice et al., 2014; Aigner et al., 2017). La migrazione delle popolazioni di *H. halys* può interessare anche colture contigue e caratterizzate da epoche di



992920ba



maturazione ravvicinate (Venugopal et al., 2015°; Pozzebon et al., dati non pubblicati). La distribuzione della popolazione di *H. halys* all'interno degli appezzamenti è generalmente caratterizzata da uno spiccato "effetto bordo" riscontrabile anche nella distribuzione dei danni su colture frutticole e seminativi (e.g. Venugopal et al., 2014; 2015a,b; Basnet, 2015; Blaauw et al., 2016; Aigner et al., 2017). Per questi motivi si è pensato di contrastare l'aggressività del fitofago mediante l'esecuzione di trattamenti insetticidi indirizzati ai bordi degli appezzamenti (Blaauw et al., 2015).

### **Dannosità di *Halyomorpha halys***

I danni associati alle infestazioni di cimice asiatica sono dovuti in primo luogo all'attività alimentare dell'insetto. *Halyomorpha halys* si alimenta a carico di organi diversi della pianta e, pur prediligendo i frutti, ha una forte propensione per la dieta mista; l'epoca di maturazione dei frutti resta tuttavia un buon indicatore dei livelli più elevati di presenza di questo fitofago (Martinson et al., 2015; Acebes-Doria et al., 2016a). Durante l'alimentazione, *H. halys* come altri Pentatomidi, inietta nei tessuti vegetali enzimi digestivi prodotti dalle ghiandole salivari (Hori, 2000; Peiffer e Felton, 2014). I frutti colpiti possono manifestare abscissione anticipata o, se permangono sulla pianta, necrosi, suberificazioni, aree depresse, deformazioni, scolorimenti, presenza di tessuto spugnoso e calo di peso. La tipologia di danno e la sua gravità variano a seconda della specie coltivata e della fase fenologica in cui avviene l'attacco (e.g. Lee et al., 2013; Hedstrom et al., 2014; Lee, 2015; Acebes-Doria et al., 2016b; Bariselli et al., 2016; Rancati et al., 2017; Aghaee et al., 2018; Bosco et al., 2018; Leskey e Nielsen, 2018; Moore et al., 2019; Scaccini, 2019). Sebbene sui fruttiferi i picchi dell'infestazione si concentrino nel periodo di maturazione dei frutti, la presenza del fitofago può essere osservata a basse densità anche in altre fasi fenologiche della pianta con potenziali ripercussioni sulla produzione (Nielsen e Hamilton 2009). In generale, le infestazioni precoci di cimice asiatica a carico dei fruttiferi possono causare cascola o deformazioni dei frutti, mentre le infestazioni tardive sono associate a suberificazioni e necrosi sui frutti. Su vite, i danni diretti sono causati da livelli d'infestazione difficilmente osservabili nei vigneti (Smith et al., 2014; Scaccini, 2019). Oltre ai danni diretti, vi è la possibilità che infestazioni di *H. halys* favoriscano lo sviluppo di infezioni batteriche o fungine sui frutti e la trasmissione di fitoplasmi (Leskey et al., 2012; Kamminga et al., 2014; Rice et al., 2014; Dobson et al., 2016; Paltrinieri et al., 2016; Bosco et al., 2018; Moore et al., 2019). Infine, su vite da vino, alte infestazioni di *H. halys* – adulti in particolare – sui grappoli possono portare a uno scadimento qualitativo del prodotto finito, dovuto alla contaminazione di molecole liberate dalla cimice nelle fasi di pressatura (Mohekar et al., 2017a,b; Scaccini et al., 2019).

### **Possibilità di gestione di *Halyomorpha halys***

Nelle aree di origine, la cimice asiatica è soggetta all'attività di un complesso di antagonisti naturali (parassitoidi, predatori e microorganismi) che concorrono a tenere a freno le popolazioni (Lee et al. 2013). Particolarmente attivi sono i parassitoidi oofagi e su tutti, le due specie *Trissolcus japonicus* (Ashmead) e *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead), appartenenti alla famiglia degli Imenotteri Scelionidi, sono risultate quelle che esprimono il tasso di parassitizzazione più elevato (Arakawa e Namura 2002; Arakawa et al. 2004; Yang et al. 2009). Alcuni studi effettuati in Europa e Nord America hanno evidenziato come la cimice asiatica sia attaccata da Imenotteri parassitoidi oofagi e da insetti predatori. Mediamente il livello di mortalità della cimice attribuibile agli antagonisti naturali in Europa e in Nord America è stato del 15% (Abram et al. 2017). Il livello di parassitizzazione delle uova esercitato da alcuni antagonisti autoctoni è risultato inferiore al 10%. I risultati più interessanti sono stati attribuiti anche in questo caso a parassitoidi oofagi. Nell'ambito di questi studi, *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy) (Imenotteri: Eupelmidi) è risultata la specie più interessante (Haye et al, 2015; Stahl et al., 2019a; Costi et al., 2019; Moraglio 2020) e il suo impiego è stato proposto in programmi di lotta biologica aumentativa (Stahl et al. 2019b). Questo parassitoide è in grado di parassitizzare le uova di insetti molto diversi dalle cimici come ad esempio di Lepidotteri (Stahl et al. 2018). E' opportuno osservare però, come in tutti gli studi finora pubblicati e da risultati preliminari di studi condotti in Veneto (Pozzebon et al., dati non pubblicati), il tasso di parassitizzazione di uova di cimice asiatica attribuibile a questa specie ha raramente superato il 20% attestandosi a livelli non sufficienti a garantire il controllo del fitofago.

Interessanti prospettive per il controllo biologico di questo fitofago invasivo sono offerte dalla presenza di popolazioni di nemici naturali alloctoni introdotti fortuitamente: la presenza di *T. japonicus* e *T. mitsukurii* è stata osservata in Europa e in Nord America. In particolare, *T. japonicus* è segnalato in USA dal 2014 (Talamas et al. 2015a), in Svizzera dal 2017 (Stahl et al. 2019) in Piemonte e Lombardia dal 2018 e in



Veneto dal 2019 (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al. 2018; Scaccini et al., dati non pubblicati), mentre *T. mitsukurii* è stata segnalata dal 2016 in alcune località del Veneto e negli anni successivi in altre regioni del nord Italia (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al. 2018; Pozzebon et al., dati non pubblicati). Le due specie sono attualmente distribuite in modo irregolare nel nord Italia con ampie aree non ancora interessate dalla loro presenza. Tuttavia l'ampliamento degli areali di distribuzione è un indicatore di come, in Italia settentrionale, i due parassitoidi hanno trovato condizioni favorevoli all'insediamento e allo sviluppo delle popolazioni esprimendo in alcuni areali tassi di parassitizzazione superiori al 50% (Moraglio 2020 e Pozzebon et al., dati non pubblicati). Sia nel caso di *T. japonicus* che di *T. mitsukurii*, si tratta di specie di parassitoidi oofagi generalisti con predilezione verso le uova di Pentatomidi. Nel caso di *T. japonicus*, dagli studi sull'host range, considerando specie di potenziali ospiti presenti in Asia, Nord America ed Europa, è emerso come possa parassitizzare con successo sia uova di Pentatomidi che di altri Emitteri (Hedstrom et al. 2017; Zhang et al. 2017; Haye et al., 2020). Attualmente questa specie è il principale candidato per rilasci inoculativi in programmi di lotta biologica classica. Il risultato di questo tipo di programmi dipenderà anche dalle interazioni che la specie di parassitoide introdotta, instaurerà con altre specie presenti negli agroecosistemi. A titolo di esempio, recenti studi nel nord Italia hanno evidenziato la presenza di un Imetto Pteromalide *Acroclisoides sinicus* (Huang & Liao), come iper-parassitoide di Imenotteri Scelionidi (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al. 2019; Scaccini et al., dati non pubblicati). L'efficacia del controllo biologico è inoltre influenzata dall'impatto che alcuni fattori ambientali (ad es., temperatura e composizione dell'habitat) hanno sul rapporto tra il fitofago e i suoi antagonisti naturali. Mentre alcuni di questi effetti sono stati studiati su *H. halys* (ad es., Wallner et al., 2014; Scaccini et al., 2019) limitate sono le conoscenze sugli effetti della temperatura e della composizione dell'habitat sulla biologia ed ecologia dei parassitoidi oofagi. Un approfondimento delle conoscenze in questi ambiti potrebbe favorire il potenziamento del controllo biologico.

Attualmente, la mancanza di efficaci fattori di controllo naturale permette ad *H. halys* la piena espressione del potenziale biotico con conseguente elevato rischio per le colture. Nel corso di numerose sperimentazioni è emerso come la lotta chimica non sia pienamente efficace per il controllo di questo fitofago. L'impiego di alcuni neonicotinoidi, fosfororganici e piretroidi può determinare una certa mortalità dell'insetto nel caso di esposizione diretta alla soluzione insetticida, tuttavia l'efficacia di questi prodotti diminuisce drasticamente quando l'insetto è soggetto ad esposizione residuale (Kuhar e Kamminga, 2017). Quest'ultimo fattore rappresenta il principale limite per il successo delle attuali strategie di controllo nei confronti di questo fitofago con elevata polifagia e mobilità. Il limitato effetto residuale dei prodotti fitosanitari è spesso compensato con un aumento della frequenza delle applicazioni insetticide con ovvie ripercussioni ambientali ed economiche, quest'ultime dovute all'aumento dei costi di produzione e alla difficoltà di rispettare i limiti di residui richiesti per l'immissione nel mercato del prodotto. Inoltre l'aumento d'impiego di prodotti di sintesi è associato al rischio di aumento di selezione di ceppi resistenti e all'induzione di pullulazione di fitofagi secondari (Kuhar e Kamminga, 2017).

E' necessaria la messa a punto di una strategia di gestione integrata nei confronti di questo insetto che permetta di aumentare l'efficacia nel controllo del fitofago e di razionalizzare l'impiego di prodotti fitosanitari. Recenti studi suggeriscono come l'impiego in strategie difesa di sostanze di origine naturale ad azione repellente/deterrente quali ad esempio il caolino o altri geomateriali possa favorire un contenimento dei danni da cimice (Kuhar et al., 2019). La miscela di prodotti insetticidi e prodotti di origine naturale ad azione corroborante o coadiuvante (ad es., lecitina di soia, estratti naturali) può favorire un aumento dell'efficacia del trattamento (Morehead e Kuhar 2017). La razionalizzazione delle applicazioni d'insetticidi può essere favorita anche dall'impiego di soglie sulla base di catture su trappole attivate con feromoni di aggregazione o l'applicazione di strategie "attract and kill". In quest'ultimo caso si applicano dispenser di feromoni sintetici per attrarre gli individui di cimice asiatica su alcune piante selezionate che vengono successivamente trattate con l'obiettivo di eseguire dei trattamenti insetticidi localizzati e mirati, riducendo l'impiego di questi prodotti nel resto del frutteto. Questi approcci sono stati proposti in Nord America (Short et al., 2017; Morrison et al., 2019), ma mancano conferme sperimentali della loro validità in Europa. Lo studio degli effetti collaterali dei prodotti fitosanitari nei confronti degli agenti di controllo biologico rappresenta uno degli aspetti chiave delle strategie di lotta integrata; è opportuno sottolineare come siano ancora limitate le conoscenze relative all'impatto dei prodotti fitosanitari nei confronti dei parassitoidi oofagi della cimice asiatica.



**Stato della ricerca in Veneto**

L'attività di ricerca su cimice asiatica è iniziata dal 2016, quando la Regione Veneto ha approvato una convenzione (DGR del 29/06/2016) con l'Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente per l'attuazione di un progetto finalizzato a: 1) definire un protocollo di monitoraggio e supporto nella raccolta e analisi dei dati sulla diffusione di *Halyomorpha halys* su scala regionale; 2) studiare la fenologia e la dinamica di popolazione di *Halyomorpha halys*; 3) studiare la distribuzione nei frutteti per la definizione di strategie di gestione. Successivamente nel 2017, (DGR 1984 del 6/12/2017) la Giunta della Regione Veneto ha approvato il progetto denominato "Approvazione convenzione con l'Università di Padova per l'esecuzione di progetti di sperimentazione fitosanitaria" incaricando l'Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente all'attuazione di un progetto finalizzato allo studio di: 1) fenologia e biologia di *Halyomorpha halys* ed effetto varietale su alcune colture; 2) presenza di antagonisti naturali di *H. halys* in Veneto; 3) effetti di prodotti di origine naturale e insetticidi autorizzati in agricoltura biologica.

Un terzo progetto "Controllo biologico ed effetto dei prodotti fitosanitari su *Halyomorpha halys*" attuato dall'Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente e approvato dalla Giunta della Regione Veneto con DGR 941 del 2 luglio 2019 con l'obiettivo di approfondire le conoscenze sul controllo biologico della cimice asiatica in Veneto, valutare l'efficacia di miscele insetticide per il controllo di cimice asiatica in laboratorio e semi-campo e studiare l'impatto di questo fitofago sulla coltura della noce da frutto.

L'attività di ricerca, ha permesso di monitorare l'espansione degli areali di distribuzione della cimice asiatica e definire la fenologia e biologia di questo insetto in Veneto. Sono state studiate gli andamenti di popolazione e quantificato il potenziale di danno su alcune colture agrarie di importanza per il Veneto, indagando effetti varietali e dell'epoca d'infestazione. Le indagini sull'impiego di prodotti insetticidi, corroboranti e coadiuvanti hanno evidenziato come alcuni di essi possano determinare una certa mortalità ma per tutti restano limitati gli effetti residuali. L'analisi di campioni di ovature raccolte in campo ha permesso di studiare il complesso di antagonisti naturali. In particolare, l'analisi di materiale raccolto fin dal 2016, ha rivelato come la presenza di *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae), fosse inizialmente circoscritta ad alcune località delle provincie di Padova, Vicenza e Treviso e successivamente si sia allargata anche ad altre località e provincie. Nel corso del 2019, sono state raccolte in una località in provincia di Verona, ovature di cimice asiatica che all'analisi di laboratorio sono risultate parassitizzate dalla "vespa samurai" *T. japonicus*. L'attività di ricerca ha coinvolto i ricercatori dell'Università degli studi di Padova, tecnici della Regione Veneto e ha visto la collaborazione e il coordinamento con Enti di ricerca e Università a livello nazionale ed internazionale.

**Progetto****Obiettivi dell'attività di ricerca**

La cimice asiatica è attualmente il principale problema fitosanitario per numerose colture di importanza regionale e le tecniche di lotta finora applicate non hanno permesso di ottenere risultati soddisfacenti nel controllo di questo insetto. Tuttavia sulla base della maggiori conoscenze acquisite sulla biologia ed ecologia della cimice asiatica, della presenza di popolazioni accidentali di antagonisti naturali alloctoni, dei recenti aggiornamenti normativi (Decreto del Presidente della Repubblica 5 luglio 2019, n. 102 ) che aprono all'immissione di specie non autoctone con finalità di lotta biologica, è possibile delineare degli obiettivi di ricerca che possano permettere lo sviluppo di strategie di lotta integrata caratterizzate da una maggiore efficacia e da un razionale impegno di prodotti fitosanitari. Inoltre, è prevedibile che i risultati dei programmi di lotta biologica si manifestino nel lungo termine, rendendo necessaria la messa a punto di tecniche che offrano risultati in tempi più brevi.

In particolare la presente proposta progettuale, di durata triennale, si prefigge i seguenti obiettivi principali: 1) studio della biologia ed ecologia di antagonisti naturali della cimice asiatica finalizzato al potenziamento del controllo biologico; 2) valutazione degli effetti di prodotti fitosanitari sulla cimice asiatica e sui suoi antagonisti naturali mediante prove di campo e laboratorio; 3) messa a punto di strategie di lotta integrata per il contrasto alla cimice asiatica finalizzate al razionale impiego di insetticidi di sintesi.

**Programma delle attività di ricerca**

### **1. Studio della biologia ed ecologia di antagonisti naturali della cimice asiatica finalizzato al potenziamento del controllo biologico.**

Saranno approfonditi alcuni aspetti della biologia ed ecologia degli antagonisti naturali della cimice asiatica con particolare riferimento a *T. mitsukurii* e *T. japonicus*. In particolare in una serie di prove di laboratorio in condizioni di isolamento saranno studiati gli effetti della temperatura sui parametri biologici dei parassitoidi di cimice asiatica. La temperatura ambientale influenza profondamente la biologia degli insetti con effetti sulla sopravvivenza, durata del ciclo di sviluppo e tasso di riproduzione. Lo studio delle risposte degli insetti a diversi livelli termici con l'individuazione delle soglie termiche e le condizioni ottimali per lo sviluppo e attività può permettere di prevedere le dinamiche delle popolazioni in diversi scenari ambientali. Inoltre nell'attuale contesto di cambiamenti climatici, la conoscenza della risposta all'esposizione a stress termici può fornire importanti informazioni per lo studio delle dinamiche di popolazione degli insetti. Nel caso di insetti antagonisti naturali, l'approfondimento della conoscenza sugli effetti della temperatura può avere importanti ripercussioni sulla comprensione dei fattori che influenzano l'efficacia del controllo biologico. Mediante allevamento in condizioni controllate con l'uso di celle climatiche presenti presso i laboratori del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali dell'Università degli Studi di Padova (DAFNAE), saranno eseguite delle prove di laboratorio sull'effetto della temperatura sui tassi di sviluppo e parassitizzazione dei parassitoidi di cimice asiatica. Questo prevedrà l'esposizione a diversi livelli termici (ad es., da 10°C a 30°C) sia di ovature di cimice asiatica parassitizzate che di adulti di parassitoidi su cui saranno misurati i tassi e tempi di sviluppo e tassi di parassitizzazione. Inoltre, mediante l'uso di celle climatiche e termocriostati presenti presso i laboratori di DAFNAE saranno misurate le risposte in termini di sopravvivenza e fecondità dei parassitoidi a "shock termici" per esposizione a temperature estreme basse ed elevate. Un'altra attività di laboratorio prevedrà l'allevamento delle suddette specie di parassitoidi in celle climatiche con simulazione di diverse condizioni ambientali mediante la manipolazione del fotoperiodo (ad es., simulazione estiva vs. simulazione invernale) al fine di comprendere le strategie di svernamento e le tempistiche di induzione e uscita dallo svernamento.

Saranno eseguite delle indagini di campo finalizzate alla comprensione dell'effetto della composizione dell'habitat sulla presenza dei parassitoidi in diverse fasi della stagione. In particolare saranno studiati gli effetti della distanza da infrastrutture ecologiche (ad es., siepi, boschetti, vegetazione rivierasca di fiumi) sulla presenza dei parassitoidi di cimice asiatica e del tasso di parassitizzazione. L'indagine sarà eseguita nel corso di due annate mediante la selezione di siti di campionamento (ad es., frutteti, vigneti, e campi a seminativi). In ciascun sito, saranno eseguiti dei campionamenti ripetuti (ad es., ogni 15 giorni) sulle colture e sulla vegetazione non coltivata eventualmente presente al fine di osservare la presenza di ovature di *H. halys*. Negli stessi siti saranno anche esposte delle ovature sentinella ottenute da allevamenti massali in laboratorio. Tutte le ovature saranno poi trasferite in laboratorio per valutare la presenza di parassitoidi oofagi e stimare il tasso di parassitizzazione. I parassitoidi saranno identificati a livello di specie mediante metodi morfologici o molecolari. I dati relativi all'incidenza della parassitizzazione saranno utilizzati per il calcolo del tasso di parassitizzazione.

### **2. Valutazione degli effetti di prodotti fitosanitari sulla cimice asiatica e sui suoi antagonisti naturali mediante prove di campo e laboratorio**

Mediante prove di laboratorio sarà testato l'effetto di miscele insetticide (i.e., insetticidi in miscela con prodotti di origine naturale ad azione corroborante o coadiuvante, ad es., lecitina di soia, geomateriali e estratti naturali) sulla mortalità di adulti di *H. halys* trattati mediante esposizione topica e residuale. Gli insetti trattati saranno lasciati asciugare sotto cappa e successivamente confinati in unità di allevamento. La mortalità sarà valutata a 24 e 72 ore dal trattamento e sarà valutata anche l'attività trofica degli insetti mediante conteggio delle guaine salivari sul substrato alimentare. Le miscele che mostrano i risultati più interessanti saranno sottoposte ad una seconda prova in cui sarà valutata la deterrenza/repellenza delle miscele. La prova consisterà nel trattamento mediante immersione di frutti (ad es., kiwi, pesco, pomodoro) con la miscela del prodotto da testare. Questi frutti saranno posti all'interno di gabbie con un frutto della stessa tipologia ma trattato con acqua. All'interno delle gabbie saranno confinati degli adulti di *H. halys* e sarà valutata, nell'arco di 24 ore, il tempo di permanenza sui due frutti e al termine della prova, il numero di guaine salivari sui frutti. Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove di laboratorio saranno pianificate delle prove di semi-campo dove su piante trattate si confineranno delle cimici al fine di valutare l'effetto delle miscele insetticide sulle colture. Le prove prevederanno sia l'esposizione residuale alle miscele insetticide e



il confronto con un testimone non trattato. La mortalità sarà valutata a 24 e 72 ore dall'esposizione degli insetti.

Saranno pianificate delle prove di campo dove seguendo le linee guida EPP0 "PP1/313(1) Halyomorpha halys on fruit tree crops" saranno valutati gli effetti di trattamenti insetticidi nel controllo delle infestazioni di cimice asiatica in condizioni realistiche d'impiego. In queste prove potranno essere impiegati prodotti che hanno manifestato risultati interessanti in laboratorio e semi-campo sia nell'ambito di questo progetto, sia da precedenti indagini.

Una seconda parte della presente attività riguarderà lo studio degli effetti collaterali di prodotti fitosanitari insetticidi e fungicidi e prodotti di origine naturale ad azione coadiuvante e corroborante utilizzati in frutticoltura, nei confronti dei parassitoidi della cimice asiatica. In questi saggi saranno considerati anche prodotti fertilizzanti che hanno mostrato effetti nei confronti della cimice asiatica (ad es., miscela di rame e zinco complessata ad acido citrico). Mediante procedure tossicologiche standard, ad esempio mediante l'uso della torre di Potter, gli adulti di parassitoidi saranno esposti a residui dei prodotti da saggiare e a ovature di cimice trattate. Sarà inoltre valutato l'effetto dei prodotti da saggiare sulla sopravvivenza degli stadi giovanili dei parassitoidi mediante il trattamento di uova parassitizzate. Gli effetti dei prodotti da testare sui parassitoidi saranno valutati sia in termini di mortalità che di effetti sub-letali (ad es., preferenza nella scelta del sito di ovideposizione, fecondità).

### **3. Messa a punto di strategie di lotta integrata per il contrasto alla cimice asiatica finalizzate al razionale impiego di insetticidi di sintesi.**

Una serie di esperimenti sarà finalizzata alla validazione di strategie di lotta integrata che prevedono la razionalizzazione dell'applicazione d'insetticidi. Negli Stati Uniti sono state proposte delle soglie sulla base delle quali sono determinate le tempistiche di applicazione dei trattamenti insetticidi (Morrison et al., 2018). La strategia prevede l'applicazione di insetticidi al raggiungimento di una soglia di catture cumulate di adulti (ad es., 10). Questo tipo di approccio risulta particolarmente adatto in condizioni di relativa bassa pressione del fitofago. Grazie a queste è stato possibile, a partire dal controllo delle infestazioni, ridurre l'impiego di prodotti insetticidi rispetto a tempistiche standard (Morrison et al., 2018). In una prova di campo saranno confrontate le seguenti tesi (a titolo esemplificativo): 1) Testimone e non trattato; 2) Trattato con insetticidi secondo strategie "standard"; 3) Trattato con insetticidi secondo "soglia"; 4) Trattato con insetticidi secondo "soglia" integrato con impiego di prodotti ad azione repellente/deterrente (ad es., zeolite o caolino). Gli effetti saranno valutati nel corso della stagione sui livelli d'infestazione da cimice asiatica raccolti mediante campionamento visivo e "frappage" e alla raccolta sui livelli di danno da cimice. Un'altra prova prevederà l'applicazione di strategie "attract and kill" (Short et al., 2017; Morrison et al., 2019). Il disegno sperimentale prevede la suddivisione di un frutteto in blocchi dove, in una parte di questi sarà applicata la strategia di difesa standard, nei rimanenti sarà applicata una strategia "attract and kill". Quest'ultima prevede la selezione di piante sulle quali saranno applicati dei dispenser di feromoni sintetici di aggregazione per attrarre gli individui di cimice asiatica. Queste piante saranno soggette a trattamenti insetticidi localizzati con lo scopo di abbattere le popolazioni di cimice asiatica attratte dai feromoni. Nel resto del blocco saranno eseguiti trattamenti insetticidi a frequenza ridotta. L'andamento delle popolazioni di cimice osservato mediante campionamento visivo e "frappage" e il danno al raccolto saranno valutati in diverse posizioni all'interno dei blocchi e saranno oggetto di confronto tra le due tesi. Un'ultima prova prevederà la valutazione di una strategia di cattura massale degli individui in fase di uscita dalla svernamento. In particolare, in prossimità di un blocco all'interno di un frutteto sperimentale, saranno utilizzate delle trappole attivate con feromoni di aggregazione opportunamente modificate e posizionate in prossimità di potenziali siti di svernamento (ad es., fabbricati rurali). All'interno del blocco, a diversa distanza dai potenziali siti di svernamento, saranno posizionate delle trappole con microdosi di feromoni di aggregazione e saranno eseguiti campionamenti mediante "frappage" al fine di valutare l'andamento delle infestazioni. Questi dati saranno posti a confronto con quelli raccolti con le stesse metodologie in un altro blocco del frutteto dove non sono state posizionate le trappole per la cattura massale. Il confronto permetterà di testare l'effetto della cattura degli individui svernanti sui livelli d'infestazione da cimice asiatica.

### **4. Coordinamento, attività dimostrativa e di divulgazione dei risultati**

Nel corso del triennio, con cadenza semestrale saranno organizzati incontri di verifica con i tecnici e dirigenti dell'U.O. Fitosanitario della Regione Veneto allo scopo di monitorare lo stato di avanzamento del progetto e valutare eventuali integrazioni e modifiche dei protocolli sperimentali.



Inoltre sempre in collaborazione con l'U.O. Fitosanitario della Regione Veneto, si organizzeranno delle giornate di aggiornamento in campo rivolte ai tecnici in cui sarà presentata l'attività oggetto del presente progetto e saranno illustrati i principali aspetti relativi alla biologia ed ecologia di *H. halys* e le principali tecniche di campionamento per la stima della popolazione in frutteto. I risultati di particolare interesse potranno essere oggetto di incontri specifici con i tecnici operanti nel territorio. Potranno anche essere preparate schede informative per tecnici, agricoltori e cittadini.

#### **Risultati attesi**

Le attività previste nel presente progetto permetteranno di sviluppare una strategia di gestione della cimice asiatica. Dalle attività previste per lo studio della biologia ed ecologia di antagonisti naturali della cimice asiatica saranno ottenuti dei risultati che permetteranno il potenziamento del controllo biologico. In particolare sarà possibile definire in quali contesti paesaggistici è maggiore la presenza di antagonisti naturali di *H. halys*, in quali epoche stagionali è maggiore la loro attività e quali sono le condizioni climatiche adatte alla massimizzazione del potenziale di controllo biologico e quali invece sono quelle critiche. Sulla base di questi risultati sarà possibile prevedere l'andamento stagionale della presenza di parassitoidi e quali misure possono essere implementate per favorirne la presenza negli agro-ecosistemi e il controllo delle popolazioni di cimice asiatica, nel medio-lungo periodo. Altre informazioni che permetteranno il mantenimento delle popolazioni di antagonisti naturali saranno ottenute dai risultati della valutazione degli effetti collaterali dei prodotti fitosanitari sui parassitoidi della cimice asiatica, mediante i quali sarà caratterizzata la selettività dei principali prodotti utilizzati in frutticoltura. I risultati a maggiore rilevanza nel breve termine, saranno ottenuti dalle prove finalizzate all'individuazione dei prodotti fitosanitari e di origine naturale e loro miscele più efficaci nel contrasto alla cimice. I risultati saranno validati da prove di campo in contesti realistici di applicazione. Infine l'attività finalizzata alla messa a punto di strategie di lotta integrata per il contrasto alla cimice asiatica con lo scopo di razionalizzare l'impiego di insetticidi di sintesi permetterà di proporre agli agricoltori degli approcci applicativi che permettano di contenere i danni da cimice e rispettare i requisiti di sostenibilità ambientale legati all'uso dei prodotti insetticidi.



| Costi previsti di realizzazione eccedenti spese ordinarie di Regione del Veneto e Università di Padova- Dafnae |                    |                           |                     |
|--|--------------------|---------------------------|---------------------|
|  | Importo            |                           |                     |
| Descrizione spese  | 2020               | 2021                      | 2022                |
| - Personale  | 60.000,00 €        | 60.000,00 €               | 60.000,00 €         |
| - Missioni   | 3,870.00 €         | 6,450.00 €                | 2,580.00 €          |
| - Materiale di consumo   | 6,960.00 €         | 2,320.00 €                | 2,320.00 €          |
| - Servizi esterni  | 18,560.00 €        | 23,200.00 €               | 4,640.00 €          |
| - Oneri e Spese generali   | 6,500,00 €         | 6,500.00 €                | 6.500,00 €          |
| <b>Totale annuo</b>  | <b>95.890,00 €</b> | <b>98.470,00 €</b>        | <b>76.040,00 €</b>  |
|  |                    | <b>Totale complessivo</b> | <b>270.400,00 €</b> |



**Azione n. 2 del “Piano per il contrasto alla diffusione di insetti alloctoni dannosi alla frutticoltura”****TITOLO: Programma di lotta biologica per il contrasto alla cimice asiatica**

PAROLE CHIAVE: Cimice asiatica, Halyomorpha halys, Trissolcus japonicus

DURATA PREVISTA PER IL PROGETTO: 3 anni

**Introduzione**

La cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), è un fitofago invasivo nativo dell'Asia orientale, introdotto in USA, Europa e Sud America. Nelle regioni del nord Italia, la cimice asiatica ha trovato le caratteristiche adatte allo sviluppo delle popolazioni e riesce a completare due generazioni parzialmente sovrapposte all'anno (Costi et al. 2017). Lo sviluppo da uovo ad adulto si completa in circa 30-40 giorni e la fecondità media è di 250 uova deposte scalarmente da ogni femmina in 3 mesi (Lee 2015; Costi et al. 2017). *Halyomorpha halys* è una specie contraddistinta da una elevata capacità di dispersione e, nel corso della stagione vegetativa, è in grado di sfruttare diverse piante ospiti, tra cui numerose colture agrarie arboree (soprattutto melo, pero, pesco, susino, kiwi), erbacee (mais e soia), orticole ed ornamentali (Leskey e Nielsen 2018). L'andamento delle popolazioni di cimice asiatica è influenzata dal contesto paesaggistico; in particolare, livelli elevati d'infestazione sono stati associati alla presenza di ambienti semi-naturali come boschetti e siepi (Wallner et al., 2014; Pozzebon et al., dati non pubblicati). In questi ambienti le popolazioni di *H. halys* possono svernare, alimentarsi e riprodursi nelle prime fasi della stagione per poi spostarsi sulle colture recettive (Rice et al., 2014).

Nelle aree di origine, la cimice asiatica è soggetta all'attività di un complesso di antagonisti naturali (parassitoidi, predatori e microorganismi) che concorrono a tenere a freno le popolazioni (Lee et al. 2013). Alcuni studi effettuati in Europa e Nord America hanno evidenziato come la cimice asiatica sia attaccata da specie autoctone di Imenotteri parassitoidi oofagi e da insetti predatori. Mediamente il livello di mortalità della cimice attribuibile agli antagonisti naturali in Europa e in Nord America è stato del 15% (Abram et al. 2017). Il livello di parassitizzazione delle uova esercitato da alcuni antagonisti autoctoni è risultato inferiore al 10%. I risultati più interessanti sono stati attribuiti anche in questo caso a parassitoidi oofagi. Tuttavia è emerso come le uova di cimice asiatica possano rappresentare una trappola evolutiva per i parassitoidi oofagi, in quanto nella maggior parte dei casi dalle uova parassitizzate non emergono adulti (Abram et al. 2014). In tutti gli studi finora pubblicati e da risultati preliminari di studi condotti in Veneto (Pozzebon et al., dati non pubblicati), il tasso di parassitizzazione di uova di cimice asiatica attribuibile a specie autoctone ha raramente superato il 20% attestandosi a livelli non sufficienti a garantire il controllo biologico del fitofago.

La mancanza di efficaci fattori di controllo naturale permette ad *H. halys* la piena espressione del potenziale biotico con conseguente danni elevati alle colture. Nel corso di numerose sperimentazioni è emerso come anche la lotta chimica non sia pienamente efficace per il controllo di questo fitofago. L'impiego di alcuni neonicotinoidi, fosfororganici e piretroidi può determinare una certa mortalità dell'insetto nel caso di esposizione diretta alla soluzione insetticida, tuttavia l'efficacia di questi prodotti diminuisce drasticamente quando l'insetto è soggetto ad esposizione residuale (Kuhar e Kamminga, 2017). Il limitato effetto residuale dei prodotti fitosanitari è spesso compensato con un aumento della frequenza delle applicazioni insetticide con ovvie ripercussioni ambientali ed economiche.

Nelle aree di origine, tra gli antagonisti naturali sono particolarmente attivi i parassitoidi oofagi *Trissolcus japonicus* (Ashmead) e *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead), appartenenti alla famiglia degli Imenotteri Scelionidi, sono risultate quelle che esprimono il tasso di parassitizzazione più elevato (Arakawa e Namura 2002; Yang et al. 2009). Interessanti prospettive per il controllo biologico di questo fitofago invasivo sono offerte dalla presenza di popolazioni di nemici naturali alloctoni introdotti fortuitamente: la presenza di *T. japonicus* e *T. mitsukurii* è stata osservata in Europa e in Nord America. In particolare, *T. japonicus* è stato osservato in USA dal 2014 (Talamas et al. 2015a), in Svizzera dal 2017 (Stahl et al. 2019) in Piemonte e Lombardia dal 2018 e in Veneto dal 2019 (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al. 2018; Scaccini et al., dati non pubblicati), mentre la presenza di *T. mitsukurii* è stata osservata dal 2016 in alcune località del Veneto e negli anni successivi in altre regioni del nord Italia (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al.



2018; Pozzebon et al., dati non pubblicati). Le due specie sono attualmente distribuite in modo irregolare nel nord Italia con ampie aree non ancora interessate dalla loro presenza. Tuttavia l'ampliamento degli areali di distribuzione è un indicatore di come, in Italia settentrionale, i due parassitoidi hanno trovato condizioni favorevoli all'insediamento e allo sviluppo delle popolazioni esprimendo in alcuni areali tassi di parassitizzazione superiori al 50% (Moraglio 2020 e Pozzebon et al., dati non pubblicati). Sia nel caso di *T. japonicus* che di *T. mitsukurii*, si tratta di specie di parassitoidi oofagi generalisti con predilezione verso le uova di Pentatomidi. In Asia *Trissolcus japonicus* ha mostrato elevati tassi di parassitizzazione delle uova di cimice asiatica (oltre il 60%). Nell'areale di origine asiatico questo parassitoide può completare fino a 10 generazioni l'anno (Yang et al. 2018). Nel caso di *T. japonicus*, dagli studi sull'host range, considerando specie di potenziali ospiti presenti in Asia, Nord America ed Europa, è emerso come possa parassitizzare con successo sia uova di Pentatomidi che di altri Emitteri (Hedstrom et al. 2017; Zhang et al. 2017). Attualmente questa specie è il principale candidato per rilasci inoculativi in programmi di lotta biologica classica. Il potenziale di insediamento di *T. japonicus* in Europa è elevato, date le caratteristiche climatiche favorevoli allo sviluppo delle popolazioni (Avila and Charles 2018). Il risultato di questo tipo di programmi tuttavia dipenderà anche dalle interazioni che la specie di parassitoide introdotta, instaurerà con altre specie presenti negli agroecosistemi. Recenti studi nel nord Italia hanno evidenziato la presenza di un Imetto Pteromalide *Acroclisoides sinicus* (Huang & Liao), come iper-parassitoide di Imenotteri Scelionidi (Moraglio et al. 2020; Sabbatini Peverieri et al. 2019; Scaccini et al., dati non pubblicati).

### Progetto

I recenti aggiornamenti normativi (Decreto del Presidente della Repubblica 5 luglio 2019, n. 102 ) aprono alla possibilità di immissione di specie non autoctone con finalità di lotta biologica. La possibilità di attuare un programma di lotta biologica mediante il ripopolamento delle popolazioni di *Trissolcus japonicus* offre concrete opportunità di contenimento delle popolazioni di cimice asiatica. Questo tipo di programmi si basa su l'esecuzione di lanci inoculativi di antagonisti naturali alloctoni in areali interessati dalle pullulazioni di fitofagi invasivi. Le possibilità di successo sono da ricercare in dinamiche di popolazione nel lungo termine, quando le popolazioni dell'agente di controllo biologico si saranno insediate e stabilizzate nell'areale di introduzione permettendo il contenimento del fitofago invasivo al di sotto delle soglie di danno. Questo tipo di programmi non è esente da rischi, e necessita di un costante monitoraggio degli effetti delle introduzioni in relazione all'efficacia di parassitizzazione della specie bersaglio e specie non-bersaglio. Questo tipo di valutazione è altresì importante quando il ripopolamento interessa specie caratterizzate da un certo livello di polifagia come *T. japonicus*. Considerando tutti questi aspetti, il Tavolo tecnico-scientifico nazionale di coordinamento Cimice asiatica, istituito in seno al Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali (MIPAAF) ha prodotto un documento sui criteri di scelta dei siti, modalità di rilascio e verifica dell'efficacia dell'intervento di controllo biologico di *Halyomorpha halys* con l'impiego dell'ooparassitoide *Trissolcus japonicus*. Sulla base di questo documento è possibile definire un programma di lotta biologica mediante rilascio di *Trissolcus japonicus* in Veneto.

### Programma delle attività di ricerca

Il progetto di durata triennale prevedrà l'attuazione del programma di lotta biologica attraverso quattro fasi: 1) Definizione del Piano di lotta biologica mediante individuazione dei siti di rilascio, definizione delle densità e tempistica di immissione; 2) Individuazione dei soggetti in grado produrre allevamenti massali dei parassitoidi; 3) Esecuzione dei rilasci; 4) Verifica dell'efficacia dell'intervento mediante valutazioni pre- e post- rilascio.

#### 1) Definizione del Piano di lotta biologica mediante individuazione dei siti di rilascio, definizione delle densità e tempistica di immissione.

Nella prima fase sarà definito il piano di lotta biologica mediante l'individuazione dei siti di rilascio e la definizione delle densità e tempistiche di immissione. Questa fase dovrà seguire le indicazioni stilate dal Tavolo tecnico-scientifico nazionale di coordinamento Cimice asiatica e che prevedono che nei territori oggetto dell'intervento, i siti di rilascio siano selezionati preferibilmente in corridoi ecologici, siepi o aree incolte e comunque zone con assenza di trattamenti fitosanitari. I siti di rilascio, dovranno avere tra loro distanze comprese tra 5 e 20 km e dovranno essere individuati in aree con presenza significativa di infestazioni della cimice. La selezione dei siti di lancio sarà eseguita mediante analisi cartografica sulla base della sovrapposizione dei dati georeferenziati delle superfici frutticole con la Carta Tecnica regionale.



Per ogni sito di rilascio sarà istituita un'area di "tutela" per un raggio di 1 km, dove non dovranno essere rilasciate altre specie di parassitoidi di *H. halys*, al fine di evitare possibili fenomeni di competizione. Si prevederà l'esecuzione di rilasci di *T. japonicus* in almeno due-tre periodi durante la stagione vegetativa determinando le date più opportune sulla base dei monitoraggi territoriali che attestino la presenza di ovature di cimice asiatica. I lanci dovranno essere effettuati liberando gli adulti di *T. japonicus* in successione a distanza di non meno di 20 gg l'uno dall'altro, coordinando le effettive date di lancio in funzione dei rilievi sullo sviluppo delle popolazioni della cimice asiatica, in particolare relativamente alla presenza delle ovature. Per ogni sito e rilascio saranno liberate 100 femmine di *T. japonicus* con presenza di almeno un ulteriore 10% di maschi.

## **2) Individuazione dei soggetti in grado produrre allevamenti massali dei parassitoidi.**

Nel corso della seconda fase, e in seguito alla definizione del piano di lotta biologica con la quantificazione dei siti e delle densità di rilascio, saranno individuati dei soggetti in grado di allevare in modo massale gli individui di *T. japonicus* necessari alla esecuzione del programma. Un primo allevamento massale sarà istituito presso i laboratori del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali dell'Università degli Studi di Padova (DAFNAE) che costituirà un nucleo di pre-moltiplicazione. Le modalità di allevamento massali saranno definiti da un protocollo messo a punto dai ricercatori di DAFNAE sulla base della letteratura scientifica sull'argomento e delle indicazioni fornite dal MIPAAF.

## **3) Esecuzione dei rilasci.**

Sulla base del piano di lotta biologica saranno eseguiti i rilasci presso i siti selezionati secondo le tempistiche definite nel piano.

## **4) Verifica dell'efficacia dell'intervento mediante valutazioni pre- e post- rilascio.**

La verifica dell'efficacia dell'intervento di controllo biologico prevedrà controlli pre- e post-rilascio dell'antagonista naturale da parte del personale di DAFNAE. I controlli pre-rilascio dovranno essere eseguiti pochi giorni prima del lancio dei parassitoidi su almeno il 10% dei siti individuati per l'intervento, includendo aree rappresentative di tutti gli ambienti selezionati come siti di rilascio. I controlli saranno eseguiti secondo le indicazioni definite nei documenti di riferimento prodotti dal Tavolo tecnico-scientifico nazionale di coordinamento Cimice asiatica. Allo stesso modo, i controlli post-rilascio saranno eseguiti a partire da agosto e almeno 20 giorni dopo l'ultimo rilascio di adulti di *T. japonicus* e condotti in tutti i siti controllati in pre-rilascio, più almeno un ulteriore 10% di siti sul totale dei siti regionali. Per ogni ispezione, della durata di 1 ora, si provvederà a raccogliere tutte le ovature di cimice asiatica individuate e all'allevamento in laboratorio delle ovature non schiuse. Inoltre, nel 10 % dei siti di ciascuna Regione, saranno verificate anche l'eventuale parassitizzazione di insetti non-bersaglio. In almeno un sito di rilascio saranno eseguite delle osservazioni secondo un protocollo definito con altri enti di ricerca che compongono il Tavolo tecnico-scientifico nazionale di coordinamento Cimice asiatica e che prevederanno un controllo pre-lancio della durata di 2 ore/uomo con la raccolta di tutte le ovature di *H. halys* presenti. Dopo il rilascio nello stesso sito saranno raccolte le ovature di *H. halys* eventualmente presenti in prossimità del sito di rilascio a fasce prestabilite nel raggio di 0-10m, 10-

30m e 30-50m. Per ogni fascia in 1 ora/uomo saranno raccolte tutte le ovature di *H. halys* e di eventuali altre specie di pentatomidi. Le ovature saranno successivamente trasportate in laboratorio con raccolta e identificazione degli ooparassitoidi emersi.

## **Risultati attesi e monitoraggio delle azioni**

Le attività previste nel presente progetto permetteranno di attuare un programma di lotta biologica inoculativa mediante il rilascio di adulti di *T. japonicus*. A termine del primo anno si prevede di stilare una relazione sullo stato di avanzamento del programma con indicati il numero di parassitoidi prodotti e quanti di questi sono stati rilasciati. Inoltre in coordinamento con Tavolo tecnico-scientifico nazionale di coordinamento Cimice asiatica i dati raccolti nel corso delle attività previste dal presente piano confluiranno progressivamente in un database per la condivisione dei dati. Entro la fine del primo anno di progetto sarà redatto un report finale che sarà utilizzato per definire il programma di attività per secondo anno.



| Costi previsti di realizzazione eccedenti spese ordinarie di Regione del Veneto e Università di Padova- Dafnae |                     |                           |                     |
|--|---------------------|---------------------------|---------------------|
|  | Importo             |                           |                     |
| Descrizione spese  | 2020                | 2021                      | 2022                |
| - Personale  | 68.000,00 €         | 68.000,00 €               | 68.000,00 €         |
| - Missioni   | 15,050.00 €         | 9,030.00 €                | 6,020.00 €          |
| - Materiale di consumo   | 23,460.00 €         | 11,730.00 €               | 3,910.00 €          |
| - Servizi esterni  | 43,920.00 €         | 43,920.00 €               | -                   |
| - Oneri e Spese generali   | 9,700.00 €          | 9.700,00 €                | 9,700,00 €          |
| <b>Totale annuo</b>  | <b>160.130,00 €</b> | <b>142.380,00 €</b>       | <b>87.630,00 €</b>  |
|  |                     | <b>Totale complessivo</b> | <b>390.140,00 €</b> |



**Azione n. 3 del “Piano per il contrasto alla diffusione di insetti alloctoni dannosi alla frutticoltura”****TITOLO: Network prevenzione fitosanitaria**PAROLE CHIAVE: Cimice asiatica, *Halyomorpha halys*

DURATA PREVISTA PER IL PROGETTO: 3 anni

**Introduzione**

La cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), è un insetto invasivo nativo dell'Asia orientale, introdotto in USA, Europa e Sud America che attualmente è considerato il principale fitofago di numerose colture agrarie.

*Halyomorpha halys* sverna allo stadio di adulto in ricoveri artificiali (edifici e altre strutture rurali) o naturali, (Lee et al., 2014; Hancock et al., 2019). Alla fine dell'inverno gli adulti fuoriescono scalaramente dai siti di svernamento e colonizzano le piante su cui ha inizio l'attività trofica (Haye et al., 2014a; Bergh et al., 2017; Skillman et al., 2018). Nelle regioni del nord Italia, la cimice asiatica compie in genere due generazioni all'anno (Costi et al. 2017). Lo sviluppo da uovo ad adulto si completa in circa 30-40 giorni, ed esprime una di 250 uova deposte scalaramente da ogni femmina in 3 mesi (Lee 2015; Costi et al. 2017).

*Halyomorpha halys* è una specie contraddistinta da una elevata capacità di dispersione e, nel corso della stagione vegetativa, è in grado di sfruttare diverse piante ospiti spontanee e coltivate (Bergmann et al., 2016; Aigner et al., 2017; Maistrello et al., 2016; 2017). Studi di laboratorio hanno evidenziato come un adulto sia in grado di volare in media per 5 km al giorno (Lee e Leskey, 2015). Gli stadi giovanili presentano anch'essi una spiccata mobilità riuscendo a spostarsi per centinaia di metri nell'arco di una giornata (Lee et al., 2014). Gli individui che si sviluppano in estate hanno una maggiore capacità di dispersione rispetto agli individui che hanno svernato (Wiman et al., 2015) e l'attività aumenta con la temperatura ambientale, in particolare a partire da valori minimi di 15°C (Lee e Leskey, 2015). Nel corso della stagione, l'andamento delle popolazioni di *H. halys* sulle diverse piante ospiti è influenzato dalla disponibilità di alimenti, in particolare dalla presenza di frutti in fase di maturazione (Nielsen e Hamilton, 2009; Martinson et al., 2015; 2016; Blaauw et al., 2019). La cimice asiatica è caratterizzata da elevata polifagia, con più di 170 piante ospiti, tra cui numerose colture agrarie arboree (soprattutto melo, pero, pesco, susino, kiwi), erbacee (mais e soia), orticole ed ornamentali (Leskey e Nielsen 2018). Spesso, le popolazioni che colonizzano una coltura si sono sviluppate in altri ambienti, da cui si spostano in modo improvviso e imprevedibile dando origine a vere e proprie invasioni. Per questo, la presenza della cimice asiatica è influenzata dal contesto paesaggistico; in particolare, livelli elevati d'infestazione sono stati associati alla presenza di ambienti semi-naturali come boschetti, siepi o aggregati di piante ornamentali in prossimità delle colture (Wallner et al., 2014; Pozzebon et al., dati non pubblicati). In questi ambienti le popolazioni di *H. halys* possono svernare, alimentarsi e riprodursi nelle prime fasi della stagione per poi spostarsi sulle colture recettive (Rice et al., 2014; Aigner et al., 2017). La migrazione delle popolazioni di *H. halys* può interessare anche colture contigue e caratterizzate da epoche di maturazione ravvicinate (Venugopal et al., 2015a).

I danni associati alle infestazioni di cimice asiatica sono dovuti in primo luogo all'attività alimentare dell'insetto. *Halyomorpha halys* si alimenta a carico di organi diversi della pianta e, pur prediligendo i frutti, ha una forte propensione per la dieta mista; l'epoca di maturazione dei frutti resta tuttavia un buon indicatore dei livelli più elevati di presenza di questo fitofago (Martinson et al., 2015; Acebes-Doria et al., 2016a). Sebbene sui fruttiferi i picchi dell'infestazione si concentrino nel periodo di maturazione dei frutti, la presenza del fitofago può essere osservata a basse densità anche in altre fasi fenologiche della pianta con potenziali ripercussioni sulla produzione (Nielsen e Hamilton 2009). In generale, le infestazioni precoci di cimice asiatica a carico dei fruttiferi possono causare cascola o deformazioni dei frutti, mentre le infestazioni tardive sono associate a suberificazioni e necrosi sui frutti.

**Monitoraggio delle popolazioni di *Halyomorpha halys***

Nel corso di numerose sperimentazioni è emerso come la lotta chimica non sia pienamente efficace per il controllo di questo fitofago. L'impiego di alcuni neonicotinoidi, fosfororganici e piretroidi può determinare una certa mortalità dell'insetto nel caso di esposizione diretta alla soluzione insetticida, tuttavia l'efficacia di questi prodotti diminuisce drasticamente quando l'insetto è soggetto ad esposizione residuale (Kuhar e



Kamminga, 2017). Quest'ultimo fattore rappresenta il principale limite per il successo delle attuali strategie di controllo nei confronti di questo fitofago con elevata polifagia e mobilità. Il limitato effetto residuale dei prodotti fitosanitari è spesso compensato con un aumento della frequenza delle applicazioni insetticide con ovvie ripercussioni ambientali ed economiche, quest'ultime dovute all'aumento dei costi di produzione e alla difficoltà di rispettare i limiti di residui richiesti per l'immissione nel mercato del prodotto. Inoltre l'aumento d'impiego di prodotti di sintesi è associato al rischio di aumento di selezione di ceppi resistenti e all'induzione di pullulazione di fitofagi secondari (Kuhar e Kamminga, 2017). La massimizzazione dell'efficacia dei trattamenti insetticidi e la riduzione dei danni da cimice asiatica richiede una elevata tempestività d'intervento. Inoltre l'elevata mobilità dell'insetto richiede l'applicazione di protocolli di difesa su scala territoriale, al fine di evitare zone rifugio per questo insetto. Per questi motivi è necessaria la pianificazione di piani di monitoraggio e coordinamento degli interventi che favoriscano la raccolta e analisi dei dati e la trasmissione di informazioni relative all'andamento delle infestazioni in tempi brevi. Gli attuali strumenti digitali possono permettere l'impiego di applicazioni sviluppate con lo scopo specifico di facilitare questi passaggi.

### **Progetto**

#### ***Obiettivi dell'attività***

Il presente progetto ha l'obiettivo di instaurare una rete informativa regionale finalizzata alla diffusione capillare di informazioni che permettano l'uniformità di comportamento di tutti gli operatori agricoli nel territorio regionale suddivisi per macroareali in relazione soprattutto alla difesa fitosanitaria. Lo sviluppo della presente attività si attuerà nelle seguenti fasi:

#### **- Acquisizione di app dedicata alla raccolta dati geo-referenziati e condivisione bollettini e risultati monitoraggio.**

L'impiego di una applicazione digitale facilmente installabile su smartphone con piattaforme Android o iOS è già stata utilizzata nel monitoraggio dell'areale di distribuzione di *H. halys* mediante la coniugazione di un approccio tecnologico innovativo e una esperienza di citizen science (Malek et al., 2019). Sulla base di questa applicazione ne sarà sviluppata una adatta a personale tecnico che permetterà l'inserimento di dati geo-referenziati risultanti dal monitoraggio e raccolti mediante osservazioni in campo e impiego di trappole a feromoni. L'applicazione permetterà di inserire i dati relativi alla singola particella colturale, con l'indicazione delle diverse tipologie di dato inserito. L'applicazione prevederà diversi livelli di utenza che permetteranno la configurazione della condivisione dei dati a livello locale, di macroarea o regionale in base alle preferenze dell'utente. I dati così raccolti potranno essere analizzati dai ricercatori del Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali dell'Università degli Studi di Padova (DAFNAE), in tempo reale al fine di creare mappe omogenee di infestazione categorizzate per coltura e cultivar. Questo tipo di approccio permetterà anche la creazione di database utili alla zonazione dell'incidenza delle infestazioni del fitofago e l'analisi degli andamenti delle popolazioni dell'insetto a diversa scala territoriale. Questo tipo di elaborazione potrà essere usato per l'elaborazione di bollettini fitosanitari che potranno essere trasmessi ai tecnici attraverso l'applicazione.

#### **Altre attività dell'azione 3 svolte d Regione del Veneto in collaborazione con altri soggetti**

- Creazione di una rete sul territorio (network) formata da tecnici delle OP e consulenti
- Costituzione di una serie di recapiti periodici a livello locale per la raccolta dei dati, discussione e definizione delle indicazioni operative
- Monitoraggio andamenti della popolazione e localizzazione mediante app dedicata a raccolta dati geo-referenziati e loro condivisione
- Definizione di periodici bollettini fitosanitari a livello locale per le migliori pratiche per le imprese agricole
- Valutazione delle azioni di sperimentazione di gestione delle reti antinsetto
- Emissione e diffusione di un bollettino fitopatologico sulle colture frutticole, suddiviso per aree geografiche e tipologie colturali



| Costi previsti di realizzazione eccedenti spese ordinarie di Regione del Veneto e Università di Padova- Dafnae |                    |                           |                    |
|--|--------------------|---------------------------|--------------------|
|  | Importo            |                           |                    |
| Descrizione spese  | 2020               | 2021                      | 2022               |
| - Personale  | 9,504.75 €         | 9,504.75 €                | 9,504.75 €         |
| - Servizi esterni  | 5,000.00 €         | 1,000.00 €                | 1,000.00 €         |
| - Oneri e Spese generali   | 1,147.31 €         | 1,146.72 €                | 1,146.72 €         |
| <b>Totale annuo</b>  | <b>15.652,06 €</b> | <b>11.651,47 €</b>        | <b>11.651,47 €</b> |
|  |                    | <b>Totale complessivo</b> | <b>38.955,00 €</b> |



**Bibliografia consultata**

- Abram P.K., Hoelmer K.A., Acebes-Doria A., et al., 2017. Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe. *Journal of Pest Science*, 90:1009-1020.
- Abram, P. K., T. D. Garipey, G. Boivin, and J. Brodeur. 2014. An invasive stink bug as an evolutionary trap for an indigenous egg parasitoid. *Biol. Invasions*. 16: 1387–1395.
- Acebes-Doria A.L., Leskey T.C., Bergh J.C., 2016a – Host plant effects on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) nymphal development and survivorship. - *Environ. Entomol.*, 45: 663-670.
- Acebes-Doria A.L., Leskey T.C., Bergh J.C., 2016b – Injury to apples and peaches at harvest from feeding by *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) nymphs early and late in the season. - *Crop Prot.*, 89: 58-65.
- Arakawa, R., & Namura, Y. (2002). Effects of temperature on development of three *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomological Science*, 5(2), 215-218.
- Avila, G. A., and J. G. Charles. 2018. Correction to: Modelling the potential geographic distribution of *Trissolcus japonicus*: a biological control agent of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* *BioControl*, 63, 4, (505-518).
- Bariselli M., Bugiani R., Maistrello L., 2016 – Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. - *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 46: 332-334.
- Bergh J.C., Morrison III W.R., Joseph S.V., Leskey T.C., 2017 – Characterizing spring emergence of adult *Halyomorpha halys* using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps. - *Entomol. Exp. Appl.*, 162(3): 336-345.
- Bergmann E.J., Venugopal P.D., Martinson H.M., Raupp M.J., Shrewsbury P.M., 2016 – Host plant use by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) on woody ornamental trees and shrubs. - *PLoS One*, 11(2): e0149975. doi:10.1371/journal.pone.0149975.
- 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 Manag. Sci.*, 71: 1513-1522.
- Bosco L., Moraglio S.T., Tavella L., 2018 – *Halyomorpha halys*, a serious threat for hazelnut in newly invaded areas. - *J. Pest Sci.*, 91(2): 661-670.
- Botch P.S., Delfosse E.S., 2018. Host-Acceptance Behavior of *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) Reared on the Invasive *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) and Nontarget Species. *Environmental Entomology*, 47(2): 403-411.
- Cianferoni F., Graziani F., Dioli P., Ceccolini F., 2018 – Review of the occurrence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Italy, with an update of its European and World distribution. - *Biol.* 73: 599-607.
- Costi, E., Haye, T., & Maistrello, L. (2017). Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1059-1067
- Dobson R.C., Rogers M., Moore J.L.C., Bessin R.T., 2016 – Exclusion of the brown marmorated stink bug from organically grown peppers using barrier screens. - *HortTechnology*, 26: 191-198.
- Hancock T.J., Lee D.-H., Bergh J.C., Morrison W.R., Leskey T.C., 2019 – Presence of the invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) on home exteriors during the autumn dispersal period: results generated by citizen scientists. - *Agr. For. Entomol.*, 21: 99-108.
- Haye T., Abdallah S., Garipey T., Wyniger D., 2014a – Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. - *J. Pest Sci.*, 87(3): 407-418.
- Haye T., Fischer S., Zhang J., Garipey T., 2015. Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae), in Europe? *Journal of*
- Hedstrom C.S., Shearer P.W., Miller J.C., Walton V.M., 2014 – The effects of kernel feeding on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on commercial hazelnuts. - *J. Econ. Entomol.*, 107(5): 1858-1865.



- 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.
- Hori K., 2000 – Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. In: Heteroptera of economic importance, Schaefer C.W. & Panizzi A.R., Ed., CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 11-35.
- Kamminga K., Herbert D.A., Toews M.D., Malone S., Kuhar T., 2014 – *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) feeding injury on cotton bolls. - Journal of Cotton Science, 18: 68-74.
- 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., Morehead, J. A., & Formella, A. J. (2019). Applications of Kaolin Protect Fruiting Vegetables from Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Entomological Science, 54(4), 401-408.
- Lee D.-H., 2015 – Current status of research progress on the biology and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) as an invasive species. - Appl. Entomol. Zool., 50: 277-290.
- Lee D.-H., Leskey T.C., 2015 – Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). - B. Entomol. Res., 105: 566-573.
- Lee D.-H., Nielsen A.L., Leskey T.C., 2014 – Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions. - J. Insect. Behav., 27: 639-651.
- 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. - Environ. Entomol., 42: 627-641.
- 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., Inkley D., Hoelmer K.A., Lee D.-H., Wright S.E., 2012 – Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. - Outlooks on Pest Management, 23(5): 218-226.
- Leskey T.C., Nielsen A.L., 2018 – Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management. - Annu. Rev. Entomol., 63: 599-618.
- Maistrello L., Costi E., Caruso S., Vaccari G., Bortolotti P., Nannini R., Casoli L., Montermini A., Bariselli M., Guidetti R., 2016 – *Halyomorpha halys* in Italy: first results of field monitoring in fruit orchards. - IOBC-WPRS Bulletin, 112: 1-5.
- Maistrello L., Vaccari G., Caruso S., Costi E., Bortolini S., Macavei L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini R., Casoli R., Fornaciari M., Mazzoli G.L., Dioli P., 2017 – Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. - J. Pest Sci., 90(4): 1231-1244.
- Malek, R., Zapponi, L., Eriksson, A., Ciolli, M., Mazzoni, V., Anfora, G., & Tattoni, C. (2019). Monitoring 2.0: Update on the *Halyomorpha halys* Invasion of Trentino. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(12), 564.
- Martinson H.M., Bergmann E.J., Venugopal P.D., Riley C.B., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2016 – Invasive stink bug favors naïve plants: testing the role of plant geographic origin in diverse, managed environments. - Sci. Rep., 6: 32646. doi:10.1038/srep32646.
- Martinson H.M., Venugopal P.D., Bergmann E.J., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2015 – Fruit availability influences the seasonal abundance of invasive stink bugs in ornamental tree nurseries. - J. Pest Sci., 88(3): 461-468.
- Mohekar P., Lapis T.J., Wiman N.G., Lim J., Tomasino E., 2017a – Brown marmorated stink bug taint in Pinot noir: detection and consumer rejection thresholds of trans-2-Decenal. - Am. J. Enol. Viticult., 68: 120-126.



- Mohekar P., Osborne J., Wiman N.G., Walton W., Tomasino E., 2017b – 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*). - J. Agr. Food Chem., 65: 872-878.
- Moore L.C., Tirello P., Scaccini D., Toews M.D., Duso C., Pozzebon A., 2019 – Characterizing damage potential of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in cherry orchards. - Entomol. Gen., 39(3-4): 271-283.
- Moraglio ST, Tortorici F, Pansa MG, Castelli G, Pontini M, Scovero S, Visentin S, Tavella L (2020) A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy. J Pest Sci. 93:183–194. doi:10.1007/s10340-019-01136-2
- Morehead, J. A., & Kuhar, T. P. (2017). Efficacy of organically approved insecticides against brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* and other stink bugs. Journal of Pest Science, 90(4), 1277-1285.
- Morrison III, W. R., Blaauw, B. R., Short, B. D., Nielsen, A. L., Bergh, J. C., Krawczyk, G., ... & Leskey, T. C. (2019). Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy. Pest management science, 75(1), 104-114.
- Nielsen A.L., Hamilton G.C., 2009 – Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. - Ann. Entomol. Soc. Am., 102(4): 608-616.
- Owens D.R., Herbert Jr. D.A., Dively G.P., Reisig D.D., Kuhar T.P., 2013 – Does feeding by *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) reduce soybean quality and yield? - J. Econ. Entomol., 106(3): 1317-1323.
- Paltrinieri S., Marani G., Francati S., Dindo M.L., Bertaccini A., 2016 – *Cimice asiatica* confermata come insetto vettore di fitoplasmi. - L'Informatore Agrario, 45: 60-61.
- Peiffer M., Felton G.W., 2014 – Insights into the saliva of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). - PLoS One, 9: e88483. doi:10.1371/journal.pone.0088483.
- 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 J.F., 2014 – Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). - J. Integr. Pest Manag., 5(3): 1-13.
- Sabbatini Peverieri G, Mitroiu M-D, Bon M-C, Balusu R, Benvenuto L, Bernardinelli I, Fadamiro H, Falagiarda M, Fusu L, Grove E, Haye T, Hoelmer K, Lemke E, Malossini G, Marianelli L, Moore MR, Pozzebon A, Roversi PF, Scaccini D, Shrewsbury P, Tillman G, Tirello P, Waterworth R, Talamas EJ (2019). Surveys of stink bug egg parasitism in Asia, Europe and North America, morphological taxonomy, and molecular analysis reveal the Holarctic distribution of *Acroclisoides sinicus* (Huang & Liao) (Hymenoptera, Pteromalidae). J Hymenopt Res 74:123–151
- Sabbatini Peverieri G, Talamas E, Bon MC, Marianelli L, Bernardinelli I, Malossini G, Benvenuto L, Roversi PF, Hoelmer KA (2018). Two Asian egg parasitoids of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) and *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). J Hymenopt Res 67:37–53
- Scaccini D., 2019 – Seasonal population dynamics, thermal tolerance, and damage assessment of the invasive pest brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Crop Science, Università di Padova, 148 pp.
- Scaccini D., Vincenzi S., Sala L., Duso C., Pozzebon A., 2019 – Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) effects on the quality of Prosecco wine. - Programma del IOBC-WPRS – Integrated Protection in Viticulture, Vila Real, Portogallo, 5-8 Novembre 2019: poster.
- Scaccini, D., Duso, C., & Pozzebon, A. (2019). Lethal Effects of High Temperatures on Brown Marmorated Stink Bug Adults before and after Overwintering. Insects, 10(10), 355.



- Short, B. D., Khrimian, A., & Leskey, T. C. (2017). Pheromone-based decision support tools for management of *Halyomorpha halys* in apple orchards: development of a trap-based treatment threshold. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1191-1204.
- Skillman V.P., Wiman N.G., Lee J.C., 2018 – Nutrient declines in overwintering *Halyomorpha halys* populations. - *Entomol. Exp. Appl.*, 166(9): 778-789.
- Smith J.R., Hesler S.R., Loeb G.M., 2014 – Potential impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on grape production in the Finger Lakes Region of New York. - *J. Entomol. Sci.*, 49: 290-303.
- Stahl J.M., Babendreier D., Haye T., 2018. Using the egg parasitoid *Anastatus bifasciatus* against the invasive brown marmorated stink bug in Europe: can non-target effects be ruled out? *Journal of Pest Science*, 91: 1005-1017.
- Venugopal P.D., Coffey P.L., Dively G.P., Lamp W.O., 2014 – Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. - *PLoS One*, 9(10): e109917. doi:10.1371/journal.pone.0109917.
- Venugopal P.D., Dively G.P., Lamp W.O., 2015a – Spatiotemporal dynamics of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in and between adjacent corn and soybean fields. - *J. Econ. Entomol.*, 108(5): 2231-2241.
- Venugopal P.D., Martinson H.M., Bergmann E.J., Shrewsbury P.M., Raupp M.J., 2015b – Edge effects influence the abundance of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in woody plant nurseries. - *Environ. Entomol.*, 44: 474-479.
- Wallner, Adam M., George C. Hamilton, Anne L. Nielsen, Noel Hahn, Edwin J. Green, and Cesar R. Rodriguez-Saona. "Landscape factors facilitating the invasive dynamics and distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), after arrival in the United States." *PloS one* 9, no. 5 (2014).
- 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). - *J. Pest Sci.*, 88(1): 37-47.
- Yang, S. Y., H. X. Zhan, F. Zhang, D. Babendreier, Y. Z. Zhong, Q. Z. Lou, Y. Zhong, and J. P. Zhang. 2018. Development and fecundity of *Trissolcus japonicus* on fertilized and unfertilized eggs of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *J. Pest Sci.* 91: 1335–1343.
- Zhang, J., Zhang, F., Garipey, T., Mason, P., Gillespie, D., Talamas, E., & Haye, T. (2017). Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1127-1141.

