

CIMICE ASIATICA

Biologia, diffusione e controllo
in Provincia di Trento

..... N. 4 - DICEMBRE 2019

Approfondimento monografico
del Centro Trasferimento Tecnologico
della Fondazione Edmund Mach



FONDAZIONE
EDMUND MACH



.....
© 2019 Fondazione Edmund Mach - Centro Trasferimento Tecnologico
CIMICE ASIATICA Biologia, diffusione e controllo in Provincia di Trento

TESTI

Daniele Andreis, Gianfranco Anfora, Michele Berti, Serena Chiesa, Stefano Corradini, Anna Eriksson*,
Claudio Ioriatti, Valerio Mazzoni, Claudio Panizza, Gerardo Roselli, Livia Zapponi

CURA E REVISIONI TESTI

Gianfranco Anfora, Anna Eriksson*, Claudio Ioriatti

COORDINAMENTO EDITORIALE

Erica Candioli, Anna Eriksson*

FOTOGRAFIE

Gianfranco Anfora (foto 4), Anna Eriksson* (fig.1, foto 2, 3, 5, 6, 12), Valerio Mazzoni (foto 7),
Claudio Panizza (foto 3), Umberto Salvagnin (fig. 1), Livia Zapponi (foto 1, 9, 10, 11)
ENEA Casaccia (foto 8)
Copertina: Anna Eriksson*

PROGETTO GRAFICO

IDESIA

REALIZZAZIONE GRAFICA ESECUTIVA E STAMPA

Esperia Srl – Lavis (TN)



*Il progetto E-STaR tramite il bando "I comunicatori STAR della scienza"
della Provincia autonoma di Trento



Presentazione

I meccanismi dell'economia globale espongono sempre più le comunità locali al rischio di invasione da parte di nuovi parassiti e patogeni. Questo fenomeno è uno dei maggiori fattori di rischio per la salute umana, l'ambiente e l'agricoltura e pone seri problemi in particolare in frutticoltura. Insetti e patogeni sono spesso introdotti in nuove zone con gli scambi commerciali e turistici ed il loro insediamento è facilitato dai cambiamenti climatici in atto. Per questo il territorio trentino è esposto a tali fenomeni. Un esempio recente e preoccupante di invasione biologica nelle nostre aree è la cimice asiatica, *Halyomorpha halys*, originaria dell'Asia orientale. Fuori dal suo areale originario, negli Stati Uniti e in Europa è divenuto il fitofago chiave in numerosi agroecosistemi causando ingenti danni economici su colture come melo, pero e pesco e su molte orticole. Può inoltre essere fonte di fastidio per le persone, per la sua abitudine di trascorrere l'inverno al riparo negli edifici e di emettere sostanze maleodoranti. Nel 2016 sono stati ritrovati i primi individui di cimice anche in Trentino, con i focolai più importanti nell'area della città di Trento e del Garda. Nel triennio 2017-2019 la specie si è espansa, insediandosi anche in Val di Non e Valsugana, con popolazioni in grado di provocare danni sulle principali colture, soprattutto il melo. Come descritto in seguito, questo insetto invasivo ha eccezionali caratteristiche biologiche, estrema plasticità e adattabilità e grandi capacità riproduttive che ne rendono molto complicate gestione e controllo.

Per cercare di far fronte quindi a questa minaccia è stato creato a inizio 2019 un gruppo operativo in Fondazione Edmund Mach (FEM) che coinvolge ricercatori e tecnici del Centro Ricerca ed Innovazione e del Centro Trasferimento Tecnologico e del Centro Agricoltura Alimenti e Ambiente (C3A) dell'Università di Trento, per la messa a fattor comune delle risorse e competenze e per il coordinamento delle attività di ricerca e sperimentazione su questo tema. Tale gruppo collabora strettamente con gli operatori locali del settore, produttori ortofrutticoli e decisori politici. L'obiettivo primario è mettere a disposizione degli agricoltori efficaci strategie di controllo integrato (IPM) su scala territoriale nel più breve tempo possibile. In questo senso sono state avviate anche importanti collaborazioni nazionali ed internazionali. Si sta lavorando su diversi aspetti, che vanno dalla valutazione dell'efficacia della lotta chimica fino allo studio degli antagonisti naturali autoctoni ed esotici per la lotta biologica, metodo che forse garantisce a lungo termine i risultati più efficaci e duraturi. Si lavora inoltre per coinvolgere attivamente la cittadinanza nel monitoraggio della cimice tramite l'iniziativa di citizen science "BugMap" e divulgazione sui social media, laboratori con le scuole primarie, giornate tecniche ed eventi scientifici. Purtroppo in ogni caso i risultati non possono essere immediati, i produttori dovranno convivere anche con questa nuova avversità, sviluppare consapevolezza ed adottare tutte le pratiche finora a disposizione che limitino l'impatto dell'insetto. Pensiamo ottimisticamente che l'obiettivo di un nuovo equilibrio e della sostenibilità negli agroecosistemi invasi dalla cimice si possa raggiungere in tempi ragionevoli. La strada è indicata ad esempio dalla situazione delle aree frutticole di alcuni stati americani come la Pennsylvania, che una nostra delegazione ha recentemente visitato, in cui la cimice è presente già da molti anni ma il cui impatto è in fase di riduzione grazie all'applicazione di nuove strategie IPM adatte a quei territori.

In generale, il caso della cimice asiatica ci dimostra ancora una volta che è forse impossibile evitare l'ingresso delle specie aliene invasive, ma è fondamentale sviluppare programmi di diagnosi precoce e identificazione delle strategie di controllo più adatte. Questo richiede un approccio multidisciplinare e la cooperazione tra i paesi colpiti e quindi la possibilità di utilizzare risorse e competenze da rendere rapidamente disponibili.

Questo approfondimento è stato realizzato con il contributo del progetto E-STaR tramite il bando "I comunicatori STAR della scienza" della Provincia autonoma di Trento.

Claudio Ioriatti

Dirigente Centro Trasferimento Tecnologico
Fondazione Edmund Mach

Gianfranco Anfora

Professore associato Centro Agricoltura Alimenti Ambiente - C3A

Sommario

Presentazione.....	3
Introduzione.....	5
Morfologia	6
Biologia.....	8
Piante ospiti.....	10
Tecniche di contenimento	12
Monitoraggio della cimice asiatica.....	14
Bugmap.....	15
Trappole multistimolo: il binomio feromoni e vibrazioni	22
Il controllo della cimice asiatica con la tecnica dell'insetto sterile (SIT).....	24
I parassitoidi della cimice asiatica.....	26
Conclusioni	29
Bibliografia.....	30

Introduzione

La cimice asiatica, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera Pentatomidae), è una specie aliena invasiva originaria dell'Asia orientale (Cina, Giappone, Corea). Questo insetto è stato rinvenuto fuori dal suo areale originario per la prima volta alla fine degli anni novanta negli Stati Uniti dove, in breve tempo, è divenuto il fitofago chiave in numerosi agroecosistemi causando ingenti danni economici, soprattutto su colture arboree come melo, pero, pesco e nocciolo. In Europa, le prime segnalazioni risalgono al 2007 in Svizzera, dove però la densità di popolazione si è mantenuta molto bassa. Il primo rinvenimento di una popolazione insediata in Italia risale al settembre 2012, in Provincia di Modena, a seguito del quale la specie si è espansa rapidamente nelle aree frutticole limitrofe. Oggi la specie è segnalata nella maggior parte delle regioni italiane e in molti stati europei (dalla Francia alla Georgia), a causa probabilmente del trasporto accidentale legato alle attività umane. Tale specie infatti è capace di viaggiare anche su lunghe distanze, sfruttando le rotte commerciali, e giungendo in nuovi territori attraverso autostrade, porti e aeroporti, nascosta all'interno di piante e altre merci, come avviene comunemente per altre specie invasive cosiddette "autostoppiste" (Cini *et al.*, 2014). Per quanto riguarda il Trentino, la cimice è stata segnalata per la prima volta nel 2016 nei dintorni di Trento trasportata all'interno di un camper noleggiato in Veneto, negli anni seguenti è stata rilevata in tutte le zone agricole della Provincia, in particolare nelle aree meridionali, a sud di Trento e alto Garda, ma raggiungendo anche le aree frutticole collinari della Val di Non (Malek *et al.*, 2018).

Morfologia

Gli adulti di *Halyomorpha halys* sono lunghi circa 1,5-1,7 cm, possono essere larghi 7-10 mm e hanno la caratteristica forma a scudo (Fig. 1). Il colore è tipicamente marmorizzato tendente al marrone, ma in alcuni casi anche con sfumature rossastre. In particolare, il riconoscimento negli adulti si basa sull'osservazione di alcuni caratteri peculiari, come ad esempio le 4 macchie avorio presenti sul pronoto (calli). A livello del capo, innanzitutto, la sua forma quadrata, ma anche la conformazione delle antenne, che presentano due bande chiare alternate sul secondo e terzo antennomero, ne permettono l'identificazione (Ibrahim *et al.*, 2019). Dal torace si dipartono le emielitre con una puntinatura piuttosto densa, membranose nella parte terminale, presentano delle venature caratteristiche. Il margine laterale dell'addome presenta alcune macchie triangolari bianche, infine ciascuna zampa presenta una banda chiara centrale. Osservata ventralmente, la cimice risulta avere un colore giallastro che in alcuni casi può tendere al rosso e può presentare dei segni puntiformi grigi o neri. La distinzione tra maschio e femmina è possibile dall'osservazione dei genitali esterni, che nel maschio assumono una conformazione a fibbia, inoltre le femmine tendono ad essere leggermente più grandi dei

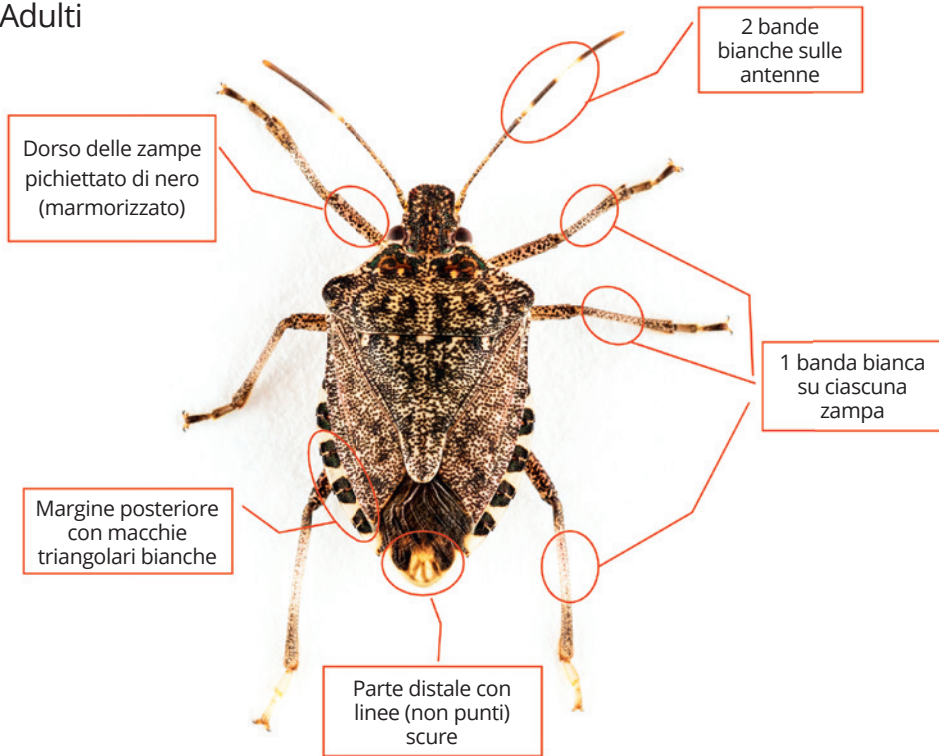
maschi. Per quanto riguarda gli stadi giovanili, si hanno 3 stadi di neanide e 2 di ninfa con la presenza di abbozzi alari, la cui caratteristica principale, che le contraddistingue da altre specie simili, è la presenza di alcune spine laterali a capo e torace.

Poiché può essere facilmente confusa con un'altra cimice pentatomide autoctona piuttosto comune nei nostri ambienti (*Rhaphigaster nebulosa*) ne riassumiamo di seguito i principali caratteri distintivi.

Halyomorpha halys: apice del capo di forma rettangolare, antenne con due segmenti chiari, presenza di macchie colore avorio ben distinte su pronoto e scutello, venature scure sulla parte membranosa delle emielitre, assenza di spina addominale, zampe con striature scure. Stadi giovanili provvisti di spine laterali su capo e torace.

Rhaphigaster nebulosa: apice del capo di forma triangolare, antenne con tre segmenti chiari, assenza di macchie avorio su pronoto e scutello, colorazione marmorizzata uniforme, maculatura scura della parte membranosa delle emielitre, presenza di una spina addominale ben visibile rivolta verso il rostro, maculatura addominale e zampe di colore uniforme. Stadi giovanili privi di spine laterali.

Adulti



Giovani

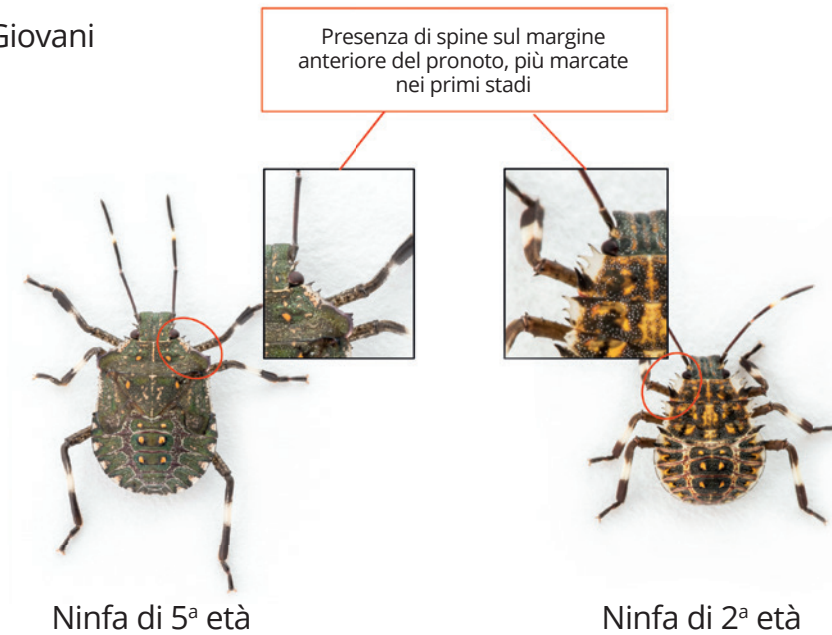


Figura 1
Tavola descrittiva della morfologia della cimice asiatica: adulti e giovani

Biologia

La cimice asiatica è una specie multivoltina; nei luoghi di origine in Asia orientale può compiere da 4 a 6 generazioni in un anno, mentre nelle zone dove è stata introdotta, a clima temperato, può compiere una o due generazioni in un anno. Infatti la durata del ciclo vitale, a partire dalla deposizione delle uova fino al raggiungimento dello stadio adulto, risulta strettamente correlato con il clima. Anche l'inizio, la durata e la fine della diapausa sono influenzati da parametri ambientali come il fotoperiodo e la temperatura. La comunicazione a medio-lungo raggio che precede le aggregazioni e la riproduzione è mediata da un feromone di aggregazione emesso dai maschi adulti e che attira forme giovanili ed entrambi i sessi degli adulti. Tale feromone combinato con diversi sinergizzanti è attualmente utilizzato come innesco

delle trappole commerciali per il monitoraggio, argomento che sarà trattato successivamente. A breve raggio invece l'accoppiamento è possibile tramite lo scambio di segnali vibrazionali via substrato (Mazzoni *et al.*, 2017).

La forma svernante è quella adulta, quindi sia maschi che femmine adulti in autunno tendono ad aggregarsi ed a cercare dei ripari che possono essere dei rifugi naturali o artificiali, come per esempio ricoveri attrezzi, abitazioni, magazzini, scuole, uffici, raggiungendo numeri enormi in caso di alte densità di popolazione. A volte possono quindi diventare infestanti nei centri abitati, proprio per il loro comportamento gregario. Un numero elevato di individui può infatti creare dei disagi, in particolare per la produzione di odori sgradevoli che l'insetto emette da specifiche



Foto 1
Ovatura da cui sono sgusciate neanidi di prima età di cimici asiatiche

ghiandole come autodifesa, e che possono portare in casi estremi ad allergie respiratorie o dermatiti da contatto.

In primavera, all'uscita dalla diapausa, durante la quale comunque si registrano elevate percentuali di mortalità, gli adulti si spostano sulla vegetazione delle piante ospiti, dove si nutrono e si accoppiano.

Per quanto riguarda l'Italia, è stato osservato che la fuoriuscita degli adulti dai siti di svernamento è molto scalare, inizia quando la temperatura raggiunge i 14°C con una lunghezza del giorno di 13 h, e dura in media da metà marzo a fine maggio. L'ovideposizione da parte degli individui svernanti inizia a metà maggio, con un fotoperiodo maggiore di 14 h. Questa si protrae fino a metà luglio quando anche questi individui svernanti sopravvissuti iniziano a morire. In questo stesso periodo, gli adulti di prima generazione incrementano la deposizione delle uova (foto 1).

Si è osservata quindi una sovrapposizione del periodo di deposizione delle uova tra la prima e la seconda generazione. Gli adulti che si sviluppano dalle uova deposte durante l'estate non arrivano di solito nei nostri climi a originare una terza generazione, ma sono quegli individui che a partire dalla metà di agosto entreranno in diapausa riproduttiva per prepararsi poi allo svernamento (Costi *et al.*, 2017). In relazione al raggiungimento della maturità sessuale, le femmine uscite dallo

svernamento iniziano a deporre uova in media dopo 35 giorni, mentre le femmine della generazione estiva hanno bisogno in media di 12 giorni, dal raggiungimento dello stadio adulto per iniziare a ovideporre (Costi *et al.*, 2017). Le uova vengono deposte solitamente sulla pagina inferiore delle piante ospiti, ravvicinate le une alle altre, in gruppi di 28 mediamente; sono a forma di barilotto, verde chiaro appena deposte, bianche successivamente.

Sia giovani che adulti si nutrono di linfa attraverso un apparato boccale pungente-succhiante estremamente specializzato che è in grado di forare la superficie anche di frutti estremamente coriacei, semi e cortecce. Durante l'attività alimentare inoltre essi emettono saliva attraverso un canale formato dai loro stiletti boccali. Tale saliva è ricca di enzimi che facilitano la predigestione dei tessuti vegetali e sono proprio questi enzimi che gradualmente contribuiscono alla deformazione, disfacimento ed imbrunimento della polpa dei frutti riducendone il valore commerciale. La cimice asiatica è estremamente polifaga, caratteristica questa che ne rende particolarmente complicato il monitoraggio e controllo. Sono conosciute finora oltre 300 piante ospiti, sia di interesse agrario che selvatiche ed ornamentali, sulle quali la specie si sposta per nutrirsi e riprodursi a seconda delle caratteristiche degli ecosistemi e delle epoche di disponibilità di frutti e semi.

Piante ospiti

La gestione della cimice asiatica necessita di conoscenze ed informazioni specifiche e puntuali da parte di tutti i soggetti che operano in campagna per poter ottimizzare l'applicazione delle tecniche di contenimento attualmente disponibili, massimizzandone l'efficacia. A tale scopo è importante che ricercatori, sperimentatori, consulenti e agricoltori che operano in un territorio instaurino un continuo scambio di informazioni utili a capire e prevedere il comportamento della cimice per attuare la migliore strategia di contenimento possibile. Come riportato precedentemente, la cimice asiatica vive e si alimenta su moltissime specie erbacee ed arboree sia coltivate che spontanee e quindi l'attività di monitoraggio richiede maggiore impegno ed una maggiore conoscenza dell'area di produzione rispetto a quanto richiesto per insetti che interessano solo una singola coltura.

Piante ospiti spontanee

Tra le piante arboree spontanee su cui la cimice asiatica è in grado di alimentarsi si annoverano sambuco, rosa canina, corniolo, luppolo, acero, acacia, ailanto, nocciolo, frassino, bagolaro, gelso, viburno, biancospino (foto 2). Vanno poi aggiunte altre piante ornamentali presenti in ambienti urbani su cui la cimice è presente soprattutto in primavera nelle prime fasi di sviluppo della nuova generazione e in autunno prima di migrare e rifugiarsi nei siti di svernamento al riparo dalle temperature invernali più rigide.

Queste specie costituiscono siepi o boschi limotrofi ai frutteti, fungendo da punti di sviluppo della popolazione e zone di ingresso nel frutteto in estate. Vi sono anche piante erbacee ospiti di cimice asiatica. Tra queste è frequente trovarla su giavone, amaranto, chenopodio, erba morella e topinambur.

Danni alle colture di interesse agrario

I sintomi dei danni a carico dei frutti in seguito alle punture di suzione di adulti, neanidi e ninfe sono dovuti al mancato sviluppo (che causa deformazione dei tessuti) o necrosi delle cellule



Foto 2

Neanidi di cimici asiatiche su infiorescenze di luppolo

danneggiate dallo stiletto e raggiunte dagli enzimi salivari (foto 3 e 4).

Le modificazioni morfologiche dei frutti sono diverse anche nella velocità con cui si manifestano in funzione della specie, della varietà e del momento in cui il frutto è danneggiato. Indicativamente, il sintomo si manifesta sulla mela dopo 15-20 giorni, sulla ciliegia dopo 2-3 giorni, mentre su kiwi è visibile solo in prossimità della raccolta. La difficoltà di rilevare la presenza dell'insetto sulla coltura e la manifestazione dei sintomi sui frutti in tempi differiti sono fattori che rendono più difficile l'attuazione puntuale e tempestiva delle pratiche di difesa da questo fitomizo.

Le principali colture interessate dal problema della cimice asiatica sono:

- frutticole: melo, pero, ciliegio, pesco, susino, actinidia, olivo;
- vite;
- piccoli frutti: lampone, mora, fragola, mirtillo;
- erbacee: mais, soia, girasole;
- orticole: asparago, pomodoro, peperone, melanzana, fagiolo, pisello.

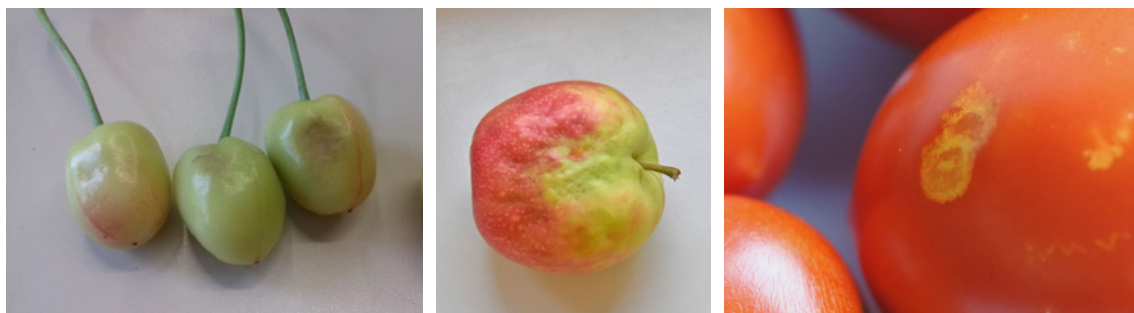


Foto 3

Danni provocati dall'attività trofica di cimice asiatica sulla superficie esterna di frutti di ciliegio, melo e pomodoro

.....



Foto 4

Danni provocati dall'attività trofica di cimice asiatica sulla parte interna della mela

.....

Tecniche di contenimento

Le principali tecniche di contenimento della cimice attualmente utilizzate sono le barriere fisiche (che cercano di impedire all'insetto di entrare nel frutteto) e i mezzi chimici. Come confermato dalle esperienze di gestione adottate da aziende agricole di altre aree frutticole interessate al problema della cimice asiatica da diversi anni, il risultato migliore si ottiene dall'impiego combinato di entrambe le tecniche.

Reti antigrandine/antinetto

Le reti antigrandine creano un primo "livello" di barriera. La maglia antigrandine (solitamente 4x7 mm) è sufficiente ad impedire un'entrata diretta degli adulti. La rete dev'essere il più possibile integra e l'intero impianto deve essere dotato di accorgimenti che limitino il più possibile le aperture (es. gonnelline al di sotto delle placchette, chiu-

sure frontali). Le reti antinetto possono essere collocate sulla singola fila (impianto monofila) o a completamento delle reti antigrandine lungo le file di bordo e frontalmente alle file (monoblocco). La maglia più ridotta (è sufficiente 4x4mm) impedisce l'ingresso degli stadi giovanili, già a partire dalla seconda età (primo stadio "effettivamente mobile"). È importante che le reti siano distese prima che l'insetto inizi a migrare dai siti di svernamento verso il frutteto e, appena terminata questa operazione è consigliabile utilizzare un insetticida attivo anche nei confronti della cimice. È fondamentale altresì verificare che alcuni individui non abbiano svernato all'interno del frutteto in luoghi riparati dal freddo invernale come le fessure dei cappucci copri-palo, le stesse reti arrotolate, piccoli manufatti, ecc. da cui sono in grado di fuoriuscire, riprodursi e creare danno.



Foto 5
Nuovi prototipi di trappole che utilizzano il feromone di aggregazione della cimice asiatica

Trattamenti con prodotti fitosanitari

La difesa basata esclusivamente sull'utilizzo di prodotti fitosanitari non è risolutiva né sufficientemente efficace, soprattutto con una elevata pressione della cimice asiatica. Le sostanze attive efficaci sono poche, la loro modalità di azione è solitamente per contatto diretto e la persistenza del loro effetto è limitata dalla possibile continua reinfestazione da parte di giovani e adulti. Il trattamento è pertanto tanto più efficace quanto più è eseguito in tempi brevi (1-2 giorni) e su larga scala (tutti i frutteti della zona interessata), in modo da massimizzare l'effetto abbattente sulla popolazione presente (strategia territoriale). I trattamenti localizzati sulle file di bordo oppure eseguiti a file alterne possono avere efficacia solo in situazioni o momenti particolari della stagione.

Gestione del cotico erboso e delle aree limitrofe ai frutteti

È necessario sfalciare periodicamente il cotico erboso prima della spigatura di graminacee quali il giavone o della fioritura di chenopodio, amaranto

o erba morella, le quali sono una fonte di rifugio e di alimentazione della cimice. È altresì importante curare lo sfalcio di aree limitrofe ai frutteti quali capezzagne, sponde delle scoline, bordi di strade, ferrovie siepi, altre colture di rilevante estensione come la vite.

Trappole di cattura massale

Non esistono ad oggi vere e proprie trappole per la cattura massale. Diverse esperienze sono in corso soprattutto per sviluppare il metodo di attrazione. I feromoni di aggregazione attualmente disponibili e impiegati nelle trappole finora sperimentate hanno un raggio di attività limitato a circa 10 metri. Sono in corso delle esperienze finalizzate allo sviluppo di strumenti da utilizzarsi in strategie di controllo di cattura massale (Suckling *et al.*, 2019) (foto 5) e attract-and-kill: queste ultime sono trappole che combinano l'attrattività del feromone e l'effetto letale di una rete insetticida che porta a morte le cimici che si posano su di essa.

Monitoraggio della cimice asiatica

Nei primi anni di insediamento, il monitoraggio, ossia la ricerca dei luoghi in cui è presente la cimice asiatica, è di importanza fondamentale per conoscere le aree di nuova colonizzazione, mentre negli anni successivi, la stessa operazione è indispensabile per valutare la dinamica di sviluppo della popolazione in funzione delle condizioni climatiche diverse di ogni annata.

Il monitoraggio può essere riferito a due ambiti:

1. monitoraggio "territoriale" in senso lato, con il quale ci si prefigge l'obiettivo di rilevare lo sviluppo della cimice asiatica fin dalla sua uscita dai siti di svernamento ed in particolare su quelle piante ospiti spontanee o siepi sulle quali sono presenti i frutti su cui inizia a nutrirsi.
2. monitoraggio di "campagna", che ha lo scopo di verificare il momento di entrata del fitofago nel frutteto, per impostare la difesa fitosanitaria.

Metodi di monitoraggio

Gli strumenti monitoraggio sono tre: trappole commerciali innescate con feromone di aggregazione, frappage e controlli visuali (foto 6). I primi due sono adatti alle aree esterne al frutteto e forniscono indicazioni sulla dinamica di popolazione nelle prime fasi di sviluppo (principalmente su siepi e piante di bordo). Nel frutteto, il controllo visuale è il metodo di monitoraggio più indicato ed è opportuno realizzarlo a partire dallo stadio di frutto noce. Con il frappage infatti molti frutti potrebbero cadere o essere danneggiati.

Normalmente i primi siti da monitorare a livello territoriale sono le aree di bordo delle superfici a frutteto, la vegetazione spontanea lungo i corsi d'acqua e le scoline, le siepi, le fasce boscate, ed altre eventuali colture ospiti come orticole e seminativi.



Foto 6

Attività di monitoraggio di cimici asiatiche tramite frappage nelle aree limitrofe ai frutteti di San Michele all'Adige

Bugmap

Coinvolgere i cittadini nel monitoraggio della cimice asiatica

La *citizen science* o “scienza dei cittadini” permette di creare progetti di scienza partecipativa, dove grazie all’ausilio di strumenti tecnologici, quali gli smartphone ed applicazioni appositamente sviluppate, cittadini e ricercatori possono lavorare insieme per il raggiungimento di uno scopo. Il supporto dei cittadini, istruiti e supportati dai ricercatori, permette di massimizzare la mole di dati raccolti e consente di monitorare estese aree geografiche in un breve lasso temporale.

BugMap è un’applicazione per smartphone sviluppata dai ricercatori della Fondazione Edmund Mach con l’obiettivo di monitorare la diffusione di specie aliene invasive attraverso la raccolta di segnalazioni da parte dei cittadini. BugMap è infatti un’iniziativa di *citizen science*, dove il lavoro scientifico viene svolto da cittadini volontari o non scienziati (Fig. 2). Iniziative di *citizen science* offrono l’opportunità di coinvolgere i cittadini e le comunità nella scienza non solo per aiutare i ricercatori a svolgere progetti altrimenti difficilmente realizzabili, ma anche minimizzare “il gap” fra la scienza e la società, aumentando l’interesse pubblico per la salvaguardia dell’ambiente locale. Le iniziative di citizen science esistono per costruire collaborazione, comunità e credibilità e richiedono dedizione, non solo dai non scienziati, ma anche da educatori, tecnici e ricercatori. Un’iniziativa può coinvolgere migliaia di persone che collaborano verso un obiettivo comune. Il coinvolgimento del pubblico può includere la raccolta di dati, la segnalazione della presenza di specie animali e vegetali oppure l’osservazione di fenomeni ambientali. I cittadini hanno anche la possibilità di condividere reciprocamente le loro scoperte e discutere i risultati su piattaforme digitali.

Nel mondo esistono numerosissimi progetti, come ad esempio *AneCDATA*, *Artportalen*, *CrowdWater* ed *iNaturalist* e anche se esiste una significativa eterogeneità tra i diversi progetti, essi sono in gran parte caratterizzati da due importanti caratteristiche: la partecipazione è libera e i risultati

intermedi vengono resi disponibili pubblicamente. Le opportunità di partecipare e diventare un “citizen scientist” sono illimitate. La partecipazione è semplice e richiede soltanto l’utilizzo di uno smartphone per raccogliere e inviare osservazioni. Inoltre, la quantità di dati che si può ottenere con la partecipazione pubblica supera la capacità di lavoro dei singoli ricercatori. L’esempio di BugMap dimostra l’efficacia della citizen science per poter effettuare un monitoraggio su ampia scala spaziale.

Come usare BugMap?

L’applicazione *BugMap* consente alla comunità di segnalare la presenza della cimice asiatica e della zanzara tigre e di visualizzare gli avvistamenti di tutti gli utenti. Accedendo a BugMap è possibile fornire preziose informazioni agli addetti ai lavo-

Figura 2

Il volantino promozionale dell’applicazione BugMap

ri, in modo di realizzare mappe di diffusione, di rischio e modelli previsionali con cui supportare la gestione della cimice. BugMap fornisce una mappa di presenza aggiornata in tempo reale e un'identificazione immediata della cimice asiatica, permettendo la sua discriminazione da altre specie nostrane. La singola segnalazione avviene compilando ed inviando una serie di dati strutturati in un questionario guidato ed allegando una fotografia dell'insetto: ogni segnalazione viene inviata ad un sistema di memorizzazione dei dati. Successivamente, un gruppo di entomologi viene informato della presenza di nuove segnalazioni e viene avviata una procedura online di valutazione e di classificazione dei dati inviati dall'utente. Il ciclo informativo si conclude con l'invio del *parere esperto* all'utente segnalatore che lo visualizza nell'applicazione o lo legge tramite e-mail. L'applicazione è scaricabile sia da Google play (per versioni di *Android 4.4* o superiori) sia dall'*App Store* di *Apple* (per *iOS 10.0* o superiori). Per utilizzare l'applicazione è obbligatorio acconsentire alle

norme sulla privacy, alla condivisione dei dati e alle condizioni contrattuali ovvero che le segnalazioni possano essere condivise con gli entomologi e che possano essere elaborate e visualizzate dalla comunità. Inoltre, BugMap necessita che l'utente permetta all'applicazione di accedere alla rete internet, ai dati di localizzazione mediante GPS e all'accesso alle immagini scattate con la fotocamera. Per tale ragione, solamente al primo avvio, viene visualizzata una schermata con i link che riportano al dettaglio di ogni formalità legale (Fig. 3a).

Solamente dopo aver spuntando i due box presenti in questa schermata, ovvero accettando tutte le condizioni contrattuali, si accede all'applicazione e si può iniziare a consultare le varie sezioni (Fig. 3c):

- *Mappa segnalazioni*: mostra la mappa delle segnalazioni di cimice asiatica e di zanzara tigre validate dal gruppo di entomologi esperti. È possibile visualizzare solamente le segnalazioni di uno dei due insetti e, utilizzando il selettore

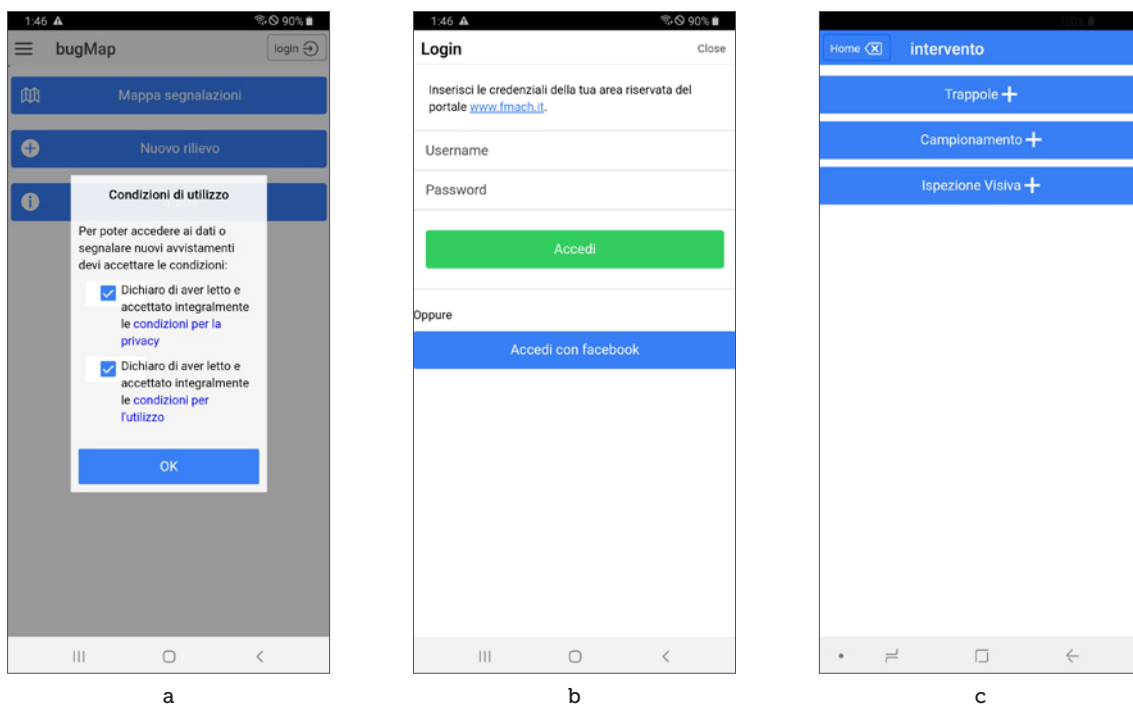


Figura 3

Come usare l'applicazione: (a) accettazione delle condizioni e norme privacy, (b) schermata di login, (c) pagina principale

“mie segnalazioni” si può verificare lo stato dei dati inviati dall’utente che assume uno dei tre possibili valori: validato valido, non valido/incerto, in attesa di validazione;

- **Nuovo rilievo:** visualizza il questionario guidato che consente all’utente di inserire un nuovo avvistamento;
- **Guida:** contiene una descrizione dell’insetto. Il settore superiore distingue tra cimice asiatica e zanzara tigre rendendo più facile l’apprendimento delle caratteristiche dei due insetti da parte dell’utente.

Sempre nella pagina principale dell’applicazione, in alto a destra, si può procedere con l’autenticazione se si è in possesso delle credenziali dell’area riservata Fmach (www.fmach.it) o mediante il collegamento alle credenziali di accesso al social network Facebook (Fig. 3b). Gli utenti registrati vengono aggiornati via e-mail ed in tempo reale riguardo allo stato delle loro segnalazioni. Il questionario guidato per effettuare una nuova segnalazione si trova scegliendo la sezione **Nuovo**

rilievo: viene proposta la scelta tra i due insetti ed a seconda del tipo di segnalazione viene avviata la procedura per inserimento sequenziale e controllato di tutti i dati di interesse. In alto si trovano i pulsanti che indicano le varie fasi da portare a termine; una volta completata una fase si può passare alla successiva cliccando sul corrispondente pulsante.

La successione di inserimento è:

- **Posizione,** se il telefono è in grado di rilevare la posizione GPS, apparirà automaticamente sulla mappa la posizione corrispondente al luogo nel quale si sta effettuando il rilievo. Poiché il punto rilevato dal dispositivo può essere impreciso, o la compilazione dei moduli avviene in tempi diversi dall’effettiva osservazione, è possibile impostare in maniera manuale la posizione navigando nella mappa e spostando il marker sulle coordinate precise del punto di avvistamento. Il pulsante “mirino”, in basso a destra, serve a posizionarsi nuovamente sul luogo dove ci si trova (Fig. 4a).

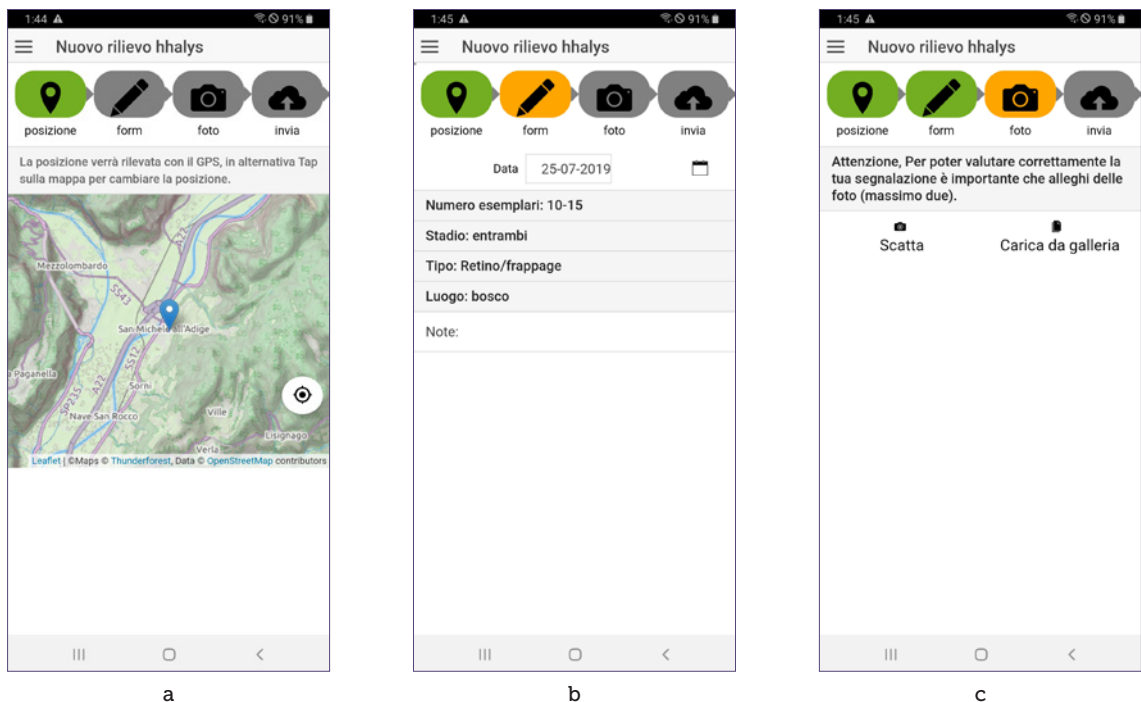


Figura 4

Le fasi della segnalazione: (a) il posizionamento, (b) la compilazione del questionario, (c) l’inserimento dell’immagine

- *Form*, contiene una serie di informazioni utili per la classificazione del dato e non è obbligatorio compilare tutti i campi. Quelli obbligatori sono il campo data e il numero di esemplari avvistati, mentre facoltativo è il campo che descrive il loro stadio di sviluppo. È possibile aggiungere delle osservazioni personali ritenute utili e che possono aiutare l'entomologo esperto a valutare la segnalazione (Fig. 4b).
- *Foto*, permette di selezionare una o più fotografie da allegare ed è una procedura obbligatoria poiché necessaria per permettere la validazione della segnalazione.
- *Invia*, manda la segnalazione al validatore. A questo punto l'utente attenderà il responso (Fig. 4c).

L'infrastruttura informatica è piuttosto articolata ed è composta da diversi componenti che interagiscono tra loro. Nello sviluppo di BugMap si sono utilizzate preferenzialmente software free e open source (FOSS).

I risultati di BugMap 2016-2019

Come accennato precedentemente, l'applicazione della *citizen science* al monitoraggio di specie aliene si sta dimostrando particolarmente efficace: i risultati prodotti con questo approccio contribuiscono a rafforzare le conoscenze scientifiche su tematiche di rilievo internazionale. Il Regolamento europeo sulle specie aliene EU 1143/2014 fa esplicito riferimento all'importanza del coinvolgimento dei cittadini, per aumentare la consapevolezza sui problemi legati alle introduzioni accidentali e di come tale coinvolgimento possa influenzare le politiche di gestione del territorio, contribuendo all'efficace gestione di queste specie.

Dal 2016 ad oggi BugMap ha permesso di raccogliere oltre 1.900 segnalazioni da cittadini e agricoltori, potenziando enormemente le azioni di monitoraggio e favorendo l'intervento tempestivo laddove si siano verificati episodi di danno

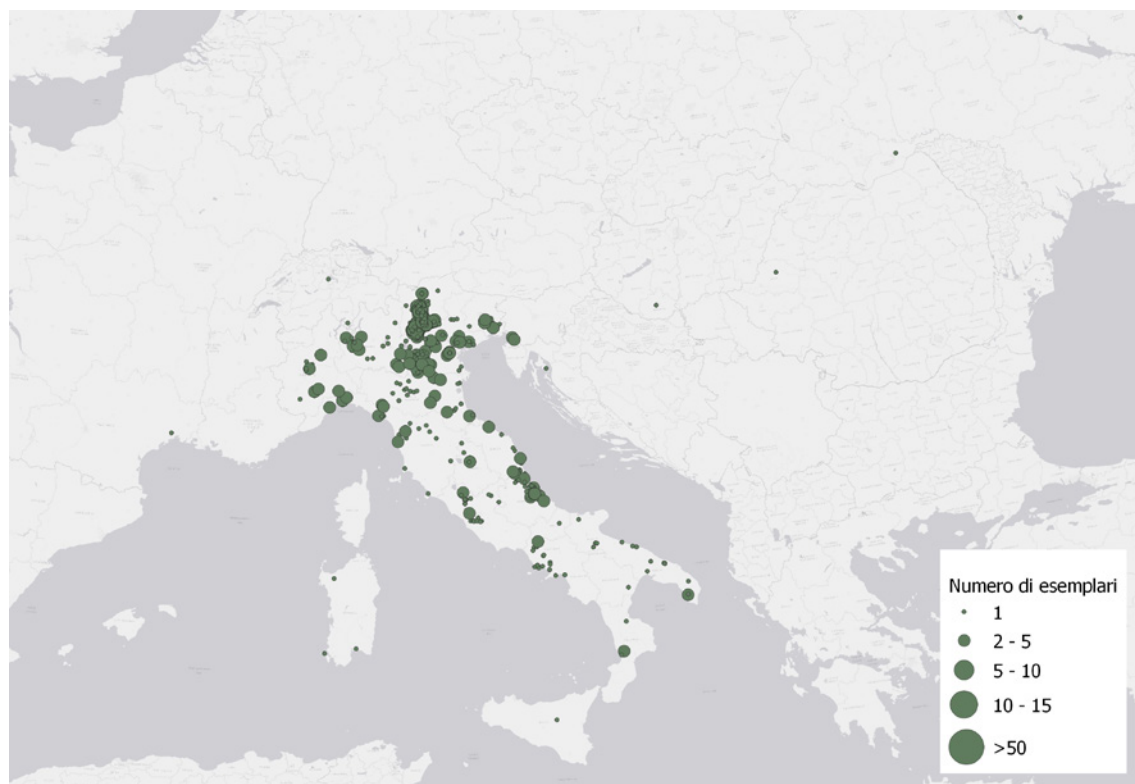


Figura 5

Localizzazione delle segnalazioni ricevute tramite BugMap con indicazione del numero di individui segnalati.

alle colture. In particolare, il contatto tra esperti e cittadini ha permesso in molti casi di evitare equivoci, quali lo scambio di identità con specie inoffensive e/o importanti per la biodiversità, e di contenere possibili allarmismi, evitando di prendere decisioni sbagliate, soprattutto in campo agrario ed in ambiente domestico. I dati raccolti con BugMap permettono di analizzare diversi fattori rilevanti per il controllo della cimice asiatica, descritti nei paragrafi successivi.

Utenti e segnalazioni

In dettaglio, dalla sua creazione ad ottobre 2019, sono state inviate tramite BugMap 1.947 segnalazioni. Le segnalazioni ricevute riguardano prevalentemente il territorio trentino (75%), con un costante contributo dal resto del paese (isole comprese) ed alcune segnalazioni dall'estero (Fig. 5). Il 69% delle segnalazioni è stata ricevuta da utenti che hanno effettuato la registrazione mentre il 31% in forma anonima. Fra gli utenti registrati, 36% appartengono al personale della Fondazione Mach. Il contributo di utenti non afferenti alla Fondazione è aumentato nel tempo, dal 30% nel 2017 al 53% nel 2019. La validazione tramite foto ha permesso di accertare che il 73% delle segnalazioni ricevute è risultata corretta: la

specie oggetto della segnalazione era effettivamente *Halyomorpha halys*. Tra le altre specie segnalate, la più comune è stata *Rhaphigaster nebulosa* (31%), seguita da *Nezara viridula* (18%) e da *Dolycoris baccarum* (10%)

Il numero di segnalazioni ricevute ogni anno ha mostrato inizialmente un progressivo aumento, con un'apparente inversione di tendenza nella seconda metà del 2019 (Fig. 6). Un'analisi più precisa dell'andamento sarà possibile solo a fine anno, una volta conclusa la fase di aggregazione e svernamento (che avviene in gran parte nei centri abitati), momento nel quale il numero di persone consapevoli della presenza della cimice diviene maggiore, e di conseguenza anche le segnalazioni ricevute.

Distribuzione

I dati raccolti nel triennio 2017-2019 hanno permesso di evidenziare una crescente espansione nella distribuzione della cimice asiatica nella Provincia di Trento. Le *heat maps* o mappe di calore di figura 7 permettono di individuare le aree con maggiore concentrazione di segnalazioni e visualizzare l'espansione in corso. Se inizialmente il maggior numero di segnalazioni si era concentrato nei comuni di Trento ed Aldeno, dal 2017 ad

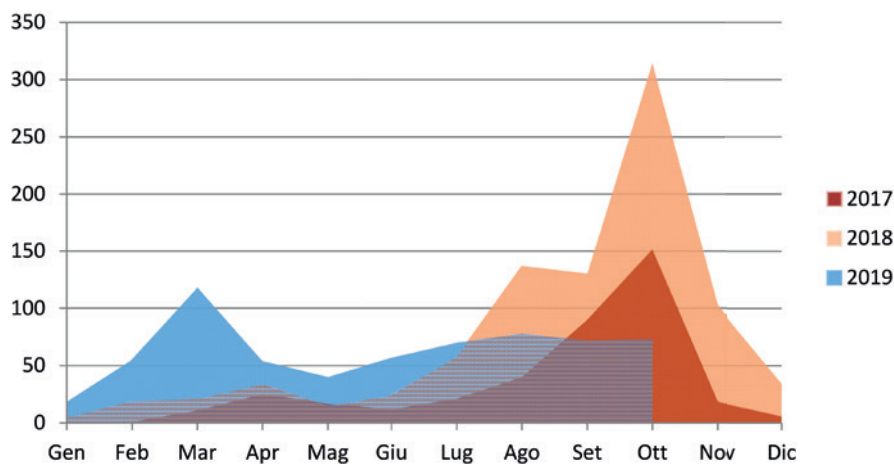


Figura 6

Numero di segnalazioni ricevute nei diversi anni (per il 2019 i dati analizzati arrivano fino al 17 ottobre)

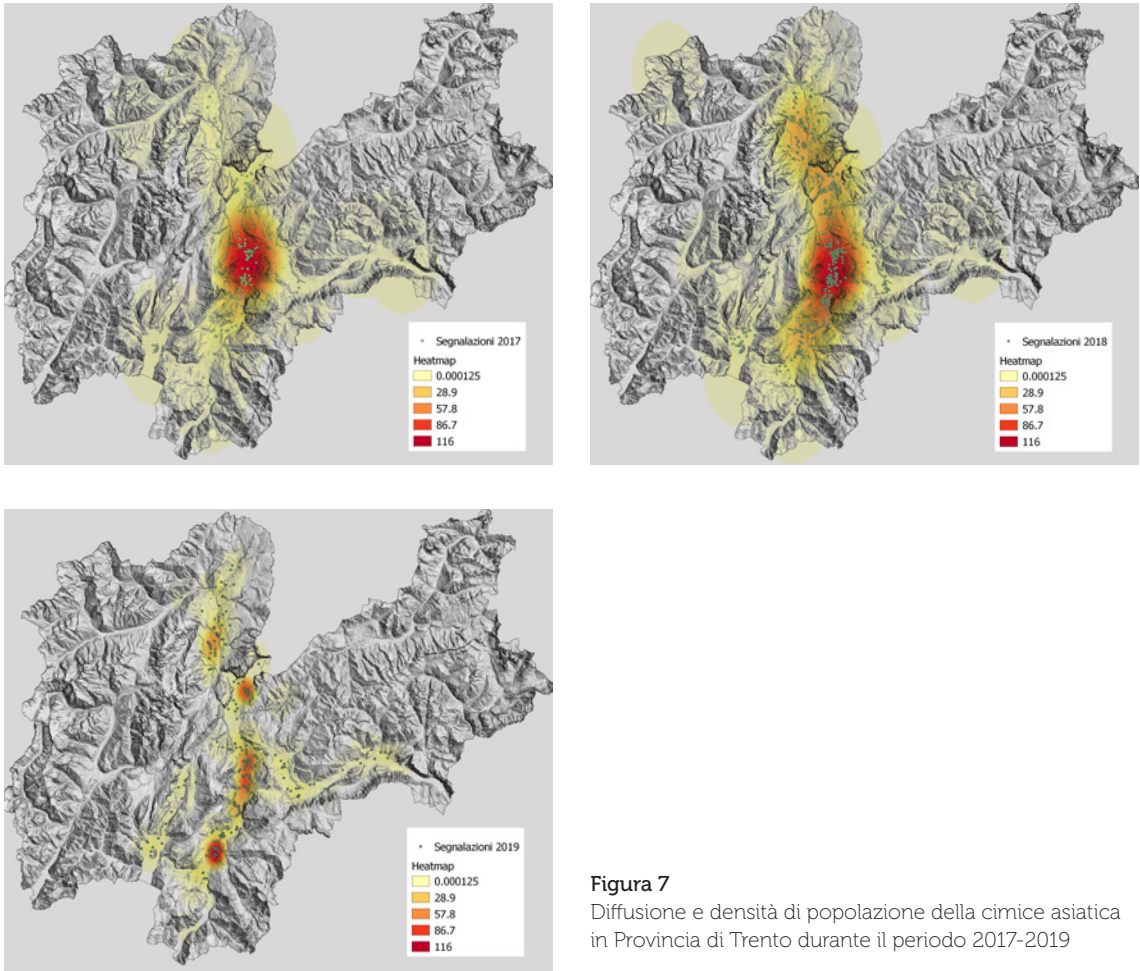


Figura 7
Diffusione e densità di popolazione della cimice asiatica in Provincia di Trento durante il periodo 2017-2019

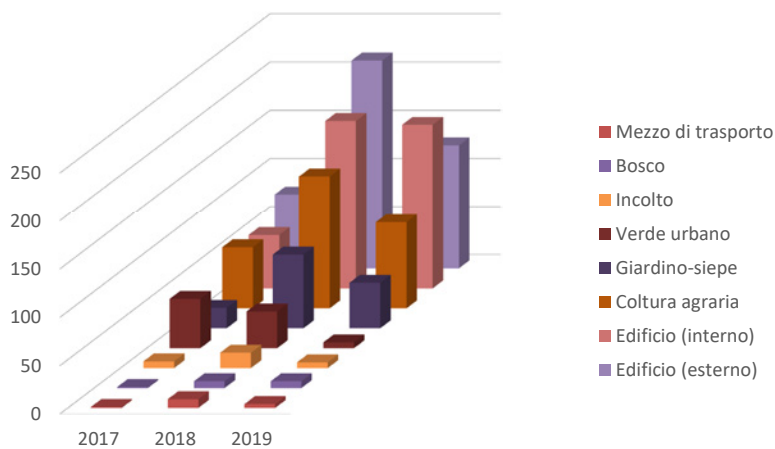


Figura 8
Segnalazioni della cimice asiatica nel triennio 2017-19: luoghi di ritrovamento

oggi i dati raccolti confermano quanto osservato anche nei monitoraggi tradizionali, ovvero il veloce aumento in diverse aree (bassa Val di Non, Piana Rotaliana e Vallagarina) ed una più lenta ma costante espansione in altre (Valsugana ed Alto Garda).

La maggior parte delle segnalazioni ricevute sono relative ad osservazioni effettuate all'esterno (30%) ed all'interno (28%) di edifici, evidenziando che al momento attuale l'utilizzo prevalente di BugMap è associato alle abitazioni, dove appunto le cimici si radunano nel periodo di svernamento (Fig. 8). Il 20% delle segnalazioni è relativo alle colture agrarie, prevalentemente meleti (63%), seguiti da altri frutteti (13%) e vigneti (10%).

Fenologia

Un dato estremamente utile che può essere ricavato dalle segnalazioni è quello relativo ai periodi di attività ed alle fasi di sviluppo. Dai dati ottenuti si può osservare il diverso andamento degli individui

adulti, che diventano preponderanti nelle segnalazioni durante la fase di svernamento, e dei giovani, osservati durante i mesi estivi. I dati ottenuti con BugMap sono stati inoltre spazializzati e correlati con variabili ambientali e ciò sta permettendo con sempre maggior precisione di modellizzare la potenziale diffusione nei nostri territori fino alle aree montane ed individuare le aree ed i fattori di rischio rispetto alle pratiche agricole. Futuri utilizzi di BugMap potranno prevedere il coinvolgimento mirato di operatori agricoli appositamente formati che aiutino i tecnici FEM a monitorare in tempo reale l'ingresso della cimice nei frutteti e quindi ottimizzare tempi e le aree in cui è necessario applicare i metodi di controllo.

Trappole multistimolo: il binomio feromoni e vibrazioni

Il monitoraggio di un insetto dannoso è un elemento chiave nella gestione integrata di una coltura nei confronti di ogni avversità. Avere un'idea chiara e in tempo reale della fenologia e della distribuzione spaziale di una specie è cosa da cui non si può prescindere se si vuole adottare una strategia efficace. Le domande basilari a cui un agricoltore deve rispondere sono: se, quando e come trattare. Nel caso della cimice asiatica queste informazioni sono particolarmente importanti a causa del complesso ciclo biologico e della peculiare ecologia che abbiamo visto nelle precedenti sezioni.

Come già discusso, esistono diverse tecniche di monitoraggio della cimice asiatica, ma senz'altro l'uso di trappole è quella più diffusa, più semplice da attuare e che richiede meno tempo rispetto ai metodi di raccolta diretta come ad esempio la battitura o "frappage".

Una trappola per funzionare necessita di un attrattivo. Deve catturare e, meglio ancora, deve poterlo fare a basse densità di popolazione e durante tutta la fase attiva del ciclo della specie bersaglio. Una trappola che cattura con grande efficacia è una trappola che fornisce informazioni di tipo "early warning", cioè di allerta precoce, che scova l'insetto non appena in circolazione. Ciò implica, però, l'uso di attrattivi potenti, cui le cimici faticano a resistere, ma anche di trappole disegnate nel modo giusto, in grado di invitare, nel senso letterale del termine, l'individuo ad entrare senza avere poi la possibilità di uscirne. Lo stimolo universalmente usato per la cattura della cimice asiatica è una miscela di due sostanze: l'epoxy-bisabolene-olo, feromone di aggregazione prodotto dai maschi della cimice asiatica, ed il methyl-(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate (o MDT) che di fatto è il feromone di un'altra cimice, la *Plautia stali*. Questo blend ha una notevole capacità attrattiva nei confronti di tutti gli individui, maschi, femmine e giovani, i quali si affollano sulla vegetazione intorno alla trappola. Il problema è che il rapporto tra numero di esemplari attirati e catturati è molto

basso, stimato tra il 5-10%. Insomma, le trappole attirano molto, ma non catturano adeguatamente. Perché? La ragione principale per cui le cimici non entrano nelle trappole in gran numero è la natura stessa del feromone. Il feromone come sappiamo ha una funzione di aggregazione, cioè porta gli esemplari in un'area vicina alla fonte di emissione, il dispenser, ma non li indirizza sullo stesso. Viceversa, un feromone sessuale ha una funzione direzionale esplicita, che accompagnata ad una spinta motivazionale scatenata dalla percezione della presenza di un potenziale partner nelle vicinanze, riescono ad indirizzare gli esemplari sul punto esatto di emissione dello stimolo. Il problema, accennato nella sezione dedicata alla biologia dell'insetto, è che nelle cimici la comunicazione sessuale non è mediata da feromoni bensì da vibrazioni. Maschi e femmine si parlano attraverso segnali vibrazionali a bassa frequenza e nella fattispecie il segnale del maschio della cimice asiatica con i suoi 40 Hz è il segnale a più bassa frequenza tra quelli noti nei pentatomidi. La sequenza di accoppiamento è presto detta: la femmina chiama, il maschio risponde ed i due iniziano a duettare. Dopodiché, mentre la femmina continua a chiamare, il maschio si muove alla sua ricerca seguendone la traccia vibrazionale. Infine i due si accoppiano. In questo scenario il segnale femminile è un potente attrattivo verso i maschi, non differente per ruolo e potenza dai feromoni sessuali dei Lepidotteri.

La sfida è stata, quindi, immaginare una sinergia bi-stimolo: odori e vibrazioni, chimica e fisica. Una trappola migliorativa rispetto a quelle in commercio, capace di convogliare un maggior numero di maschi e quindi di incrementare significativamente il tasso di catture. Grazie ad un lavoro di squadra del tutto innovativo e multidisciplinare, in cui ingegneri, elettronici ed entomologi hanno dato il meglio di sé si è arrivati alla realizzazione di vari prototipi di trappole (foto 7). Un impegno che sta dando i primi frutti, come testimoniato dai primi test di campo sin qui svolti, in Trentino

e in Emilia, che hanno evidenziato un aumento di catture (dei maschi) nell'ordine di 2-5 volte rispetto alle trappole commerciali di confronto. Un inizio promettente, ma non ancora sufficiente per proporre un prodotto commerciale. Il 2020 sarà l'hanno decisivo per capire a pieno il potenziale delle nuove trappole che al momento hanno il nome di Vibrotraps o Pentatraps. Il nome è ancora da decidere, ma sono ben altre le domande che ci poniamo e queste riguardano principalmente l'efficacia temporale, il design strutturale e l'approvvigionamento energetico.

Prima di tutto dobbiamo capire come varia l'efficienza del sistema nel corso dell'anno, vale a dire capire in quali periodi queste trappole esprimano la massima efficacia, specialmente se consideriamo le differenze tra feromone e vibrazione: il feromone sembra funzionare al meglio nella seconda parte della stagione, mentre le vibrazioni

nella prima. Vedremo, dunque, se i due stimoli formeranno una sinergia, l'uno compensando i punti deboli dell'altro, oppure se, in qualche modo, si ostacoleranno a vicenda. Il disegno e la forma sono parimenti importanti. È importante soprattutto trasmettere un segnale che conservi i tratti distintivi della specie e che copra uno spazio attivo il più ampio possibile. Il design, i materiali, le forme e le caratteristiche strutturali sono di fondamentale importanza per uno strumento che ha l'ambizione di avvalersi al contempo di stimoli chimici e fisici.

L'altro punto importante è la disponibilità di una sorgente elettrica. Le trappole finora realizzate per poter produrre le vibrazioni sono alimentate a energia solare. Il pannello solare però è pesante e ingombrante e pertanto bisognerà trovare delle soluzioni diverse, magari attraverso l'uso di mini-pannelli direttamente posizionati sulla trappola. Il modello che per il momento sembra dare maggiori risultati è una vibrotrap di grandi dimensioni, montata su piramide, alta circa 1,5 m e con una capacità di due litri (foto 7b). Sono trappole impegnative, ma che dovrebbero garantire una ben maggiore efficacia, su cui bisogna lavorare. Altri modelli sono allo studio per valorizzare il flusso di feromone, per migliorare il sistema di cattura in vista di strategie di cattura massale, per facilitare la manualità delle operazioni di scarico degli insetti catturati considerando anche la fase di aggregazione che precede la diapausa invernale (Suckling *et al.*, 2019).

La previsione è quella di avere un prodotto pronto per la commercializzazione nel 2021 dando così al Trentino e alla Fondazione Mach un primato nella realizzazione del primo prodotto multistimolo sul mercato per la difesa da insetti dannosi basato sul binomio vibrazioni e feromoni. Un prodotto che potrà essere di grande utilità nell'ambito delle strategie IPM per il controllo della cimice asiatica e che in seguito potrebbe essere allargato ad altre specie di interesse agrario.



Foto 7

Prototipi di trappole multistimolo: (a) trappola a piramide con sistema di uccisione elettrico, (b) trappola a piramide con sistema di cattura a imbuto, (c) trappola a caduta, (d) trappola da appendere con sistema di cattura a imbuto

Il controllo della cimice asiatica con la tecnica dell'insetto sterile (SIT)

All'interno di una strategia di controllo integrato per la cimice asiatica, si sta valutando anche la possibilità di utilizzare la tecnica dell'insetto sterile (*Sterile Insect technique* - SIT), come ulteriore strumento da affiancare alle diverse pratiche di controllo. Tale tecnica, già utilizzata con successo per il controllo di altri insetti parassiti di interesse agrario come *Cydia pomonella* e *Ceratitis capitata* (quest'ultima anche in Provincia di Trento), potrebbe - a seguito di opportune valutazioni - fornire il suo contributo nel biocontrollo di questa specie invasiva.

La tecnica dell'insetto sterile è un metodo di controllo delle nascite degli insetti che prevede il rilascio nell'ambiente di adulti sterilizzati, generalmente maschi, con lo scopo di ridurre la fertilità della popolazione della stessa specie. La sterilità dei maschi può essere ottenuta tramite diverse tecniche: la più comune è forse quella di sottoporre gli individui a delle radiazioni γ (gamma). Tali radiazioni andando a colpire i cromosomi (dunque il DNA) all'interno delle cellule, sono in grado di indurre in essi delle mutazioni letali dominanti. Essendo le cellule in riproduzione (come quelle che daranno vita agli spermatozoi) quelle più sensibili alle radiazioni, il primo effetto dell'irraggiamento sarà quello di indurre la sterilità

in tali individui. Il grado di sterilità, come si può immaginare, è proporzionale alla dose di irraggiamento assorbita (espressa in gray - Gy); dosi elevate possono però compromettere (a seconda della specie) la fitness e la longevità degli individui. Alla luce di quanto detto, gli eventuali maschi sterili che verranno rilasciati, dovranno essere in grado di competere con la popolazione presente nell'ambiente in modo da garantire il successo di un programma di controllo. Per ottenere questi risultati è dunque necessario effettuare diversi studi fisiologici, ecologici e di irradiazione.

Fino ad ora il lavoro svolto sulla biologia dell'irradiazione di questa specie rimane piuttosto limitato: vi è un'unica pubblicazione ad opera di un team neozelandese-americano (Welsh *et al.*, 2017). Uno dei leader del team, il neozelandese Prof. D.M. Suckling, crede fermamente nella possibilità dell'utilizzo di tale tecnica per il controllo della cimice asiatica, pensando addirittura all'eradicazione nelle aree di recente colonizzazione (o nelle aree a rischio), e alla possibilità di affiancare tale tecnica alle altre pratiche di controllo biologico sul nostro territorio, mirando alla soppressione della popolazione di questo insetto. Su questi presupposti è nata nel 2018 una collaborazione coordinata da FEM, e che coinvolge oltre alla *New Zealand Institute for Plant and Food Research*, altri centri di ricerca come l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile (ENEA Casaccia) di Roma che ha messo a disposizione l'impianto di irraggiamento "Calliope" che utilizza cobalto radioattivo (Co60), per consentirci di irraggiare gli insetti (foto 8). Come per qualsiasi programma che preveda l'utilizzo di questa tecnica, sono necessarie diverse prove al fine di valutare, uno dopo l'altro, vari aspetti fondamentali, a partire dalla valutazione degli effetti dell'irraggiamento. Si sta cercando dunque di valutare quale possa essere la dose di irraggiamento ottimale tale da indurre sterilità senza alterare eccessivamente la fitness

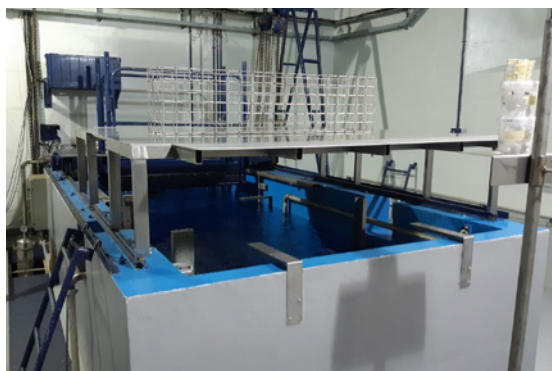


Foto 8
Impianto di irraggiamento "Calliope"

dell'insetto. Per poter effettuare queste prove, è necessario un gran numero di individui, che ci viene fornito con una certa facilità dall'utilizzo delle trappole, sia quelle commerciali sia quelle multistimolo che, come abbiamo visto, sono in fase di sviluppo in FEM. L'idea di base, è quella di utilizzare insetti adulti "svernanti", traendo vantaggio dal loro naturale fenomeno di aggregazione durante l'autunno così da ottenere catture in grandi numeri. Gli insetti così catturati, vengono conservati e messi in allevamento presso le strutture FEM (in condizioni controllate) fino a quando non devono essere irraggiati. Gli insetti (in questo caso maschi) vengono poi trasportati in appositi contenitori, e sfruttando il trasporto ferroviario ad alta velocità vengono portati a Roma presso l'ENEA dove vengono irraggiati e immediata-

mente riportati indietro. Gli individui irraggiati a questo punto sono sottoposti a vari studi per la valutazione degli effetti dell'irraggiamento come sterilità, mortalità, ma anche studi di competizione sessuale con maschi fertili al fine di valutarne l'efficienza per questo tipo di programma. In un'ottica di controllo integrato questa tecnica, in associazione ad altre potrebbe dare il suo contributo nella lotta alla cimice asiatica. Fatte tutte le valutazioni, per poter portare avanti un programma di questo tipo risulterà fondamentale più che mai un monitoraggio sul territorio come quello che stanno già portando avanti i tecnici FEM, al fine di poter valutare i reali effetti della tecnica e comprendere a pieno le dinamiche nel territorio di questa specie invasiva in relazione anche agli interventi effettuati.

I parassitoidi della cimice asiatica

L'introduzione di organismi alieni potenzialmente nocivi per l'agricoltura, può causare ingenti danni a colture vegetali e piante da frutto, in particolare quando questi alieni riescono ad adattarsi alle condizioni climatiche ed ambientali delle aree invase, come è il caso della cimice asiatica. Questo accade perché nelle aree di nuova introduzione la mancanza di antagonisti naturali, capaci di contenere le popolazioni infestanti, comporta il verificarsi di esplosioni demografiche. Spesso le popolazioni di predatori e parassitoidi autoctoni hanno bisogno di tempi più lunghi di adattamento alla nuova preda/ospite, prima di riuscire ad abbatterne le popolazioni in maniera significativa. Nel caso delle cimici (Hemiptera: Pentatomidae), gli antagonisti più efficaci nel contenere le popolazioni sono parassitoidi oofagi, capaci di riprodursi a spese delle uova dei loro ospiti. Questi appartengono prevalentemente a tre famiglie di Imenotteri: Scelionidae, Eupelmidae ed Encyrtidae. Al primo gruppo appartengono le specie del genere *Trissolcus* (come ad esempio le cosiddette "vespe samurai") e del genere *Telenomus* (che comprende diverse specie di parassitoidi autoctoni). Gli scelionidi sono parassitoidi specialisti, in quanto i loro ospiti sono tutti pentatomidi. Le specie incluse in questa famiglia tendono ad utilizzare una strategia simile, che prevede di ovideporre in tutte le uova dell'ovatura dell'ospite, e di

restare a poi a difesa della stessa, per evitare la competizione intra- ed interspecifica. Al genere *Trissolcus* appartengono sia specie autoctone (*T. cultratus*), poco efficaci nel controllo della cimice asiatica, sia specie alloctone (*T. japonicus* e *T. mitsukurii*) che potrebbero in un futuro avere invece un ruolo fondamentale nella lotta biologica ad *H. halys*. *Trissolcus japonicus* (foto 9 a-b), nonostante le ridotte dimensioni (1,2-1,4 mm), rappresenta il principale agente di controllo della cimice asiatica in Cina. È una specie che presenta uno sviluppo veloce (circa dieci giorni), con molteplici generazioni presenti nell'arco di una stagione. La sua presenza in Europa è stata inizialmente segnalata in Canton Ticino nel 2017 (Stahl *et al.*, 2019) e successivamente in Piemonte e Lombardia (Sabbatini Peverieri *et al.*, 2018).

Trissolcus mitsukurii (foto 10 a-b), anche questo di dimensioni ridotte (1,0-1,7 mm), è uno dei principali parassitoidi della cimice asiatica e della cimice verde (*Nezara viridula*) in Giappone (Arakawa *et al.*, 2004). La sua biologia è meno nota di quella di *T. japonicus*, ma sembra in compenso mostrare una distribuzione relativamente estesa sul territorio italiano.

Gli Eupelmidae, a cui appartiene *Anastatus bifasciatus* (foto 11 a-b) e gli Encyrtidae, a cui appartiene *Ooencyrtus telenomicida*, sono considerati parassitoidi generalisti, in quanto i loro ospiti in-



Foto 9 a
Trissolcus japonicus femmina

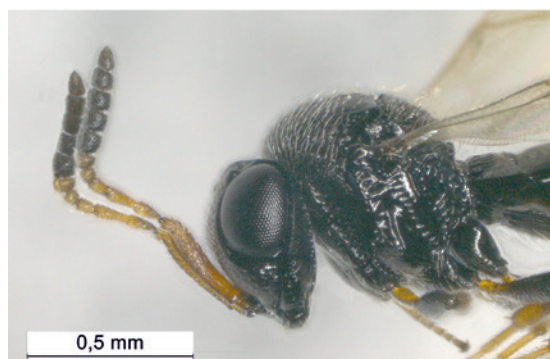


Foto 9 b
Dettaglio del capo e conformazione dell'antenna di
Trissolcus japonicus



Foto 10 a
Trissolcus mitsukurii: femmina



Foto 10 b
Trissolcus mitsukurii: dettaglio del capo e conformazione dell'antenna

cludono diverse famiglie di insetti. Recenti studi su queste due specie di generalisti indigeni, presenti anche in Trentino-Alto Adige, hanno evidenziato la loro capacità di svilupparsi sulle uova di *H. halys* (Haye *et al.*, 2015; Roversi *et al.*, 2016). Entrambi questi parassitoidi autoctoni hanno mostrato inoltre la capacità di individuare anche in pieno campo le uova del nuovo ospite, ottenendo nuovi individui sia da ovature naturalmente deposte in campo, sia da ovature "sentinella" (si veda definizione più avanti) appositamente collocate. *Anastatus bifasciatus*, in maniera particolare, sembra possa essere un valido agente di controllo biologico da usarsi in programmi di lotta inondativi/aumentativi, tuttora in fase di valutazione (Rondoni *et al.*, 2017).

Considerata l'importanza dei parassitoidi per il

contenimento della cimice asiatica, i tecnici della FEM hanno svolto quest'anno diverse attività di monitoraggio, per determinare quali specie siano presenti in Trentino e raccogliere dati utili a valutarne l'efficacia. Nei luoghi dove è stato svolto il monitoraggio della cimice asiatica e durante i monitoraggi effettuati anche per altre specie, è stata posta particolare attenzione nella ricerca di ovature naturalmente deposte dalle cimici (foto 12). Le uova raccolte sono state conservate in condizioni controllate di temperatura e umidità per circa 1 mese, tempo necessario per l'emersione dell'adulto della specie con lo sviluppo più lento. La raccolta delle ovature naturali ha permesso di evidenziare la presenza di diversi parassitoidi autoctoni (es. *A. bifasciatus*, *Telenomus spp.*, *T. cultratus*). In parallelo alla ricerca di ovature, per

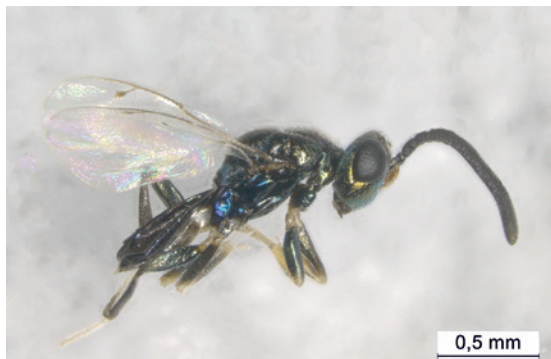


Foto 11 a
Individuo maschio di *Anastatus bifasciatus*



Foto 11 b
Individuo femmina di *Anastatus bifasciatus*

massimizzare la probabilità di ritrovamento di parassitoidi, sono state utilizzate delle ovature sentinella (uova deposte dalle cimici appositamente allevate), che sono state esposte per alcuni giorni in siti con elevata presenza di *H. halys*. Queste due attività hanno permesso di rilevare, per la prima volta nel territorio trentino, la presenza delle due specie esotiche *T. japonicus* e *T. mitsukurii*. A livello nazionale, tali attività sono state inserite nel monitoraggio delle due specie di *Trissolcus* esotici promosso dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), contribuendo così a fornire dati utili alla stesura di un report relativo alla valutazione dell'utilizzo di tali specie per il controllo biologico. A livello regionale i protocolli di monitoraggio sono stati discussi e condivisi con i colleghi del Centro di Sperimentazione Laimburg in Provincia di Bolzano.

I parassitoidi alloctoni di *H. halys*, *T. japonicus* e *T. mitsukurii*, più specifici e quindi più efficienti nella parassitizzazione di *H. halys*, sono al momento considerati insetti da quarantena, al pari di organismi dannosi. Un recente decreto (D.P.R. 5 luglio 2019 n. 102 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 05/09/19), del quale si attendono gli allegati tecnici, regola finalmente l'immissione sul territorio di specie e popolazioni non autoctone. Questo potrebbe, in un prossimo futuro, aprire la strada all'utilizzo dei parassitoidi esotici della cimice asiatica su vasta scala, attraverso programmi di lotta biologica classica, dopo verifica della loro

attività nei confronti delle popolazioni di pentatomidi locali. FEM ha un'ampia esperienza nel settore della lotta biologica (es. la lotta al cinipide del castagno) e si sta preparando con investimenti in professionalità e strutture nel migliore dei modi per mettere a punto ed applicare il biocontrollo della cimice asiatica. Recentemente è stata anche inaugurata una nostra apposita struttura per il contenimento di insetti da quarantena, unica in Italia insieme a quella del CREA, che ci pone all'avanguardia per gli studi attuali e quelli futuri su questo tema.

L'uso diffuso di insetticidi per il controllo delle specie nocive alle coltivazioni da frutto ed il contemporaneo tentativo di intraprendere percorsi di un controllo ecosostenibile, ha posto la problematica della compatibilità tra i prodotti utilizzati e la possibilità di sopravvivenza degli insetti utili. Studi recenti in FEM si sono quindi anche occupati di individuare, tra i prodotti fitosanitari utilizzati nei programmi di difesa integrata, quelli che garantiscono un sufficiente grado di sopravvivenza (grado di selettività e persistenza) dei parassitoidi in previsione di un loro utilizzo in progetti di lotta biologica inondativa/inoculativa, ma anche per preservare le popolazioni di organismi utili autoctoni (Lowenstein *et al.*, 2019). Tali studi potranno servire per la difesa chimica nei confronti della cimice al fine di preservare nei limiti del possibile le popolazioni dei suoi antagonisti anche all'interno dei frutteti.



Foto 12

Anastatus bifasciatus sulle ovature della cimice asiatica

Conclusioni

L'intensificazione della mobilità delle persone e delle merci su scala planetaria, unitamente ai cambiamenti climatici in atto, sono ritenute essere le principali cause dell'introduzione di specie di insetti aliene in nuovi areali. Il tema delle specie aliene è infatti da alcuni anni di grande attualità, così come lo sono gli impatti che queste specie hanno causato e continuano a causare a ecosistemi, attività agricole e salute.

L'agricoltura trentina non è rimasta immune da questo fenomeno e la cimice asiatica non è che l'ultima nella lunga lista di specie aliene che hanno messo a repentaglio la redditività delle nostre colture.

Se da una parte il fenomeno non può essere evitato, dall'altra è altrettanto vero che è possibile ridurre l'impatto negativo qualora ci si prepari tempestivamente e adeguatamente, evitando di trattare questo tema come una "emergenza fitosanitaria".

Ciò implica, che sulla base delle proprie condizioni climatiche e colturali, ci si informi per tempo circa le potenziali specie invasive accedendo alle informazioni prodotte dagli organismi internazionali che studiano questi fenomeni, si acquisiscano informazioni dirette dalle aree che per prime si trovano ad affrontare il problema e si verifichino quali potrebbero essere le modalità che meglio si potrebbero prestare per il controllo della specie invasiva una volta introdotta. Nel caso del-

la cimice asiatica gran parte di queste azioni sono state messe in atto grazie alla presenza sul nostro territorio di una istituzione come la FEM che può vantare una rete di collaborazioni nazionali ed internazionali dalle quali attingere le informazioni necessarie e delle strutture di ricerca e sperimentazione che consentono di realizzare quegli studi necessari per contestualizzare la conoscenza.

I nostri tecnici, e tramite loro i nostri produttori, sono stati costantemente informati ed allertati sul potenziale rischio di invasione da parte della cimice, sulle modalità per riconoscere tempestivamente i danni sulla frutta e sulle tecniche di controllo disponibili se non a eliminare quanto meno a mitigarne l'impatto.

Inoltre FEM, consapevole che la gestione delle specie invasive è e sarà uno dei temi chiave per preservare la redditività delle nostre colture, si è attrezzata per farvi fronte con l'unica strategia veramente efficace e duratura: la lotta biologica classica. Ora che la normativa su questo tema è stata modificata, lo sviluppo di specifiche competenze nel controllo biologico e la disponibilità delle camere di quarantena ove sia possibile allevare e studiare il comportamento degli antagonisti esotici, sono il vero asso nella manica di cui può vantare la FEM, che le consentirà di farsi trovare pronta a sostenere ed implementare le prossime azioni previste dal piano di azione nazionale per il controllo della cimice.

Bibliografia

- Arakawa R., Miura M., Fujita M., 2004. Effects of host species on the body size, fecundity, and longevity of *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae), a solitary egg parasitoid of stink bugs. *Applied Entomology and Zoology* 39: 177-181.
- Arnone S., Tabilio M. R., Baldacchino F., Sacchetti P., Ioriatti C., Musmeci S., Sasso R., Cristofaro M., 2017. Contenere le specie fitofaghe con la tecnica dell'insetto sterile. *L'Informatore Agrario* 73: 48-52.
- Cini A., Anfora G., Escudero-Colomar L.A., Grassi A., Santosuosso U., Seljak G., Papini A., 2014. Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. *Journal of Pest Science* 87: 559-566.
- 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: 1059-1067.
- 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 Pest Science* 88, 693-705.
- Ibrahim A., Giovannini I., Anfora G., Rossi Stacconi M.V., Malek R., Maistrello L., Guidetti R., Romani R. 2019. A closer look at the antennae of the invasive *Halyomorpha halys*: fine structure of the sensilla. *Bulletin of Insectology* 72: 187-199
- Lowenstein D.M., Andrews H., Mugica A., Wiman G.N., 2019. Sensitivity of the Egg Parasitoid *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) to Field and Laboratory-Applied Insecticide Residue. *Journal of Economic Entomology* 112: 2077-2084
- Malek R., Tattoni C., Ciolli M., Corradini S., Andreis D., Ibrahim A., Mazzoni V., Eriksson A., Anfora G. 2018. Coupling traditional monitoring and citizen science to disentangle the invasion of *Halyomorpha halys*. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7: 171
- Mazzoni V., Polajnar J., Baldini M., Stacconi M.V.R., Anfora G., Guidetti R., Maistrello L., 2017. Use of substrate-borne vibrational signals to attract the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*, 90: 1219-1229.
- Polajnar J., Maistrello L., Bertarella A., Mazzoni V., 2016. Vibrational communication of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). *Physiological Entomology* 41: 249-259.
- Rondoni G., Bertoldi V., Malek R., Foti M. C., Peri E., Maistrello L., Haye T., Conti E., 2017. Native egg parasitoids recorded from the invasive *Halyomorpha halys* successfully exploit volatiles emitted by the plant-herbivore complex. *Journal of Pest Science* 90: 1087-1095.
- Roversi P.F., Binazzi F., Marianelli L., Costi E., Maistrello L., Sabbatini Peverieri G., 2016. Searching for native egg-parasitoids of the invasive alien species *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera, Pentatomidae) in southern Europe. *Redia* 49: 63-70.
- Roversi P. F., Maltese M., Simoni S., Cascone P., Binazzi F., Strangi A., Sabbatini Peverieri G., Guerrieri E., 2017. *Graphosoma lineatum* (Hemiptera: Pentatomidae): a suitable host for mass rearing *Ooencyrtus telenomicida* (Hymenoptera: Encyrtidae). *International Journal of Pest Management* 64: 294-302.
- Stahl J., Tortorici F., Pontini M., Bon M.C., Hoelmer K., Marazzi C., Tavella L., Haye T., 2019. First discovery of adventive populations of *Trissolcus japonicus* in Europe. *Journal of Pest Science* 92: 371-379.

- Sabbatini Peverieri G., Talamas E., Bon M. C., Marianelli L., Bernardinelli I., Malossini G., Benvenuto L., Roversi P. F., Hoelmer K., 2018. Two Asian egg parasitoids of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) and *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). *Journal of Hymenoptera Research* 67: 37-53.
- Suckling D.M., Levy M.C., Roselli G., Mazzoni V., Ioriatti C., Deromedi M., Cristofaro M., Anfora G., 2019. Live traps for adult brown marmorated stink bugs. *Insects* 10: 376
- Weber D.C., Leskey T.C., Walsh G.C., Khrimian A., 2014. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology* 107: 1061-1068.
- Welsh T. J., Stringer L. D., Caldwell R., Carpenter J.E., Suckling D.M., 2017. Irradiation biology of male brown marmorated stink bugs: is there scope for the sterile insect technique? *International Journal of Radiation Biology* 93: 1357-1363.

