

RILASCI INONDATIVI DEL PARASSITOIDE AUTOCTONO *ANASTATUS BIFASCIATUS* PER IL CONTROLLO DI *HALYOMORPHA HALYS* IN ITALIA

L. MAISTRELLO¹, E. COSTI¹, E. DI BELLA¹, G. VACCARI², S. CARUSO², L. CASOLI²,
M. PRETI³, M. LANDI³, E. BOMBARDINI³, C. MORETTI³, M.G. TOMMASINI⁴
M. BARISELLI⁵, A. BUTTURINI⁵, T. HAYE⁶

¹Dipartimento di Scienze della Vita, Centro Biogest-Siteia, Università di Modena e Reggio Emilia, Via G. Amendola 2, 42122 Reggio-Emilia

²Consorzio Fitosanitario Provinciale di Modena, Via Santi Venceslao 14, 41123 Modena

³Astra Innovazione e Sviluppo Centro di Saggio, Via Tebano 45, 48018 Faenza

⁴CRPV, Via dell'Arrigoni 120, 47522 Cesena

⁵Servizio Fitosanitario Regione Emilia-Romagna, via da Formigine 3, 40128 Bologna

⁶CABI, Rue des Grillons 1, Delémont 2800, Svizzera
lara.maistrello@unimore.it

RIASSUNTO

La cimice marmorata asiatica *Halyomorpha halys* è un insetto polifago invasivo di difficile gestione, assai dannoso soprattutto alle colture frutticole. Scopo del lavoro era la valutazione dell'efficacia di rilasci inondativi con il parassitoide autoctono *Anastatus bifasciatus* per il controllo biologico di *H. halys*. Tra giugno e luglio 2019 sono stati effettuati rilasci settimanali con densità di 1 femmina/m² in due aree (una presso Modena, l'altra presso Ravenna) a vegetazione arborea-arbustiva adiacenti a frutteti a gestione integrata. Si è valutata la parassitizzazione nell'area di rilascio e in aree di controllo esponendo ovature sentinella sia fresche che surgelate. La parassitizzazione media non superava il 9,4% nell'area di rilascio e non si sono riscontrate differenze significative con le aree di controllo. Tra le varie tipologie di ovature sentinella, la maggiore parassitizzazione era su quelle fresche naturalmente deposte. Sono emerse criticità nella verifica degli effetti del rilascio di parassitoidi generalisti.

Parole chiave: cimice asiatica, lotta biologica, parassitoidi generalisti, ovature sentinella

SUMMARY

INUNDATIVE RELEASES OF THE NATIVE PARASITOID *ANASTATUS BIFASCIATUS* FOR THE CONTROL OF *HALYOMORPHA HALYS* IN ITALY

The brown marmorated stinkbug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) is an invasive polyphagous insect that is difficult to manage, and very harmful especially to fruit crops. The aim of this work was to evaluate the effectiveness of inundative releases with the autochthonous parasitoid *Anastatus bifasciatus* for the biological control of *H. halys*. Between June and July 2019, weekly releases with density of 1 female/m² were carried out in two areas (one near Modena, the other near Ravenna) on the arboreal-shrub vegetation adjacent to integrated management orchards. Parasitization was assessed in the release and control areas by exposing both fresh and frozen sentinel egg masses. The average parasitization did not exceed 9.4% in the release area; no significant differences were detected with the control areas. Among the various types of sentinel egg masses, the parasitization was higher on fresh naturally laid ones. Critical issues arose in verifying the effects of the release of generalist parasitoids.

Keywords: brown marmorated stinkbug, biological control, generalist parasitoids, sentinel eggmasses

INTRODUZIONE

La cimice marmorata asiatica *Halyomorpha halys* Stål 1855 (Heteroptera: Pentatomidae), originaria del Sud Est asiatico ad oggi è diffusa nel continente americano e in numerosi stati Europei (Leskey e Nielsen, 2018). Si nutre su numerose specie vegetali ornamentali, spontanee e coltivate, provocando deformazioni, necrosi e suberificazioni alle parti vegetali colpite, soprattutto frutti. In Italia è diffusa in quasi tutte le regioni (Maistrello et al., 2018) e già a partire dal 2015 è considerata il fitofago chiave dei frutteti in nord Italia (Maistrello et al., 2017). Nel 2019 i danni da *H. halys* nel Nord Italia su pere, pesche e nettarine sono stati stimati a 356 milioni di Euro (CSO - Centro Servizi Ortofrutticoli, 2019), ma sono numerose le segnalazioni di danni ingenti anche su altre colture (melo, kiwi, soia e mais). Nelle aree fortemente colpite, è aumentato di conseguenza l'impiego di insetticidi ad ampio spettro con risultati in termini di riduzione del danno complessivamente non risolutivi. In alcuni contesti sono stati fortemente compromessi i programmi di gestione integrata della difesa con effetti negativi quali ad esempio il rischio di comparsa di fitofagi secondari.

Le difficoltà di gestione della difesa sono imputabili a diversi fattori tra cui l'elevata polifagia, la grande mobilità (Lee et al., 2014), l'alto tasso di accrescimento della popolazione (Costi et al., 2017), l'azione limitata dei prodotti fitosanitari autorizzati e l'assenza di antagonisti naturali specifici. Nell'areale asiatico di origine le uova di *H. halys* vengono parassitizzate da diversi Imenotteri Scelionidi tra cui il *Trissolcus japonicus*, che seppure non selettivo, risulta essere la specie più efficace con una media di parassitizzazione del 70% (Zhang et al., 2017). Sebbene in Italia siano state recentemente ritrovate popolazioni avventizie di questo insetto (Sabbatini Peverieri et al., 2018; Moraglio et al., 2019), la possibilità di impiego nella lotta biologica classica sarà autorizzata dipendentemente dall'esito del processo di valutazione previsto dalla normativa vigente e attualmente in corso.

Tra le specie autoctone presenti in Italia l'Imenottero Eupelmide *Anastatus bifasciatus* è la specie maggiormente diffusa (Costi et al., 2018; Moraglio et al., 2019) e tra le poche in grado di completare il proprio sviluppo in ovature di cimice asiatica (Haye et al., 2015).

Nel 2018 a Modena e in Svizzera sono state condotte prove per valutare l'efficacia di rilasci inondativi di *A. bifasciatus* su piccole superfici. I risultati nel pereto a gestione biologica di Modena, hanno evidenziato una parassitizzazione del 16% su ovature sentinella surgelate e del 49% su 8 ovature naturalmente deposte (Stahl et al., 2019).

Il presente lavoro è stato condotto nel 2109 allo scopo di verificare l'efficacia di rilasci inondativi di *A. bifasciatus* per il controllo biologico di *H. halys* in un contesto naturale (bosco con essenze miste) nei pressi di un frutteto a gestione integrata, utilizzando anche ovature sentinella fresche naturalmente deposte, in quanto potenzialmente più attrattive di quelle surgelate usate in precedenti prove di rilascio.

MATERIALI E METODI

Descrizione delle aree sperimentali

L'attività è stata condotta nelle province di Modena (prova A) e Ravenna (prova B). In ognuna delle due province sono state selezionate un'area di rilascio e almeno un'area di controllo sulla base di caratteristiche comuni quali la vicinanza ad un pereto, la presenza di siepi miste/boschetti e l'alto livello di infestazione da *H. halys*. Per la prova A sono state selezionate un'area di rilascio e tre aree di controllo situate nel comune di Nonantola (MO) ad una distanza minima di 0,5 km e massima di 5 km una dall'altra. La prova B è stata condotta nel comune di Bagnacavallo (RA) e prevedeva un sito di controllo di circa 2.600 m² distante 0,8 km in linea d'aria dall'area di rilascio, rappresentata da un boschetto di circa 1.300 m².

Monitoraggio della presenza di *A. bifasciatus*

In ognuna delle aree delle prove A e B è stata monitorata settimanalmente la presenza di *A. bifasciatus* mediante l'esposizione, effettuata con diverse metodologie, di ovature sentinella di *H. halys* fresche o surgelate.

Nella prova A sono stati installati 42 manicotti in rete (21 nell'area di rilascio e 7 per ciascuna delle tre aree di controllo) contenenti ciascuno 5 cimici in fase riproduttiva (3 femmine e 2 maschi) provenienti dall'allevamento del laboratorio di entomologia UNIMORE allo scopo di ottenere ovature fresche e naturalmente deposte in campo da esporre alla parassitizzazione.

I manicotti in rete a maglie da 4,5 mm sono stati collocati a 10 m l'uno dall'altro, e altezza di circa 180 cm e racchiudendo al loro interno porzioni di rami di specie rappresentative dell'area (*Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Prunus sp.*, *Prunus spinosa*, *Corylus avellana*). Ogni settimana a partire dal 7 giugno fino al 9 agosto si è proceduto all'installazione dei manicotti e alla successiva rimozione a distanza di tre giorni, allo scopo di esporre alla parassitizzazione le ovature deposte al loro interno. Ogni ovatura è stata marcata con un'etichetta riportante un codice identificativo, la data di deposizione ed il numero di uova presenti.

Sulle stesse branche su cui erano esposti i manicotti sono state esposte anche ovature fresche e ovature surgelate a -20°C deposte da meno di 24h provenienti dall'allevamento del laboratorio di entomologia. Onde evitarne la caduta accidentale, queste ovature sono state preventivamente incollate con colla universale ("Unopiù" Saratoga) nella pagina inferiore delle piante di *Brassica oleracea* su cui erano state deposte. Le foglie con l'ovatura sono quindi state fissate sulle branche delle piante con mollette da bucato. A partire dal 13 agosto, e nelle successive due settimane si è proceduto ad esporre direttamente in campo le piantine di *B. oleracea* su cui le cimici in allevamento avevano ovideposto da meno di 24h.

Tutte le ovature sono state etichettate e suddivise equamente tra area di rilascio e aree di controllo assegnandole con funzione "random" alle diverse piante su cui erano esposte le ovature naturalmente deposte nei manicotti. Dopo tre giorni di esposizione, tutte le ovature venivano raccolte e portate in laboratorio per essere osservate con stereomicroscopio e annotare il numero di uova perse e predate.

Nella prova B, in entrambi i siti sono stati individuate 5 posizioni in cui sono state esposte le ovature sentinella. In questa prova sono state utilizzate sia ovature fresche che surgelate deposte da cimici in allevamento presso il laboratorio di Astra Innovazione e Sviluppo (T = 25±1°C, U.R. = 70% e fotoperiodo 16L:8D). Per ottenere ovature fresche in laboratorio, piantine di *Vicia faba* di 10-12 giorni di sviluppo, alte 20 cm venivano inserite il giorno precedente all'esposizione in campo all'interno di gabbie (90x60x60 cm, tipo "Bugdorm" Pop-up Cage, Watkins e Doncaster) in cui erano presenti 50 maschi e 50 femmine adulti di *H. halys*. Le piante esposte erano visitate dalle cimici, che su di esse camminavano, si alimentavano ed ovideponevano per 24h. Le ovature fresche (< 24h) deposte dalle cimici all'interno delle gabbie su carta assorbente venivano incollate nella pagina inferiore delle stesse piante di fava con colla vinilica (Vinavil®). Le ovature deposte su carta assorbente nello stesso arco temporale ma durante gli altri giorni della settimana venivano raccolte giornalmente (< 24h) e conservate a -20°C. Le ovature surgelate al momento del loro utilizzo, venivano fissate sulle stesse piante di fava mediante colla vinilica. Quando la disponibilità di ovature fresche era limitata, si è scelto di dare la precedenza alla zona di lancio, destinando quelle congelate al sito di controllo. In ciascun sito sono state esposte settimanalmente 5 piante di fava, portanti sia ovature fresche naturalmente deposte, sia ovature fresche incollate alle foglie, sia ovature surgelate incollate alle foglie.

A partire dal 11 giugno, una settimana prima dell'inizio dei rilasci di *A. bifasciatus*, e fino al 20 agosto, sei settimane dopo l'ultimo rilascio, sono state esposte settimanalmente in campo le piantine di *V. faba* con le ovature. A tre giorni dall'esposizione in campo le piante venivano quindi rimosse e portate in laboratorio e analogamente alla prova A, ogni ovatura recuperata individualmente marcata con un'etichetta riportante un codice identificativo, la data di esposizione, il numero di uova presenti e quelle mancanti.

In entrambe le prove, tutte le ovature raccolte sono state conservate a $T = 25-27^{\circ}\text{C}$, U.R. al 70%, fotoperiodo 16L:8D attendendo la schiusa di neanidi o lo sfarfallamento di parassitoidi. Parassitoidi e neanidi neo-emersi sono stati contati. I parassitoidi sfarfallati sono stati classificati fino al livello di specie.

Rilasci inondativi

I rilasci sono stati effettuati nella stessa giornata in cui venivano tolti i manicotti e/o venivano esposte le nuove ovature. Nella prova A i rilasci sono stati effettuati in un'area boschiva di 2 ha di superficie, confinante con un pereto, un vigneto e dei seminativi e circondata da siepi miste. A partire da giugno, ogni settimana per cinque settimane consecutive si è proceduto al rilascio di femmine accoppiate di *A. bifasciatus* per un totale di 19.300 individui rilasciati (circa 1 femmina/m²). I parassitoidi sono stati rilasciati in gruppi da 100/200 individui distribuendoli con uno schema a griglia su tutta la superficie coperta da vegetazione.

Nella prova B i parassitoidi sono stati rilasciati in 6 punti all'interno di un'area boschiva avente una superficie di 1.300 m², adiacente ad un pereto, un albicoccheto ed un actinidieto tutti a gestione integrata. In questa prova il rilascio di *A. bifasciatus* è stato realizzato con quattro lanci a densità crescente, per un totale di 1.300 individui rilasciati, raggiungendo quindi una densità cumulata di 1 femmina/m² nel periodo complessivo di quattro settimane.

Tutti gli individui di *A. bifasciatus* sono stati forniti dalla biofabbrica Bioplanet s.c.a (Cesena).

Analisi dei dati

Per entrambe le prove, considerando sia le diverse tipologie di ovature esposte sia il totale delle ovature, a prescindere dalla tipologia, sono stati calcolati tre indici descrittivi dell'attività di parassitizzazione: a) impact on host population = (n. uova parassitizzate/n. di uova raccolte) x100; b) discovery efficiency = (n. ovature parassitizzate/n. ovature raccolte) x100; c) exploitation efficiency = (n. uova parassitizzate/n. uova nelle ovature parassitizzate) x100. L'analisi statistica della media dei parassitoidi sfarfallati/ovatura è stata effettuata tramite software R (R Development Core Team, 2008). Il confronto tra area di rilascio e aree di controllo è stato effettuato tramite Anova univariata sia sul totale delle ovature che considerando le sole ovature naturalmente deposte. Per avere indicazioni su quale tipologia di ovatura risultasse poi essere più attrattiva per i parassitoidi è stato effettuato un test di Levene, seguito da Welch test con confronto delle medie a coppie.

RISULTATI

Prova A

In totale sono state ottenute 435 ovature (11.312 uova), di cui 85 (2.220 uova) sono state perse principalmente a causa di eventi meteorologici avversi. Le ovature utili ai fini delle analisi erano quindi 353 (9.092 uova), di queste 46 sono state parassitizzate (almeno un esemplare sfarfallato) da *A. bifasciatus*, una da *Trissolcus semistriatus* e una da *Trissolcus*

mitsukurii. La tabella 1 riporta le percentuali di parassitizzazione (impact on host population) e gli altri indici.

Tabella 1. Prova A: indici di parassitizzazione totali e suddivisi in base alla tipologia di ovatura esposta alla parassitizzazione

	Numero ovature (numero uova)	Impact on host population (%)	Exploitation efficiency (%)	Discovery efficiency (%)
Totale (rilascio)	199 (5.144)	4,3	28,6	15,6
Totale (controllo)	154 (3.948)	2,4	24	9,7
Naturalmente deposte (rilascio)	63 (1.578)	9,4	31,4	30,2
Naturalmente deposte (controllo)	37 (894)	6,6	38,6	16,2
Surgelate (rilascio)	90 (2.347)	2,5	20,6	12,2
Surgelate (controllo)	80 (2.057)	1,5	13,7	10
Raccolte in laboratorio (rilascio)	30 (778)	0	0	0
Raccolte in laboratorio (controllo)	21 (567)	0	0	0
Piante (rilascio)	16 (441)	3,9	63	6,3
Piante (controllo)	16 (430)	1,6	25	6,3

L'analisi statistica non ha rilevato differenze significative nel numero medio di parassitoidi sfarfallati per ovatura confrontando l'area di rilascio con l'area di controllo, sia considerando il totale delle ovature esposte ($F_{(1;351)} = 0,284$, $p > 0,05$) sia considerando le sole ovature naturalmente deposte ($F_{(1;98)} = 0,028$, $p > 0,05$) (figura 1). Confrontando le diverse tipologie di ovature sono emerse differenze significative nella media di parassitoidi sfarfallati ($t_{(3;349)} = 6,35$, $p < 0,001$), con le uova naturalmente deposte maggiormente parassitizzate rispetto alle altre tipologie (figura 2).

Figura 1. Numero medio (+STD) di parassitoidi sfarfallati/ovatura nell'area di controllo (C) e nell'area di rilascio (T), considerando: il totale delle ovature esposte (tot) e solo le ovature naturalmente deposte

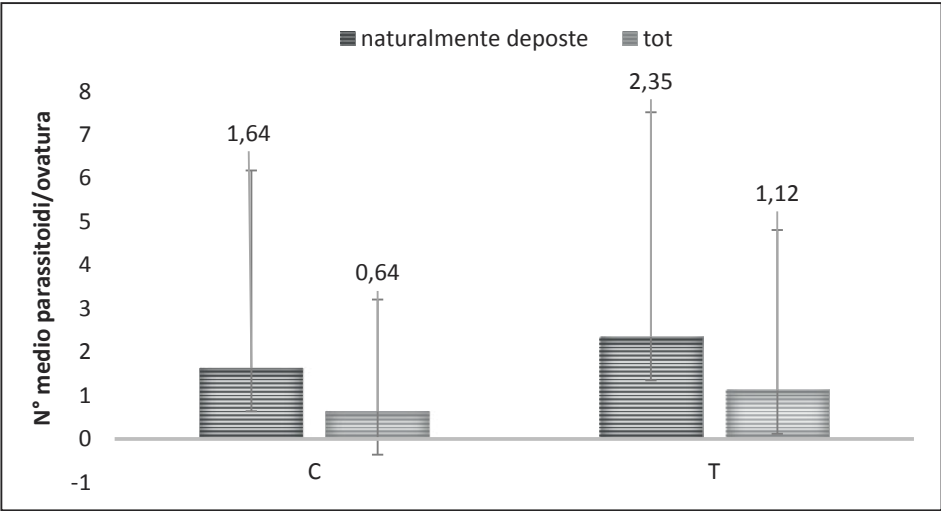
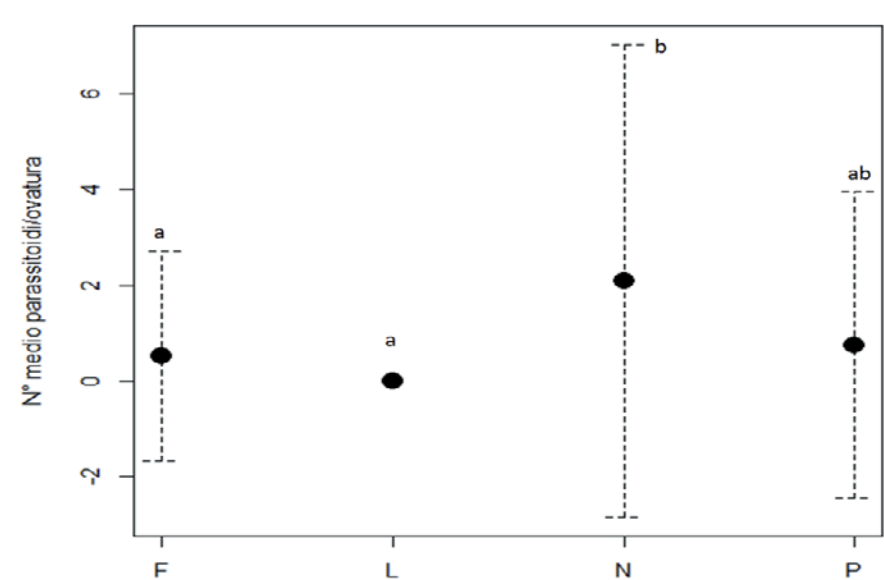


Figura 2. Numero medio ($\pm$ STD) di parassitoidi/ovatura nelle diverse tipologie di ovature (F = surgelate, deposte in laboratorio ed esposte su foglia, L = fresche, deposte in laboratorio ed esposte su foglia, N = naturalmente deposte in campo dentro i manicotti, P = fresche, deposte in laboratorio e esposte su pianta). Lettere diverse indicano differenze significative al test di Welch con confronto di medie a coppie



Prova B

Nella prova sono state esposte complessivamente 326 ovature (7.712 uova), di cui 11 (284 uova) sono state perse presumibilmente a causa di predazione. Relativamente alle ovature recuperate, da 4 si è osservato lo sfarfallamento di *A. bifasciatus*, e da una è sfarfallato un esemplare del genere *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae). In tabella 2 sono riportati i valori relativi al numero totale di ovature e uova utilizzate nella prova e dei tre indici utili a descrivere l'entità della parassitizzazione osservata, analogamente a quanto riportato nella prova A.

Tabella 2. Prova B: indici di parassitizzazione totali e suddivisi in base alla tipologia di ovatura esposta alla parassitizzazione

	Numero ovature (numero uova)	Impact on host population (%)	Exploitation efficiency (%)	Discovery efficiency (%)
Totale (rilascio)	183 (4.310)	0,6	49,1	1,1
Totale (controllo)	143 (3.402)	0,4	27,5	1,4
Fresche (rilascio)	139 (3.206)	0,8	49,1	1,4
Fresche (controllo)	94 (2.264)	0,1	4	1,1
Surgelate (rilascio)	44 (1.104)	0	0	0
Surgelate (controllo)	49 (1.138)	1,1	50	2

Non si sono evidenziate differenze significative nel numero medio di parassitoidi sfarfallati/ovatura confrontando area di rilascio e di controllo, sia considerando il totale delle ovature esposte ($F_{(1;323)} = 0,11$, $p > 0,05$) sia considerando le sole ovature naturalmente deposte ($F_{(1;230)} = 1,07$, $p > 0,05$).

DISCUSSIONE

Queste prove sperimentali miravano a verificare le potenzialità di *A. bifasciatus* nel controllo biologico dell'invasiva *H. halys* in seguito a rilasci inondativi effettuati in contesti agro-ecologici tipici dell'Emilia-Romagna. L'efficacia del rilascio, effettuato in aree non gestite (siepi o boschetti) adiacenti a frutteti a gestione integrata, è stata valutata attraverso l'esposizione di ovature sentinella di *H. halys* sia fresche che surgelate esposte con diverse metodologie.

I risultati ottenuti da questa sperimentazione hanno evidenziato che nelle aree di rilascio si sono registrate percentuali di uova parassitizzate leggermente superiori rispetto a quelle osservate nelle aree di controllo. In particolare considerando le uova naturalmente deposte, nelle aree di rilascio si è rilevata una percentuale di uova parassitizzate del 9,4% nella prova A e dello 0,8% nella prova B e nelle aree di controllo del 6,6% nella prova A e dello 0,1% nella prova B. Tuttavia, tra le due aree (controllo e rilascio), non sono emerse differenze statisticamente significative nel numero medio di parassitoidi sfarfallati per ovatura, considerando sia tutte le tipologie di ovature esposte che le sole ovature naturalmente deposte.

L'efficacia del lancio potrebbe essere stata ridotta dalla cospicua biodiversità vegetale e dalla complessità ecologica delle aree scelte per queste prove. In questi contesti era infatti assai verosimile la disponibilità di ovature di ospiti alternativi, che potrebbe quindi aver influito negativamente sulla capacità di *A. bifasciatus* di parassitizzare le ovature sentinella esposte. In uno studio analogo (Stahl et al., 2019b), in cui *A. bifasciatus* era stato rilasciato alla stessa densità (1 femmina/m²) condotto però in un ambiente a più ridotta biodiversità

(all'interno di un pereto biologico), si era rilevata una parassitizzazione del 49% sulle poche ovature sentinella naturalmente deposte (8, ottenute con la stessa tecnica delle cimici dentro al manicotto), e del 16% in media su quelle surgelate. Il contributo di un parassitoide oofago generalista è strettamente associato al contesto ambientale in cui avviene il rilascio del parassitoide, e in particolare alla disponibilità di ospiti alternativi non bersaglio. È noto infatti che *A. bifasciatus* è un parassitoide generalista il cui range di ospiti include diverse specie di Eterotteri e Lepidotteri (Natural History Museum London, 2019).

In generale la percentuale di uova parassitizzate riscontrate applicando la metodologia utilizzata in queste prove non può essere considerata sufficiente a garantire una riduzione significativa delle popolazioni della specie target. È verosimile che il rilascio di quantitativi molto maggiori di femmine, ancorché economicamente sostenibile, se effettuato in contesti a ridotta biodiversità vegetale possa portare ad incrementare i livelli di parassitizzazione di ovature bersaglio di *H. halys*.

È comunque necessario evidenziare che l'impatto reale di questo parassitoide sulla popolazione di *H. halys* sia stato sottostimato, in quanto non è stata valutata la capacità delle femmine adulte di *A. bifasciatus* di nutrirsi delle uova delle specie target provocandone la morte (host-feeding), con una incidenza che potrebbe corrispondere o addirittura superare la percentuale di parassitizzazione (Konopka et al., 2017).

Un risultato importante messo in luce da questo studio è che la tipologia di ovatura sentinella impiegata può influenzare i risultati di parassitizzazione. In particolare la maggiore parassitizzazione si è riscontrata su ovature sentinella naturalmente deposte, mentre era molto ridotta su uova fresche non deposte in loco e su uova surgelate. Questo conferma la necessità del parassitoide di disporre di stimoli chimici emessi dall'insetto e dalle piante ospiti per l'individuazione del bersaglio su cui ovideporre, come riportato anche in altri studi (Rondoni et al., 2017). Questo risultato è molto importante in quanto l'utilizzo di ovature naturalmente deposte in campo può contribuire a fornire indicazioni più probanti sull'impatto di rilasci inondativi di parassitoidi. È tuttavia da evidenziare l'elevata laboriosità necessaria per l'ottenimento di questa tipologia di ovature sentinella, vista la necessità di avere a monte un florido allevamento di cimici in laboratorio ed i tempi necessari per preparazione, allestimento e smontaggio dei manicotti in campo. Risultati ancora più attendibili potrebbero essere ottenuti attraverso la ricerca e la raccolta di ovature deposte dalle cimici selvatiche, possibilità che non è tuttavia applicabile a tutti i contesti sperimentali, soprattutto in presenza di piante molto alte.

Considerando le aree di controllo, questo studio conferma che *A. bifasciatus* è la specie maggiormente rappresentata tra i parassitoidi oofagi di cimice asiatica in Italia (Costi et al., 2018, Moraglio et al., 2019). Nel corso dell'indagine sono state rilevate anche tre specie di scelionidi: due *Trissolcus* (il nativo *T. semistriatus* e l'asiatico *T. mitsukurii*) ed un *Telenomus*. Tra queste, *T. mitsukurii*, recentemente rilevato anche in altre regioni del Nord Italia, riveste particolare interesse in quanto vengono riportati livelli di parassitizzazione per singola ovatura di *H. halys* fino al 100% (Sabbatini Peverieri et al., 2018). Sarà pertanto interessante proseguire le indagini sulla parassitizzazione di ovature naturalmente deposte di *H. halys* per comprendere la diffusione delle popolazioni naturali di questi parassitoidi oofagi (sia nativi che di recente introduzione) e il loro impatto nei confronti del fitofago invasivo.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Francesco Tortorici per la determinazione a livello di specie degli Scelionidae. Si ringraziano gli studenti UNIMORE Alberto Catellani e Giulio Aldrovandi per la collaborazione alle attività sperimentali nella prova A. Si ringraziano le Cooperative

ortofrutticole della provincia di Modena per aver co-finanziato la prova A, le OP socie del CRPV per aver finanziato la prova B e Bioplanet s.r.l. per aver fornito i parassitoidi oggetto della sperimentazione.

LAVORI CITATI

- 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. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0899-z>
- Costi E., Haye T., Maistrello L., 2018. Surveying native egg parasitoids and predators of the invasive *Halyomorpha halys* in Northern Italy. *Journal of Applied Entomology*, 143, 3, 299-30 <https://doi.org/10.1111/jen.12590>
- CSO Italy - Centro Servizi Ortofrutticoli, 2019. Stima dei danni da cimice Asiatica e patologie connesse ai cambiamenti climatici. www.csoservizi.com
- Konopka J.K., Haye T., Garipey T.D., McNeil J.N., 2017. Possible coexistence of native and exotic parasitoids and their impact on control of *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*, 90, 1119-1125. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0851-2>
- 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. *Journal of Insect Behavior*, 2, 639-651. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9456-2>
- 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. *Annual Review of Entomology*, 63, 599-618. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226>
- Maistrello L., Dioli P., Dutto M., Volani S., Pasquali S., Gilioli G., 2018. Tracking the spread of sneaking aliens by integrating crowdsourcing and spatial modeling: the Italian invasion of *Halyomorpha halys*. *BioScience*, 68, 979-989. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy112>
- Maistrello L., Vaccari G., Caruso S., Costi E., Bortolini S., Macavei L., Foca G., Ulrici A., Bortolotti P.P., Nannini R., Casoli L., Fornaciari M., Mazzoli G.L., Dioli P., 2017. Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90, 1231-1244. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0896-2>
- Moraglio S.T., Tortorici F., Pansa M.G., Castelli G., Pontini M., Scovero S., Visentin S., Tavella L., 2019. A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy. *Journal of Pest Science*. In stampa. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01136-2>
- Natural History Museum London, 2019. Universal Chalcidoidea Database. In: Universal Chalcidoidea Database. <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/chalcidoids/database/hosts.dsml?index=Hosts&searchPageURL=indexHosts.dsml&VALGENUS=anastatus&VALSPECIES=bifasciatus>. Accesso 12 dicembre 2019
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0861-0>
- 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. <https://doi.org/10.3897/jhr.67.30883>

Zhang J., Zhang F., Gariepy 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, 1127-1141. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0863-y>