

BIOLOŠKO SUZBIJANJE SMEDE MRAMORASTE STJENICE (Hemiptera: Pentatomidae)

BIOLOGICAL CONTROL OF BROWN MARMORATED STINK BUG (Hemiptera: Pentatomidae)

I. Lović, Ankica Sarajlić

SAŽETAK

Smeđa mramorasta stjenica (*Halyomorpha halys* Stål, 1855.) invazivna je, polifagna vrsta stjenice, koja se iz izvornog azijskog područja proširila na područje Sjeverne i Južne Amerike te Europe. Cilj ovoga rada je prikazati dosadašnja istraživanja potencijalnih prirodnih neprijatelja *H. halys* koji bi se mogli primijeniti za smanjenje populacije. *H. halys* ima velik broj prirodnih neprijatelja: kukci, gljive, nematode, mikrosporidije, bakterije, virusi i drugi. Prirodni neprijatelji istražuju se i koriste za suzbijanje različitih razvojnih stadija *H. halys*. Najveća učinkovitost utvrđena je kod parazitskih osica: *Trissolcus* spp. i *Anastatus* spp. te entomopatogene gljive (*Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912.) i druge). Potrebna su opsežna istraživanja prije puštanja novih organizama u prirodu, međutim dosadašnjim istraživanjima dokazana je visoka učinkovitost pojedinih vrsta te se njihova primjena zasigurno može preporučiti kao jedna od učinkovitih bioloških mjera suzbijanja *H. halys*.

Ključne riječi: *Halyomorpha halys* Stål, 1855, entomopatogeni organizmi, invazivna vrsta

ABSTRACT

The Brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* Stål, 1855) is an invasive, polyphagous species of Bed bug that has spread from its original Asian area to North and South America and Europe. The aim of this paper is to present previous research on potential natural enemies of *H. halys* that could be used to reduce the population. *H. halys* has a large number of natural enemies: insects, fungi, nematodes, microsporidia, bacteria, viruses and others. Natural enemies are researched and used to control different developmental stages of *H. halys*. The highest efficiency was found with parasitic wasps: *Trissolcus* spp.

and *Anastatus* spp., and entomopathogenic fungi (*Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912) and others). Extensive research is needed before releasing new organisms into the wild, but previous studies have shown the high efficiency of certain species, and their use can certainly be recommended as one of the effective biological measures to control *H. halys*.

Key words: *Halyomorpha halys* Stål, 1855, entomopathogenic organisms, invasive species

UVOD

Smeđa mramorasta stjenica, *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae), invazivna je vrsta stjenice, podrijetlom iz Kine, Japana, Koreje i Tajvana, a do 2013. godine službeno je potvrđena njena prisutnost u 40 država u raznim dijelovima svijeta (Lee i sur., 2013.). Na području Europe prvi primjerci uhvaćeni su u Lihtenštajnu 2004. godine, zatim u Švicarskoj 2007. godine, a prve veće štete pojavile su se u Italiji 2015. godine (Ciceoi i sur., 2016.). U Hrvatskoj je prvi puta zabilježena u Rijeci 2017. godine (Šapina i Šerić Jelaska, 2018.). Smeđa mramorasta stjenica polifagna je vrsta koja se hrani na više od 170 biljaka domaćina od kojih su mnoge važne za poljoprivrednu proizvodnju (Leskey i Nielsen, 2018.). Osim šteta koje uzrokuju hraneći se na poljoprivrednim kulturama, ove stjenice svrstavaju se i u molestante, jer mjesta za prezimljavanje, između ostalog, traže i u stambenim prostorima (Macavei i sur., 2015.).

Suzbijanje *H. halys* u Aziji prvenstveno se bazira na primjeni kemijskih insekticida (Lee i sur., 2013.). Negativan utjecaj i slaba učinkovitost kemijskih insekticida stvaraju potrebu uvođenja dodatnih mjera zaštite od smeđe mramoraste stjenice. Biološke mjere zaštite najperspektivnije su metode za dugoročno suzbijanje *H. halys* (Giovannini i sur., 2022.), a podrazumjevaju upotrebu živih organizama i/ili prirodnih tvari. Prednosti bioinsekticida su brojne, imaju slabiji utjecaj na neciljane organizme i okoliš, smanjen rizik od razvoja rezistentnosti te kompatibilnost s održivom i organskom proizvodnjom (Marčić, 2021.). Pri korištenju prirodnih neprijatelja preporuča se primjena autohtonih vrsta, koje su već prisutne u okolišu jer unos novih vrsta može biti potencijalno rizičan za ostale neciljane vrste (Stahl i sur., 2018.). U Aziji se najviše primjenjuju parazitske osice, osim njih istražuje se primjena drugih parazitnih i grabežljivih kukaca (Lee i sur., 2013.), zatim entomopatogenih gljiva, bakterija (Tozlu i sur., 2019.), virusa (Rice i sur., 2014.), nematoda (Mikaia, 2018.) te drugih organizama.

PARAZITOIDI

Parazitoidi *H. halys* mogu parazitirati njene različite razvojne stadije. U izvornom, azijskom području populacija *H. halys* suzbija se parazitskim osicama iz roda *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) i *Anastatus* (Hymenoptera: Eupelmidae) koje parazitiraju jaja smeđe mramoraste stjenice. Zbog visokog postotka prirodnog parazitizma na jajima *H. halys* u izvornom području, vrsta *Trissolcus japonicus* (Ashmead, 1904.) smatra se jednim od najboljih kandidata za biološko suzbijanje (Stahl i sur., 2018.). Postotak prirodnog parazitizma *T. japonicus* u prirodnim uvjetima u Kini je u prosjeku 50 % (od 20 do 80 %) (Yang i sur., 2009.).

Širenje *H. halys* u druga područja potaknulo je istraživanja potencijalnog pronalazaka prirodnih neprijatelja u tim područjima. Zapponi i sur. (2021.) kao prirodne parazitoide jaja *H. halys* u Sjevernoj Americi i Europi navode porodice: Scelionidae (*Telenomus* spp., *Trissolcus* spp., *Gryon* spp.), Eupelmidae (*Anastatus* spp.) i Encyrtidae (*Ooencyrtus* spp.).

Hedstrom i sur. (2017.) proveli su laboratorijsko istraživanje na vrstama *T. japonicus* i *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) gdje su utvrdili kako je *T. japonicus* za razliku od *T. mitsukurii* preferirala jaja *H. halys* (učinkovitost 100 %) u odnosu na autohtone vrste iz porodice Pentatomidae (*Holcostethus abbreviatus* Uhler, 1872. i *Banasa dimidiata* (Say, 1832.) kod kojih je utvrđen parazitizam oko 60 %, a kod ostalih vrsta 40 % i manje). Potencijalne rizike ispuštanja u prirodu *T. mitsukurii* istražili su Giovannini i sur. (2022.) u laboratorijskim uvjetima u sjevernoj Italiji, gdje se također pokazalo kako je osica uspješno parazitirala većinu izloženih vrsta te nije preferirala samo *H. halys*, čime istraživanje potvrđuje potencijalni utjecaj na neciljane skupine u prirodi.

Vrste roda *Trissolcus* šire se u nova područja. Populacije su utvrđene na više lokacija u SAD-u (Hedstrom i sur., 2017.) te u Europi, gdje je u prirodi *T. japonicus* prvi puta utvrđena u Švicarskoj 2017. godine (Stahl i sur., 2019.). Prisutnost *T. mitsukurii* prvi puta je utvrđena 2018. godine na području sjeverne Italije, gdje je ujedno potvrđena i prisutnost *T. japonicus* (Sabbatini Peverieri i sur., 2018.). Zapponi i sur. (2021.) potvrdili su rasprostranjenost prirodnih neprijatelja *H. halys* na više lokacija, od sjeverne Italije do Švicarske prikupljanjem jaja *H. halys*. U istraživanju je utvrđeno 22,4 % parazitiranih jaja, pri tome je najbrojnija vrsta bila *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy) (na 14 % svih jajnih masa), zatim su slijedile: *T. mitsukurii* (7,5 %) i *T. japonicus* (3,5 %). Istraživanje bioklimatskih uvjeta predviđa da će vrsta *T. japonicus* nastaviti

širenje u sva područja gdje se pojavljuje *H. halys* ili gdje je predviđeno njeno širenje. Između ostalog veći dio Hrvatske označen je kao područje visoko prikladno za širenje *T. japonicus*, dok je područje Like i Gorskog kotara označeno kao umjereno prikladno (Avila i Charles, 2018.).

Osim osica roda *Trissolcus*, parazitske osice roda *Anastatus* također parazitiraju različite redove kukaca, a zbog visokog stupnja parazitizma na *H. halys*, u Pekingu je masovno puštena s ciljem smanjenja populacije ove stjenice te je postignuta stopa parazitizma viša od 60 % (Hou i sur., 2009.). Osica *A. bifasciatus* autohtona je vrsta u Europi koja parazitira jaja te je dobar kandidat za smanjenje populacije *H. halys* (Zapponi i sur., 2021.). Prisutnost ove osice utvrđena je u Italiji, gdje su ispitivani potencijalni autohtoni paraziti jaja *H. halys*. Otkrivena je isključivo *A. bifasciatus* s niskim postotkom parazitizma: 1-3 % (Costi i sur., 2018.).

U Švicarskoj i Italiji također je provedeno istraživanje prisutnosti parazitoida na jajima *H. halys* u voćnjacima i vinogradima te je utvrđena prisutnost osica *Ooencyrtus telenomicida* (Vasil'ev), *Trissolcus cultratus* (Mayr, 1879) i *A. bifasciatus* (Stahl i sur., 2018.). Istraživanjem u Grčkoj, otkrivene su dvije autohtone vrste: *A. bifasciatus* i *O. telenomicida*. Ukupna stopa parazitizma u prirodnim uvjetima bila je 8,5 %, od čega je 58 % parazitirala vrsta *A. bifasciatus* (4,93 % ukupno parazitiranih jaja), a 42 % vrsta *O. telenomicida* (3,57 % ukupno parazitiranih jaja) (Andreadis i sur., 2021.).

Stahl i sur. (2018.) istraživali su učinkovitost osice *A. bifasciatus* u suzbijanju *H. halys* te utjecaj na neciljane vrste, 9 iz podreda Heteroptera te 19 iz reda Lepidoptera u kontroliranim uvjetima. Od testiranih ženki *A. bifasciatus*, 46,5 % je razvilo potomstvo na jajima *H. halys*. Kod svih vrsta podreda Heteroptera te 14 neciljanih vrsta reda Lepidoptera osice *A. bifasciatus* razvile su potomstvo, čime je potvrđena njena polifagnost i moguć negativni utjecaj na neciljane vrste.

Kao parazitoidi imaga u literaturi se navode muhe gusjeničarke (Tachinidae, Diptera). Utvrđeno je kako ih privlače feromoni *H. halys*. One parazitiraju imago smeđe mramoraste stjenice, gdje prezimljavaju i izlaze iz njih u proljeće (Wermelinger i sur., 2008.). Rice i sur. (2014.) navode vrstu muhe: *Trichopoda pennipes* (Fabricius) (Diptera: Tachinidae), koja parazitira imago i ličinke kasnijih stadija. Stopa parazitizma *T. pennipes* u prirodnim uvjetima prosječno se kretala 1-5 % (na nekim mjestima do 20 %). Lara i sur. (2016.) kao parazita *H. halys* navode muhu *Euclytia flava* (Townsend, 1891) (Diptera: Tachinidae).

GRABEŽLJIVCI

Većina poznatih prirodnih neprijatelja *H. halys* karakteristična je i za ostale vrste stjenica iz porodice Pentatomidae. Od grabežljivaca su poznati: bogomoljke, uholaze, bubamare, stjenice (Costi i sur., 2018.), pauzi, mravi, mrežokrilci i drugi (Wermelinger i sur., 2008.). Grabežljivci se mogu hraniti svim razvojnim stadijima *H. halys* (Costi i sur., 2018.).

Costi i sur. (2018.) radili su trogodišnje istraživanje na jajima *H. halys* u Italiji te su utvrdili predatorstvo autohtonih vrsta od 2 do 5 %. Najviši postotak predatorstva utvrđen je kod vrsta iz porodica Tettigoniidae i Carabidae, više od 35 % u prirodnim staništima.

Bulgarini i sur. (2021.) istraživali su omnivorne predatore u kontroliranim uvjetima na jajima, ličinkama i imagu *H. halys*. Visoku učinkovitost imale su vrste: *Eupholidoptera chabrieri* (Charpentier, 1825) (Orthoptera: Tettigoniidae) (90 % na jajima i 60 % na ličinkama prvog stadija) i *Rhynocoris iracundus* (Poda, 1761) (Hemiptera: Reduviidae) (80 % na drugom stadiju ličinke i 43 % na imagu).

U Italiji je također istraživao predatorski utjecaj grabežljivog mrava *Crematogaster scutellaris* (Oliver, 1792) na *H. halys* u laboratorijskim uvjetima te se pokazalo kako ima značajan utjecaj na smanjenje preživljavanja svih stadija ličinki (prvi i drugi stadij 85-95 %, treći i četvrti 38-52 %) (Castracani i sur., 2017.). Ova vrsta mrava utvrđena je i u Hrvatskoj (Primorac, 2021.), a na tržištu se mogu pronaći proizvodi mrava *C. scutellaris* koji se koriste za regulaciju populacije stjenica. Predatorstvo japanskih mrava *Crematogaster matsumurai* Forel, 1901 i *Crematogaster osakensis* Forel, 1900 te argentinskog mrava *Linepithema humile* (Mayr, 1868) na ličinkama i jajima *H. halys* istraživano je u laboratorijskim uvjetima u Japanu. Vrsta *C. matsumurai* smanjila je brojnost ličinki prvog stadija za 100 %, drugog stadija za 60 %, a trećeg stadija za 27 %. Utvrđena je i visoka učinkovitost vrste *C. osakensis* gdje je smrtnost ličinki prvog stadija iznosila 100 %, smrtnost ličinki drugog stadija 87 % te 40 % trećeg stadija. Učinkovitost vrste *L. humile* bila je 100 % kod svih stadija stjenice (Kamiyama i sur., 2021.).

Predatorstvo je zabilježeno i kod osa roda *Astata* (Hymenoptera: Crabrionidae), koje napadaju pokretne stadije *H. halys*. Vrsta ose *Astata unicolor* Say, 1824, odnosi *H. halys* u svoje gnijezdo (Lara i sur., 2016.). Kod osa porodice Crabrionidae čak 95 % opskrbe gnijezda činili su kasniji stadiji ličinke i imaga *H. halys* (Rice i sur., 2014.).

ENTOMOPATOGENE NEMATODE

Entomopatogene nematode u simbiozi s bakterijama uspješno se koriste u suzbijanju kukaca, komercijalno se mogu proizvesti i dostupne su na tržištu, ali je kod *H. halys* otežana njihova primjena, budući da nematode žive u tlu, a *H. halys* napada nadzeme organe biljaka.

U laboratorijskim istraživanjima suzbijanja imaga *H. halys* dvama vrstama entomopatogenih nematoda: *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955.) i *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976., bolje rezultate pokazalo je korištenje vrste *S. carpocapsae*, gdje je smrtnost *H. halys* iznosila 68 %, dok je kod *H. bacteriophora* iznosila 48 % (Mikaia, 2018.). U laboratorijskom istraživanju Burjanadze i sur. (2020.) u Gruziji, na imagu *H. halys*, smrtnost primjenom vrste *H. bacteriophora* bila je do 95,5 %, a kod *Steinernema apuliae* Triggiani, Mracek & Reid, 2004. do 60 %. Istraživanje prirodne populacije nematoda u nasadima lijeske u Gruziji i njihovo korištenje u borbi protiv *H. halys* u laboratorijskim uvjetima proveli su Gorgadze i sur. (2020.). Najučinkovitije su se pokazale entomopatogene nematode roda *Steinernema* sp., gdje je zabilježena učinkovitost od 94,6 %.

ENTOMOPATOGENE GLJIVE

Kao biološko sredstvo za suzbijanje vrsta iz porodice Pentatomidae koriste se i entomopatogene gljive, koje mogu zaraziti sve razvojne stadije stjenice (Permadi i sur., 2021.). Najčešće se koriste vrste rodova: *Metarhizium* i *Beauveria*. Kod suzbijanja stjenice *Plautia stali* Scott, 1874., gljiva *Metarhizium robertsii* (Metchikoff) Sorokin (1883.) pokazala se učinkovitijom od gljive *Beauveria bassiana* (Ihara i sur., 2001.). Laboratorijska istraživanja utjecaja entomopatogenih gljiva na smrtnost stjenice *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761) pokazala su kako su gljive roda *Beauveria* imale 100 % učinkovitosti u periodu od 6-10 dana, dok su istu učinkovitost u periodu od 10-11 dana imale gljive *Akanthomyces muscarius* (Petch) Spatafora, Kepler & B. Shrestha i *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Hou-braken, Hywel-Jones & Samson (2011) (Ozdemir i sur., 2021.). Gljive roda *Metarhizium* imale su učinkovitost 63,33 % kod suzbijanja jaja stjenice *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Permadi i sur., 2021.).

Kod *H. halys* mogu se primijeniti gljive *M. anisopliae*, *B. bassiana* (Tozlu i sur., 2019.), *Ophiocordyceps nutans* (Pat.) (Rice i sur., 2014.) i druge. *H. halys* znatno je manje osjetljiva na infekciju gljivama *M. anisopliae*, u odnosu na

druge vrste stjenica, kao što su *P. stali* ili *Glaucias subpunctatus* (Walker, 1867.) (Lee i sur., 2013.). Gouli i sur. (2011.) utvrdili su smrtnost imaga *H. halys* 40 do 88 % kod primjene ove gljive u kontroliranim uvjetima.

B. bassiana ima širok raspon domaćina, ekološki je prihvatljiva te sposobna uzrokovati smrtnost štetnika u različitim fazama razvoja. Spore *B. bassiana* vežu se za kutikulu kukca, klijaju u hife, koje prodiru u tijelo, a zaraženi kukci ugibaju za 3-5 dana. Uginuli kukci mogu poslužiti kao izvor spora za sekundarno širenja gljiva (Tozlu i sur., 2019.). U laboratorijskom istraživanju Tozlu i sur. (2019.) na trećem i četvrtom stadiju ličinke *H. halys*, *B. bassiana* je uzrokovala smrtnost od 76,19 %. Visoku smrtnost uzrokovala je i u drugim sličnim laboratorijskim istraživanjima: Gouli i sur. (2011.) 85-100 %, Parker i sur. (2015.) 67-100 %.

Učinkovitost entomopatogene gljive *O. nutans* (Hypocreales: Phiocordycipitaceae) utvrđena je kod ličinki i imaga *H. halys* (Lee i sur., 2013., Rice i sur., 2014.). Sasaki i sur. (2012.) istraživali su specifičnost domaćina *O. nutans* u prirodnim uvjetima u Japanu na vrstama *H. halys* i *P. stali* te je utvrđeno kako su različite podvrste *O. nutans* zaražavale specifičnog domaćina, odnosno određene vrste stjenica. Ovaj podatak koristan je za razvoj bioloških sredstava, odnosno pokazuje kako se specifična podvrsta gljive može koristiti za suzbijanje točno određene vrste štetnika, što je u ovom slučaju *H. halys*, bez utjecaja na neciljane skupine.

MIKROSPORIDIJE

Mikrosporidije su raznolika skupina obligatnih intracelularnih parazita. Infektivni stadij su spore, koje jedine mogu preživjeti izvan stanice domaćina (Keeling, 2009.). Patogen *H. halys* je mirosporidija *Nosema maddoxi* Becnel, Solter, Hajek, Huang, Sanscrainte, & Estep (Microsporidia: Nosematidae) (Preston i sur., 2020.a). Prisutna je u izvornim staništima *H. halys* u Aziji, ali i u Sjevernoj Americi, gdje je otkrivena na uzorcima autohtone stjenice *Chinavia hilaris* Say, 1832 (Hajek i sur., 2017.). Ponekad se infekcija imaga *H. halys* može prepoznati po vidljivim smeđim pjegama na trbušnoj strani koje dolaze od zaraženih unutarnjih tkiva, međutim gotovo trećina zaraženih nema pjege. Na različitim lokacijama u SAD-u prevalencija zaraze nakon prezimljavanja prosječno je iznosila 37,5 % (Preston i sur., 2020.b). U istraživanju Preston i sur. (2020.a) inficirane ženke *H. halys* imale su kraći životni vijek, zaraza je utjecala na proizvodnju i održivost jaja, a infekcije su prenesene na 34,9 %

odraslih mužjaka, koji su boravili u kavezima s inficiranim ženkama. Inficirane ličinke uginule su znatno prije kontrolne skupine, a u stadij imaga razvilo se svega 26,5 % ličinki.

ZAKLJUČAK

Prirodni neprijatelji *H. halys* prisutni su u različitim ekosustavima, pripadaju različitim vrstama organizama te djeluju na različite razvojne stadije *H. halys*. Od jajnih parazita u biološkom suzbijanju najučinkovitije su parazitske osice. U Aziji se koristi osica *T. japonicus* (20-80 % učinkovitost u prirodi), a otkrivene su prirodne populacije ove vrste i u Europi. Autohtona europska osica *A. bifasciatus* imala je do 60 % učinkovitost u suzbijanju vrste *H. halys* prirodi. Od grabežljivaca najbolje rezultate u suzbijanju jaja i ličinki imale su porodice Tettigoniidae i Carabidae, s više od 35 % učinkovitosti u prirodi, a obećavajuće rezultate u laboratorijskim istraživanjima daje i mrav *C. scutellaris*. Među entomopatogenim gljivama veću učinkovitost u odnosu na ostale gljive pokazuje *B. basiana*. Za suzbijanje jaja *H. halys* najbolje rezultate postigla je primjena parazitskih osica, dok je za ličinke i imago najbolje primijeniti entomopatogene gljive, čija je i aplikacija jednostavnija u odnosu na ostale organizme. Potrebno je provesti dodatna istraživanja prirodnih neprijatelja *H. halys* te njihov utjecaj na neciljane organizme u novom staništu.

LITERATURA

1. Andreadis, S. S., Gogolashvili, N. E., Fifis, G. T., Navrozidis, E. I., Thomidis, T. (2021.): First Report of Native Parasitoids of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Greece. *Insects* 12: 984.
2. Avila, G. A., Charles, J. G. (2018.): Modeling the potential geographic distribution of *Trissolcus japonicus*: a biological control agent of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *BioControl*, 63: 505-518.
3. Bulgarini, G., Badra, Z., Leonardi, S., Maistrello, L. (2021.): Predatory ability of generalist predators on eggs, young nymphs and adults of the invasive *Halyomorpha halys* in southern Europe. *BioControl*, 66 (3): 355-366.
4. Burjanadze, M., Gorgadze, O., De Luca, F., Troccoli, A., Lortkipanidze, M., Kharabadze, N., Arjevanidze, M., Fanelli, E., Tarasco, E. (2020.): Potential of native entomopathogenic nematodes for the control of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* in Georgia. *Biocontrol Science and Technology*, 30 (9): 962-974.

5. Castracani, C., Bulgarini, G., Giannetti, D., Spotti, F. A., Maistrello, L., Mori, A., Grasso, D. A. (2017.): Predatory ability of the ant *Crematogaster scutellaris* on the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*. *Journal of Pest Science*, 90: 1181-1190.
6. Ciceoi, R., Mardare, E. S., Teodorescu, E., Dobrin, I. (2016.): The status of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Bucharest area. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 20 (4): 18-25.
7. 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): 299-307.
8. Giovannini, L., Sabbatini-Peverieri, G., Marianelli, L., Rodoni, G., Roversi, Conti, E., Roversi, P. F. (2022.): Physiological host range of *Trissolcus mitsukurii*, a candidate biological control agent of *Halyomorpha halys* in Europe. *Journal of Pest Science*, 95: 605-618.
9. Gorgadze, O., Kereselidze, M., Beruashvili, M., Bagaturia, N. (2020.): Fauna of Nematodes of Georgian Hazelnut Soils and its Entomopathogenic Forms. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 14 (2): 95-101.
10. Gouli, V., Gouli, S., Skinner, M., Hamilton, G., Kim, J. S., Parker, B. L. (2011.): Virulence of select entomopathogenic fungi to the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Pest Management Science*, 68 (2): 155-157.
11. Hajek, A. E., Solter, L. F., Maddox, J. V., Huang, W. F., Estep, A. S., Krawczyk, G., Weber, D. C., Hoelmer, K. A., Sanscrainte, N. D., Becnel, J. J. (2017.): *Nosema maddoxi* sp. nov. (Microsporidia, Nosematidae), a Widespread Pathogen of Greed Stink Bug *Chinavia hilaris* (Say) and the Brown Marmorated Stink Bug *Halyomorpha halys* (Stål). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 65 (3): 315-330.
12. Hedstrom, C., Lowenstein, D., Andrews, H., Bai, B., Wiman, N. (2017.): Pentatomid host suitability and the discovery of introduced populations of *Trissolcus japonicus* in Oregon. *Journal of Pest Science*, 90: 1169-1179.
13. Hou, Z., Liang, H., Chen, Q., Hu, Y., Tian, H. (2009.): Application of *Anastatus* sp. against *Halyomorpha halys*. *Forest Pest and Disease*, 4: 39-43.
14. Ihara, F., Yaginuma, K., Kobayashi, N., Mishihiro, K., Sato, T. (2001.): Screening of entomopathogenic fungi against the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Hemiptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36: 495-500.
15. Kamiyama, M. T., Matsuura, K., Yoshimura, T., Yang, C. C. S. (2021.): Predation of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* by the Japanese acrobat ants, *Crematogaster matsumurai* and *Crematogaster osakensis*. *Biological Control*, 157: 104570.

16. Keeling, P. (2009.): Five questions about Microsporidia. *PLoS Pathogens* 5 (9): e1000489.
17. Lara, J., Pickett, C., Ingels, C., Haviland, D., Grafton-Cardwell, E. E., Doll, D., Bethke, J. A., Faber, B., Dara, S. K., Hoddle, M. S. (2016.): Biological control program is being developed for brown marmorated stink bug. *California Agriculture*, 70 (1): 15-23.
18. Lee, D. H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., Leskey, T. C. (2013.): Review of Biology, Ecology, and Management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42 (4): 627-641.
19. 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.
20. Macavei, L. I., Băețan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., Maistrello, L. (2015.): First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a high potential of damage on agricultural crops in Romania. *Lucrări Științifice*, 58 (1): 105-108.
21. Marčić, D. (2021.): Biopesticides for insect and mite pest management in modern crop protection. U: Tanović, B., Nicot, P. C., Dolzhenko, V. & Marčić, D. (Eds.) *Understanding pests and their control agents as the basis for integrated plant protection*, Proceedings of the VIII Congress on Plant Protection (November 25-29, 2019, Zlatibor, Serbia). IOBC-WPRS, Plant Protection Society of Serbia and IOBC-EPRS, Darmstadt, Germany: 77-88.
22. Mikaia, N. (2018.): EPNs *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora* for Control of the Brown Marmorated Stink Bug (BMSB) *Halyomorpha halys* (Hemiptera, Pentatomidae). *Bulletin of the Georgian national academy of Sciences*, 12 (3): 89-94.
23. Ozdemir, I. O., Tuncer, C., Ozer, G. (2021.): Molecular characterisation and efficacy of entomopathogenic fungi against the Green shield bug *Palomena prasina* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) under laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 31: 1298-1313.
24. Parker, B. L., Skinner, M., Gouli, S., Gouli, V., Kim, J. S. (2015.): Virulence of BotaniGard to Second Instar Brown Marmorated Stink Bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Insects*, 6 (2): 319-324.
25. Permadi, M. A., Lubis, R. A., Muklis, Harahap, Q. H., Siregar, U. S. (2021.): Virulence of Entomopathogenic Fungi Isolates against Green Ladybug *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae) Eggs. *Journal of Physics: Conference Series* 1764 (1): 012146.

26. Preston, C. E., Angello, A. M., Vermeylen, F., Hajek, A. E. (2020.a): Impact of *Nosema madoxxi* on the survival, development, and female fecundity of *Halyomorpha halys*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 169: 107303.
27. Preston, C. E., Angello, A. M., Hajek, A. E. (2020.b): *Nosema madoxxi* (Microsporidia: Nosematidae) in brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), populations in the United States. *Biological Control*, 144: 104213.
28. Primorac, J. (2021.): Utjecaj ekološkog i integriranog suzbijanja nametnika u agroekosustavima sjeverne Dalmacije na bioraznolikost mrava (Insecta: Hymenoptera: Formicidae). Diplomski rad, Prirodoslovno – matematički fakultet, Zagreb: 1-105.
29. Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively, G., Fraser, H., Garipey, T., Hamilton, G., Haye, T., Herbert, A., Hoelmer, K., Hooks, C. R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T., Martinson, H., Mitchell, W., Nielsen, A. L., Pfeiffer, D. G., Raupp, M. J., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P., Shrewsbury, P., Vengugopal, P. D., Whalen, J., Wiman, N. G., Leskey, T. C., Tooker, J. F. (2014.): Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5 (3): 1-13.
30. Sabbatini Peverieri, G., Talamas, E., Bon, M. C., Marianelli, L., 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.
31. Sasaki, F., Miyamoto, T., Yamamoto, A., Tamai, Y., Yajima, T. (2012.): Relationship between intraspecific variations and host insects of *Ophiocordyceps nutans* collected in Japan. *Mycoscience*, 53 (2): 85-91.
32. Stahl, J. M., Babendreier, D., Haye, T. (2018.): Using the egg parasitoid *Anastatus bifasciatus* against the invasive brown marmorated stink bug in Europe: can not-target effects be ruled out?. *Journal of Pest Science*, 91: 1005-1017.
33. Stahl, J., Tortorici, F., Pontini, M., Bon, C. M., 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.
34. Šapina, I., Šerić Jelaska, L. (2018.): First report of invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) in Croatia. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 0 (0): 1-6.

35. Tozlu, E., Saruhan, I., Tozlu, G., Kotan, R., Dadaşođlu, F., Tekiner, N. (2019.): Potentials of some entomopathogens against the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 29: 76, 1-8.
36. Wermelinger, B., Wyniger, D., Forster, B. (2008.): First records of an invasive bug i Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees?. Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen gesellschaft bulletin de la société entomologique suisse, 81: 1-8.
37. Yang, Z. Q., Yao, Y. X., Qui, L. F., Li, Z. X. (2009.): A New Species of *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) Parasiting Eggs of *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in China with Comments on its Biology. Annals of the Entomological Society of America, 102 (1): 39-47.
38. Zapponi, L., Tortorici, F., Anfora, G., Bardella, S., Bariselli, M., Benvenuto, L., Bernardinelli, I., Butturini, A., Caruso, S., Colla, R., Costi, E., Culatti, P., Di Bella, E., Falagiarda, M., Giovannini, L., Haye, T., Maistrello, L., Malossini, G., Marazzi, C., Marianelli, L. (2021.): *Halyomorpha halys* in Europe with a Large-Scale Monitoring Program. Insects 12 (316): 1-13.

Adresa autora-Author's addresses:

Ivan Lović, mag. ing. agr.
e-mail: ivan.lovic@gmail.com
Doc. dr. sc. Ankica Sarajlić
e-mail: ankica.sarajlic@fazos.hr
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek,
Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska

Primljeno – received:

04.08.2022.