

ODZIV MARMORIRANE SMRDLJIVKE (*Halyomorpha halys* [Stål]), Hemiptera, Pentatomidae) NA IZBRANE KEMIČNE SNOVI

Žiga LAZNIK¹, Stanislav TRDAN²

^{1,2} Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

IZVLEČEK

Marmorirana smrdljivka je predstavnik družine ščitastih stenic. Gre za invazivno, tujerodno in polifagno vrsto, ki izvira iz Vzhodne Azije. Sredi 90-ih je bila vnesena v ZDA ter leta 2004 v Evropo. V Sloveniji smo stenico prvič našli leta 2017 v Šempetru pri Gorici. V slabih dveh letih se je razširila po celotni Sloveniji ter začela povzročati škodo v kmetijski pridelavi. V laboratorijskem poskusu smo preučevali vpliv izbranih kemičnih snovi (citronelal, heksanal, β -kariofilen, α -kariofilen (homulen), linalol, terpinolen, nonanal, dimetil sulfid, etanol, nerolidol, nonanal, ocimen) na gibanje marmorirane smrdljivke. Rezultati so pokazali, da snovi nerolidol, ocimen in terpinolen na gibanje marmorirane smrdljivke delujejo odvrčalno. Omenjene snovi imajo potencial v varstvu rastlin. V praksi bi se omenjene snovi lahko namestilo v bližino gojenih rastlin. Ker snovi delujejo kot repelenti bi s tem lahko vplivali na manjši delež poškodb na gojenih rastlinah. V prihodnje bo potrebno izvesti poskuse da lahko potrdimo naše hipoteze.

Gljučne besede: marmorirana smrdljivka, *Halyomorpha halys*, repelenti, nerolidol, ocimen, terpinolen

ABSTRACT

RESPONSE OF THE BROWN MARMORATED STINK BUG (*Halyomorpha halys* [Stål], Hemiptera, Pentatomidae) TO SELECTED CHEMICALS

The brown marmorated stink bug is a representative of the family Pentatomidae. It is an invasive, alien and polyphagous species native to East Asia. It was introduced to the United States in the mid-1990s and to Europe in 2004. In Slovenia, this stink bug was first found in 2017 in Šempeter pri Gorici. In less than two years, it spread throughout Slovenia and began to cause damage in agricultural production. In a laboratory experiment, we studied the influence of selected chemicals (citronellal, hexanal, β -caryophyllene, α -caryophyllene, linalool, terpinolene, nonanal, dimethyl sulfide, ethanol, nerolidol, nonanal, ocimene) on the movement of the marmorated stink bug. The results showed that the substances nerolidol, ocimene and terpinolene have a repellent effect on the movement of the marmorated stink bug. These substances have potential in plant protection. In practice, these substances could be placed near cultivated plants.

¹ doc. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-pošta: ziga.laznik@bf.uni-lj.si

² prof. dr., prav tam

Because the substances act as repellents, this could affect a lower proportion of damage to cultivated plants. In the future, experiments will need to be conducted so that we can confirm our hypotheses.

Key words: marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, repellent, nerolidol, ocimene, terpinolene

1 UVOD

Marmorirana smrdljivka (*Halyomorpha halys*) je predstavnik družine Pentatomidae. Gre za invazivno, tujerodno in polifagno vrsto, ki izvira iz Vzhodne Azije (Panizzi in sod., 2000; Lee in sod., 2013a). Vrsta je bila sredi 90-ih vnesena v ZDA (Hoebeke in Carter, 2003; Morrison in sod., 2017) ter leta 2004 v Evropo (Leskey in sod., 2012a; Rice in sod., 2014). Danes se pojavlja v večini evropskih držav. V novih okoljih se hitro prilagaja in uspešno razmnožuje, pri čemer razvije najmanj en popoln rod letno (Leskey in sod., 2012a). Z naraščanjem populacij postaja moteč dejavnik v urbanem okolju ter v zadnjem času eden najbolj nevarnih škodljivcev v kmetijski pridelavi (Inkley, 2012). V Sloveniji smo jo prvič odkrili leta 2017, in sicer v Šempetru pri Gorici. V slabih dveh letih se je razširila na območju celotne Slovenije ter začela povzročati škodo v kmetijski pridelavi (Rot in sod., 2018).

Vrsta je polifag. Prehranjuje se s prek 300 različnimi rastlinskimi vrstami iz številnih družin, med katerimi prevladujejo metuljnice in rožnice (Morrison in sod., 2017). Med sadnimi vrstami so njeni najpomembnejši gostitelji hruška, jabolana, breskev, leska, kaki in aktinidija (Leskey in sod., 2012a). Škodo povzroča tudi na viski trti, na plodovkah in stročnicah (paradižnik, paprika, jajčevce, kumare in fižol). V pridelavi poljščin so najbolj ogroženi posevki soje ter koruze. Prehranjuje se tudi na številnih okrasnih rastlinah in grmovnicah ter prosto rastočih drevesnih vrstah kot so: veliki jesen (*Fraxinus excelsior*), visoki pajesen (*Ailanthus altissima*), pavlovnija (*Paulownia tomentosa*), jerebika (*Sorbus aucuparia*), lovorikovec (*Prunus laurocerasus*), osleč (*Hibiscus spp.*), vrtnica (*Rosa*), navadna bodika (*Ilex aquifolium*) in številnih druge (Nielsen in Hamilton, 2009; Leskey in sod., 2012a; Morrison in sod., 2017).

Na področju omejevanja številčnosti marmorirane smrdljivke in preprečevanje škode v kmetijski pridelavi v tem trenutku nimamo na razpolago prav veliko ukrepov, kot tudi ne učinkovitih rešitev. Opravka imamo z izjemno »robustnim« škodljivcem, ki se ga ne da enostavno obvladovati s fitofarmaceutskimi sredstvi. V nasadih se škodljivce pojavlja od cvetenja do zorenja plodov gostiteljskih rastlin. Obdobje, v katerem povzroča škodo je izjemno dolgo. Kemično obvladovanje marmorirane smrdljivke vezano na pragove škodljivosti, zahteva veliko število škropljenj, kar negativno vpliva na agroekosistem, obremenjuje okolje in je v popolnem nasprotju z vzpostavljenim sistemom integriranega varstva. Dolgoročno gre pričakovati, da se bodo domorodni koristi organizmi sčasoma prilagodili na novega tujerodnega škodljivca ter ga začeli omejevati na dopustno raven. Izkušnje iz tujine kažejo, da je obvladovanje marmorirane smrdljivke izjemno zahteven proces, ki mora združevati številne ukrepe varstva rastlin (Morrison in sod., 2017). Temeljiti morajo na zanesljivih metodah spremljanja

populacije ŠO, predvidevanju nastanka škode ter pravočasni napovedi in izvedbi ukrepov.

V raziskavi smo preučevali vpliv izbranih kemičnih snovi (citronelal, heksanal, β -kariofilen, homulen, linalol, terpinolen, dekanal, oktanal, nonanal, dimetil sulfid) na gibanje marmorirane smrdljivke. Zanimalo nas ali izbrane kemične snovi, za katere je znano, da jih izločajo rastline, vplivajo na gibanje omenjenega škodljivca. Cilj raziskave je najti snov, ki marmorirano smrdljivko privablja (atraktant). Omenjena snov bi lahko v prihodnje služila v kombinaciji z lepljivimi ploščami kot način zatiranja škodljivca na okolju prijazen način. Drugi cilj naloge je najti snov, ki na gibanje marmorirane smrdljivke deluje odvrtačno (repellent). V praksi bi se tako snov lahko namestilo v bližino gojenih rastlin. Snov bi odvrtačala marmorirano smrdljivko in s tem bi prav tako vplivali na manjši delež poškodb na gojenih rastlinah.

2 MATERIALI IN METODE DELA

Poskus je potekal v Laboratoriju za fitomedicino, na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Za namen poskusa smo izdelali olfaktometer. Gre za pripravo, ki je sestavljena iz osrednje posode (center), povezovalnih cevi in stranskih posod. V centralni del smo dali en osebek marmorirane smrdljivke. V eno izmed stranskih posod smo dali izbrano kemično snov. V drugo stransko posodo smo dali vato, ki je namočena v vodo (kontrola). V časovnem intervalu 5, 15, 30, 45 in 60 min smo spremljali gibanje marmorirane smrdljivke. Če se je škodljivec nahajal v centru smo dogodek označili z 0. Če se je škodljivec nahajal v izbrani kemični snovi (stranska posoda) smo dogodek označili z 1. Če se je škodljivec nahajal v stranski posodi (kontrola) smo dogodek označili z -1. Vsako obravnavanje (testiranje gibanja marmorirane smrdljivke k izbrani snovi) smo ponovili 20x. Izračunali smo t.i. kemotaksični indeks po metodiki Laznik in Trdan (2018). Prvi del naloge je bil namenjen temu, da smo iz nabora desetih kemičnih snovi pridobili od 3 do 5 snovi, ki so pokazale privabilno/odvrtačno delovanje. Podatke smo analizirali z enosmerno analizo variance (ANOVA). Uporabili smo statistični program Statgraphics Plus for Windows 4.0, pri čemer so bile različne snovi primerjane s Tukeyevim preizkusom mnogoterih primerjav ($P=0,05$). Za vsako snov smo izračunali tudi t.i. kemotaksični indeks (z njim smo določili ali snov deluje na marmorirano smrdljivko kot atraktant, repellent oz. nima vpliva). Vrednosti KI so lahko od -1 do $+1$, pri čemer je pri vrednosti $+1$ snov popolni atraktant in pri -1 popolni repellent. Slovenski raziskovalci (Laznik in Trdan, 2013; Jagodič in sod., 2017) so določili intervale: med $-1,0$ do $-0,2$ - snov je repellent; med $-0,2$ in $-0,1$ - snov je šibek repellent; med $-0,1$ do $0,1$ - snov nima vpliva; med $0,1$ do $0,2$ - snov je šibek atraktant; med $0,2$ in $1,0$ - je snov atraktant.

3 REZULTATI

3.1 Generalna analiza

Rezultati statistične analize so pokazali, da so na gibanje marmorirane smrdljivke v poskusu vplivali različni dejavniki: preučevana snov, čas trajanja izpostavljenosti snovi in njune medsebojne interakcije.

Neodvisno od trajanja poskusa so snovi nerolidol (vrednost KI = $-0,35 \pm 0,04$), ocimen (vrednost KI = $-0,32 \pm 0,04$) in terpinolen (vrednost KI = $-0,28 \pm 0,04$) delovali kot močni repelenti (so odvrčali gibanje marmorirane smrdljivke). Druge preučevane snovi v poskus na gibanje marmorirane smrdljivke niso imele vpliva oz. so na gibanje delovala bodisi kot šibki repelenti. Feromonska kapsula je delovala kot atraktant (vrednost KI = $0,25 \pm 0,04$).

3.2 Analiza glede na čas trajanja poskusa

Po 5 minutah se je snov nerolidol izkazala kot močan repelent (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,09$), medtem ko ostale preučevane snovi niso imele vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke. Feromon se je izkazal kot atraktant (vrednost KI = $0,20 \pm 0,09$).

Po 15 minutah so se snovi nerolidol (vrednost KI = $-0,40 \pm 0,11$), terpinolen (vrednost KI = $-0,25 \pm 0,09$), ocimen (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,09$), heksanal (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,11$) in homulen (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,09$) izkazale kot repelenti. Feromon se je izkazal kot atraktant (vrednost KI = $0,25 \pm 0,09$), medtem ko ostale preučevane snovi v poskusu (β -kariofilen, citronelal, dimetil sulfid, etanol, linalol, nonanal in voda) niso imele vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke v poskusu.

Po 30 minutah so se snovi nerolidol (vrednost KI = $-0,50 \pm 0,11$), terpinolen (vrednost KI = $-0,35 \pm 0,10$), ocimen (vrednost KI = $-0,40 \pm 0,11$), heksanal (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,13$), etanol (vrednost KI = $-0,25 \pm 0,10$) in homulen (vrednost KI = $-0,25 \pm 0,09$) izkazale kot repelenti. Feromon se je izkazal kot atraktant (vrednost KI = $0,25 \pm 0,12$), medtem ko ostale preučevane snovi v poskusu (β -kariofilen, citronelal, dimetil sulfid, linalol, nonanal in voda) niso imele vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke v poskusu.

Po 45 minutah so se snovi nerolidol (vrednost KI = $-0,50 \pm 0,11$), terpinolen (vrednost KI = $-0,50 \pm 0,11$), ocimen (vrednost KI = $-0,60 \pm 0,11$), etanol (vrednost KI = $-0,30 \pm 0,11$), citronelal (vrednost KI = $-0,20 \pm 0,14$) in homulen (vrednost KI = $-0,25 \pm 0,10$) izkazale kot repelenti. Feromon se je izkazal kot atraktant (vrednost KI = $0,40 \pm 0,12$), medtem ko ostale preučevane snovi v poskusu (β -kariofilen, dimetil sulfid, heksanal, linalol, nonanal in voda) niso imele vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke v poskusu.

Po 60 minutah so se snovi nerolidol (vrednost KI = $-0,55 \pm 0,11$), terpinolen (vrednost KI = $-0,50 \pm 0,10$), ocimen (vrednost KI = $-0,65 \pm 0,11$), heksanal (vrednost KI = $-0,25 \pm 0,16$), etanol (vrednost KI = $-0,40 \pm 0,11$), citronelal (vrednost KI = $-0,30 \pm 0,14$) in homulen (vrednost KI = $-0,35 \pm 0,15$) izkazale kot repelenti. Feromon se je izkazal kot atraktant (vrednost KI = $0,40 \pm 0,12$), medtem ko ostale preučevane snovi v poskusu (β -kariofilen, dimetil sulfid, linalol, nonanal in voda) niso imele vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke v poskusu.

4 DISKUSIJA

Za spremljanje populacijske dinamike različnih vrst domorodnih stenic se v praksi navadno uporabljajo različne detekcijske metode, kot so uporaba metuljnice, otresanje

rastlin, feromonske vabe in UV oz. črne svetilke (svetilke, ki oddajajo vijolično in modro kratkovalovno sevanje) (Krupke in sod., 2001; Leskey in Hogmire, 2005; Kamminga in sod., 2009; Borges in sod., 2011). Za spremljanje populacijske dinamike marmorirane smrdljivke so se v praksi sprva uporabljale piramidalne pasti z uporabo agregacijskega feromona (metil [2E, 4E, 6Z]-dekatrienoata) stenice *Plautia stali* Scott (Nielsen in sod., 2011; Leskey in sod., 2012b; Joseph in sod., 2013). Raziskovalci so ugotovili, da omenjeni feromon deluje na marmorirano smrdljivko kot kairomon (Aldrich in sod., 2007; Khimian in sod., 2008). Nadaljnje raziskave so pokazale, da feromon (metil [2E, 4E, 6Z]-dekatrienoata) ne vpliva na gibanje marmorirane smrdljivke spomladi in zgodaj poleti in je zato uporaben le pri pozno poletnem in jesenskem lovljenju stenic (Leskey in sod., 2012b). Khimian in sod. (2014) so ugotovili, da dvokomponentno privabilo, ki ga sestavljata agregacijski feromon (murgantiol) ter sinergistično sredstvo metil-dekatrienoat (MDT) vplivata tako na ličinke kot tudi na odrasle osebe marmorirane smrdljivke skozi celotno rastno dobo. Njihovo raziskavo so potrdili tudi rezultati nekaterih sorodnih raziskav, ki so jih opravili drugi znanstveniki (Weber in sod., 2014; Leskey in sod., 2015; Morrison in sod., 2017; Rice in sod., 2018). Njihove raziskave so se predvsem ukvarjale z ugotavljanjem razmerij različnih vrst agregacijskih feromonov in njihovim učinkom na lovljenje populacij marmorirane smrdljivke. Poznavanje agregacijskih feromonov marmorirane smrdljivke predstavlja osnovo za strategijo »privabi in ubij / *angl. attract and kill*«, kjer s pomočjo feromonov privabimo na izbrano rastlinsko vrsto škodljivca in ga nato z uporabo drugih tehnik (kemično, biotično varstvo, mehansko z uporabo insekticidnih sesalcev) zatremo (Morrison in sod., 2016). Iz ZDA poročajo tudi o spremljanju populacijske dinamike z uporabo svetlobnih vab (bela, črna in modra dolgovalovna svetloba), vendar so potrdili uspešnost uporabe zgolj pri lovljenju odraslih osebkov (Nielsen in sod., 2013).

Rezultati so pokazali, da snovi nerolidol, ocimen in terpinolen na gibanje marmorirane smrdljivke delujejo odvrtačno. Omenjene snovi imajo potencial v varstvu rastlin. V praksi bi se omenjene snovi lahko namestilo v bližino gojenih rastlin. Ker snovi delujejo kot repelenti bi s tem lahko vplivali na manjši delež poškodb na gojenih rastlinah. V prihodnje bo potrebno izvesti poskuse na prostem, da lahko potrdimo naše hipoteze.

5 ZAHVALA

Prispevek je nastal v sklopu projekta CRP V4-2002, ki je financiran s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije (MKGP). V projektu poleg vodilnega partnerja (UL – Biotehniška fakulteta) sodelujejo tudi KGZS – KGZ Nova Gorica in Maribor, UM – Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Kmetijski inštitut Slovenije in UL – Fakulteta za strojništvo.

6 LITERATURA

Aldrich, J.R., Khimian, A., Camp, M.J. (2007). Methyl 2,4,6-decatrienoates attract stink bugs and tachinid parasitoids. *Journal of Chemical Ecology*, 33: 801–815. doi.org/10.1007/s10886-007-9270-9

- Borges, M., Moraes, M.C.B., Peixoto, M.F., Pires, C.S.S., Sujii, E.R., Laumann, R.A. (2011). Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. *Journal of Applied Entomology*, 135:68–80. doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01507.x
- Panizzi, A.R., McPherson, J.E., James, D.G., Javahery, M., McPherson, R.M. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). V: Schaefer C.W., Panizzi, A.R. (ur.) *Heteroptera of economic importance*. Boca Raton, CRC, 421–474.
- Hoebeke, E.R., Carter, E.M. (2003). *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): a polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of Entomological Society Washington*, 105: 225-237.
- Inkley, D.B. (2012). Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47: 125-130. doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.125
- Jagodič, A., Ipavec, N., Trdan, S., Laznik, Ž., 2017. Attraction behaviours: are synthetic volatiles, typically emitted by insect-damaged *Brassica nigra* roots, navigation signals for entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis*)? *BioControl* 62, 515-524.
- Joseph, S.V., Bergh, J.C., Wright, S.E., Leskey, T.C. (2013). Factors affecting captures of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in baited pyramid traps. *Journal of Entomological Science*, 48: 43–51. doi.org/10.18474/0749-8004-48.1.43
- Kamminga, K.L., Herbert, D.A., Kuhar, T.P., Brewster, C.C. (2009). Predicting black light trap catch and flight activity of *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) adults. *Environmental Entomology*, 38: 1716–1723. doi.org/10.1603/022.038.0625
- Khrimian, A., Shearer, P.W., Zhang, A., Hamilton, G.C., Aldrich, J.R. (2008). Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2,4,6-decatrienoate. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 56: 197–203. doi.org/10.1021/jf072087e
- Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D.C., Ho, H.Y., Aldrich, J.R., Vermillion, K.E., Siegler, M.A., Shirali, S., Guzman, F., Leskey, T.C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *Journal of Natural Products*, 77: 1708–1717. doi.org/10.1021/np5003753
- Krupke, C.H., Brunner, J.F., Doerr, M.D., Kahn, A.D. (2001). Field attraction of the stink bug *Euschistus conspersus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic pheromone-baited host plants. *Journal of Economic Entomology*, 94: 1500–1505. doi: 10.1603/0022-0493-94.6.1500
- Laznik Ž, Trdan S (2013) An investigation on the chemotactic responses of different entomopathogenic nematode strains to mechanically damaged maize root volatile compounds. *Exp Parasitol* 134:349-355.
- Lee, D.H., Short, B.D., Joseph, S.V., Bergh, J.C., Leskey, T.C. (2013a). Review of the Biology, Ecology, and Management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42: 627–641. doi: 10.1603/EN13006
- Leskey, T.C., Hamilton, G.C., Nielsen, A.L., Polk, D.F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, J.C., Herbert, D.A., Kuhar, T.P., Pfeiffer, D., Dively, G.P., Hooks, C.R.R., Raupp, M.J., Shrewsbury, P.M., Krawczyk, G., Shearer, P.W., Whalen, J., Koplinka-Loehr, C., Myers, E., Inkley, D., Hoelmer, K.A., Lee, D.-H., Wright, S.E. (2012a). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlook Pest Management*, 23: 218–226. doi: 10.1564/23oct07
- Leskey, T.C., Lee, D.-H., Short, B.D., Wright, S.E. (2012b). Impact of insecticides on the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae): analysis of insecticide lethality. *Journal of Economic Entomology*, 105: 1726–1735. doi.org/10.1603/EC12096
- Leskey, T.C., Hogmire, H.W. (2005). Monitoring stink bugs (Hemiptera : Pentatomidae) in mid-Atlantic apple and peach orchards. *Journal of Economic Entomology*, 98:143–153. doi.org/10.1093/jee/98.1.143
- Leskey, T.C., Khrimian, A., Weber, D.C., Aldrich, J.A., Short, B.D., Lee, D.-H., Morrison, W.R. (2015). Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol. *Journal of Chemical Ecology*, 41: 418-429. doi: 10.1007/s10886-015-0566-x

- Morrison, W.R., Lee, D.H., Short, B.D., Khirnian, A., Leskey, T.C. (2016). Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) in apple orchards. *Journal of Pest Science*, 89: 81–96. doi.org/10.1007/s10340-015-0679-6
- Morrison, W.R., Milonas, P., Kapantaidaki, D.E., Cesari, M., Di Bella, E., Guidetti, R., Haye, T., Maistrello, L., Moraglio, S.T., Piemontese, L., Pozzebon, A., Ruocco, G., Short, B.D., Tavella, L., Véték, G., Leskey, T.C. (2017). Attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) haplotypes in North America and Europe to baited traps. *Scientific Reports*, 7: 16941. doi:10.1038/s41598-017-17233-0
- Nielsen, A.L., Hamilton, G.C. (2009). Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102: 1133–1140. doi: 10.1603/029.102.0335
- Nielsen, A.L., Hamilton, G.C., Shearer, P.W. (2011). Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean. *Environmental Entomology*, 40: 231–238. doi.org/10.1603/EN10187
- Nielsen, A.L., Holmstrom, K., Hamilton, G.C., Cambridge, J., Ingerson-Mahar, J. (2013). Use of black light traps to monitor the abundance, spread, and flight behavior of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 106: 1495–1502. doi: 10.1603/ec12472
- Rice, K.B., Bergh, C.J., Bergmann, E.J., Biddinger, D.J., Dieckhoff, C., Dively, G.P., Fraser, H., Garipey, T.D., Hamilton, G.C., Haye, T., Herbert, D.A., Hoelmer, K.A., Hooks, C.R.R., Jones, A., Krawczyk, G., Kuhar, T.P., Martinson, H.M., Mitchell, W.S., Nielsen, A.L., Pfeiffer, D.G., Raupp, M.J., Rodriguez-Saona, C.R., Shearer, P.W., Shrewsbury, P.M., Venugopal, P.D., Whalen, J., Wiman, N.G., Leskey, T.C., Tooker, J.F. (2014). Biology, ecology and management of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). *Journal of Integrated Pest Management*, 5: A1–A13 doi.org/10.1603/IPM14002
- Rice, K.B., Bedoukian, R.H., Hamilton, G.C., Jentsch, P., Khirnian, A., MacLean, P., Morrison, W.R., Short, B.D., Shrewsbury, P., Weber, D.C., Wiman, N., Leskey, T.C. (2018). Enhanced response of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to its aggregation pheromone with ethyl decatrienoate. *Journal of Economic Entomology*, 111: 495–499. doi: 10.1093/jee/tox316.
- Rot, M., Devetak, M., Carlevaris, B., Žežlina, J., Žežlina, I. (2018). First record of brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys* [Stål, 1855]) (Hemiptera: Pentatomidae) in Slovenia. *Acta Entomologica Slovenica*, 26: 5–12.
- Weber, D.C., Leskey, T.C., Cabrera Walsh, G., Khirnian, 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. doi: 10.1603/ec13502.