



**MOŽNOST ŠIRJENJA IN BIOTIČNEGA ZATIRANJA
ZELENE SMRDLJIVKE (*NEZARA VIRIDULA* (L.),
HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) V SLOVENIJI**

Jernej POLAJNAR

Oddelek za entomologijo, Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111,
Ljubljana; e-mail: jernej.polajnar@nib.si

Izvleček - Prispevek predstavlja pregled bionomije rastlinojede ščitaste stenice zelene smrdljivke (*Nezara viridula* [L.]) in možnosti njenega biotičnega zatiranja v Sloveniji z vnosom naravnih sovražnikov. Zelena smrdljivka je izrazito polifagni rastlinojed, ki lahko s sesanjem na gojenih rastlinah povzroča gospodarsko škodo. V Sloveniji je zastopana na območju s sredozemskim podnebnim vplivom, glede na informacije o njenem širjenju v svetu, pa je mogoče upravičeno pričakovati, da se bo sčasoma razširila tudi v notranjost države. Za zatiranje zelene smrdljivke so v tujini največkrat uporabljene predvsem muhe goseničarke (Diptera: Tachinidae) in parazitoide ose (Hymenoptera: Scelionidae) iz Novega sveta. Praksa kaže, da je biotično zatiranje škodljivca z omenjenimi agensi v določenih primerih izvedljivo, vendar nobeden od njih ni specifičen za zeleno smrdljivko. Ob načrtnem vnašanju tujerodnih organizmov v naravo za biotično zatiranje zelene smrdljivke bi se torej, sodeč po izkušnjah iz tujine, utegnil poslabšati varstveni status sorodnih redkih vrst stenic v Sloveniji, zato bi bili v tem trenutku smiselni zgolj manj drastični posegi in temeljitejše raziskave stanja.

KLJUČNE BESEDE: zelena smrdljivka, bionomija, klasično biotično varstvo

Abstract – POSSIBILITIES OF SPREAD AND BIOLOGICAL CONTROL OF THE GREEN STINK BUG (*NEZARA VIRIDULA* (L.), HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) IN SLOVENIA

The bionomics of the herbivorous Pentatomid bug *Nezara viridula* (L.) and possibilities for biological control of its population in Slovenia by introducing natural enemies of the species are reviewed. *N. viridula* is a highly polyphagous herbivore and an economically important pest. In Slovenia, it is present in areas with mediterranean influence at this point, however, due to the expansion of the species' range

worldwide, it is reasonable to expect its spread to other parts of the country. For the purpose of population control, the parasitoid tachinid flies (Diptera: Tachinidae) and scelionid wasps (Hymenoptera: Scelionidae) from the New World have mainly been used in various countries. Those species are able to influence the population of *N. viridula* significantly in certain cases, however, none of the effective predators and parasitoids are species-specific. If non-indigenous control agents were to be deliberately introduced to the wild in Slovenia, this could lead to unwanted consequences for conservation status of related bug species. Therefore, less drastic actions and further research are recommendable for now.

KEY WORDS: *Nezara viridula*, bionomics, classical biological control

Uvod

Zelena smrdljivka (*Nezara viridula* [Linnaeus, 1758]) je rastlinojeda stenica iz poddružine ščitastih stenic Pentatominae. Vrsta je kozmopolitska, pojavlja se po vsem svetu v tropskih in subtropskih predelih med 45 stopinj severne in 45 stopinj južne zemljepisne širine (Todd 1989) in tudi recentno naseljuje nova območja. V tropskih in subtropskih okoljih se je vrsta sposobna razmnoževati skozi vse leto, v območjih z mrzlimi zimami pa mrzli del leta preživi v stanju dormance, skrita med rastlinskim opadom, pod lubjem, med kamni ali v človekovih bivališčih. V ugodnih razmerah se tako na leto zvrsti do šest rodov, v hladnejših območjih pa dva do štiri.

Vrsta je izrazito polifagna; gostiteljske rastline, s katerimi se lahko hrani, pripadajo več kot 30 družinam dvokaličnic, rastlinski sok pa sesa tudi na mnogih enokaličnicah (Todd 1989, Panizzi 1997). Najraje ima določene vrste stročnic v obdobju pojava semena, poganjkov in plodov. Kljub načelni polifagnosti pa je njena sposobnost razmnoževanja na različnih gostiteljskih vrstah različna. Pregled umrljivosti ličink in hitrosti razvoja škodljivca kaže, da so v splošnem gojene vrste ustrežnejši gostitelji, a je ustreznost posameznih divjih vrst gostiteljev vsaj primerljiva z gojenimi (Panizzi 1997). V praksi to pomeni, da populacije zelene smrdljivke najbolj uspevajo na območjih, kjer pridelujejo stročnice ali križnice in kjer je v okolici dovolj alternativnih gostiteljskih vrst.

V različnih okoljih je izbira gostiteljev različna, tako med predstavniki istega rodu kot med različnimi rodovi. Dobro znan je primer zaporedja naseljevanja divjih in gojenih vrst rastlin na kmetijskih območjih države Paraná v Braziliji (Panizzi 1997). Tam se poleti stenice zadržujejo na soji in v manjšem številu na fižolu, kjer se pojavljajo od dva do trije rodovi. Jeseni se stenice preselijo na divje gostitelje – vrsto *Acanthospermum hispidum* D.C. (Asteraceae) in navadni kloščevec (*Ricinus communis* L.; Euphorbiaceae), na katerih se zgolj prehranjujejo, in divje stročnice, na katerih se tudi razmnožujejo ter zaključijo četrti rod. Pozno jeseni in v začetku zime se peti rod odvijne na njivski redkvi (*Raphanus raphanistrum* L.) in različnih vrstah repe (*Brassica* spp.; obe Brassicaceae). Pozimi se lahko prehranjuje na ozim-

ni pšenici (*Triticum aestivum* L.; Poaceae), a se v tem letnem času njeno razmnoževanje ustavi, posamezni osebki pa živijo bistveno dlje kot poleti. Spomladi se šesti rod konča na tujerodni sibirski srčnici (*Leonurus sibiricus* L.; Lamiaceae), s katere naposled ponovno preide na sojo. V drugih delih sveta je lahko zaporedje popolnoma drugačno; tako se na primer zelene smrdljivke na drugih območjih sveta brez težav razmnožujejo na navadnem kloščevcu (Panizzi & Meneguim 1989). Podoben pomen kot sirska srčnica v Braziliji ima v Avstraliji tujerodna oljkovka *Ligustrum lucidum* Ait.f. (Coombs 2004).

Vitalnost populacije največkrat preučujejo v povezavi s poškodbami in posledično škodo na gojenih rastlinah. V nasadih oreškov iz rodu *Macadamia* je tako škoda na plodovih največja takoj po obdobju, ko se pojavijo plodovi tudi na divjih gostiteljih, ki rastejo v bližini; poleg tega obstaja pozitivna povezava med raznolikostjo divjih gostiteljev v okolici nasada in škodo na pridelku (Jones s sod. 2001). V okoljih, kjer se je vrsta naselila šele pred kratkim, je mogoče opaziti, da se populacija še ni prilagodila na lokalne vire hrane. Tako na primer v Avstraliji samice ne razlikujejo med gostiteljskimi vrstami pri odlaganju jajčec, imajo pa različne vrste gostiteljev pomembno različen vpliv na preživetje ličink; tako lahko na soji dočaka stadij odraslih osebkov prek 70 % stenic v populaciji, na lucerni (*Medicago sativa* L.; Fabaceae) in sončnicah (*Helianthus annuus* L.; Asteraceae) pa samo okrog 5 % (Velasco & Walter 1992). Obstaja razlika v vitalnosti med ličinkami in odraslimi stenici na določenih gostiteljskih vrstah, verjetno zaradi različno razvitih mehanizmov presnove obrambnih spojin.

Iz opisanega je možno sklepati, da je populacija najuspešnejša tam, kjer ima skozi vse leto na voljo raznolike gostitelje, dinamika dostopnosti virov hrane pa lahko bistveno vpliva na populacijsko dinamiko zelene smrdljivke.

Širjenje

Izvor vrste še ni zadovoljivo pojasnjen, Hokkanen (1986) pa na podlagi raznolikosti barvnih form in pestrosti zajedavcev sklepa, da najverjetneje izvira iz Etiopije v vzhodni Afriki. Od tam se je razširila na območja, kjer je zastopana danes, kar sta olajšala dobra sposobnost letenja in obseg prometnih povezav po vsem svetu.

Prvi podatek o pojavljanju zelene smrdljivke na zahodni polobli je star dobrih 200 let. Od takrat se je vrsta razširila po celotnem tropskem in subtropskem območju Amerik, od koder še dandanes naseljuje nova območja, največkrat v povezavi s spremembami kmetijske prakse, ki ji dajo nove možnosti za prehranjevanje, in podnebni spremembami. Leta 1968 so jo tako prvič opazili v kmetijskem območju doline Sacramento v Kaliforniji (Hoffman s sod. 1987), v sedemdesetih letih 20. stoletja pa v Illinoisu, ki leži na severu osrednjega dela Združenih držav (McPherson in Cuda 1974).

Tudi v zadnjih desetletjih je na severni polobli opazno širjenje zelene smrdljivke proti severu. V srednji Evropi so prvi znani podatki o tem škodljivcu iz petdesetih let prejšnjega stoletja – v Belgiji so vrsto prvič opazili leta 1950, na Finskem 1956, v Avstriji 1962 in v Nemčiji 1979. V Veliki Britaniji se je vrsta pojavila leta 2003, dve-

leti pozneje pa tudi v goratih predelih severne Švice (Rabitsch 2008). Podobno je na Japonskem, kjer se areal vrste od 60-ih let počasi širi proti severu (Yukawa 2007) in se je v 45 letih severna meja razširjenosti premaknila za 85 km (Tougou s sod. 2009). Prvi zapis o vrsti z japonskega otočja je sicer s konca 19. stoletja, a po tistem zelena smrdljivka ni bila zabeležena vse do sredine 20. stoletja (Jones 1988).

Na Havajih so vrsto prvič odkrili oktobra 1961 na otoku Oahu. V manj kot dveh letih je bila zastopana na vseh večjih otokih, čemur je poleg ugodnega podnebja in odsotnosti naravnih sovražnikov verjetno pripomoglo tudi dejstvo, da so v nižinskih delih Havajev skozi vse leto pogoste rastlinske vrste, s katerimi se prehranjuje (Davis 1964).

V Sloveniji je zelena smrdljivka pogosta v predelu od obale do kraškega roba in v Vipavski dolini (Gogala in Gogala 1989, Gogala 2008). Glede na splošno večanje območja razširjenosti je mogoče predvideti, da se bo v prihodnjih desetletjih številčneje pojavila tudi v primernih habitatih v notranjosti države. Razširila bi se lahko bodisi iz obalnih predelov, bodisi prek severovzhoda iz južne Madžarske, kjer je zastopana zadnje desetletje (Rédei in Torma 2003).

Pomen podnebnih sprememb

Hitrost razvoja in uspešnost razmnoževanja sta neposredno odvisna od temperature okolja. Zimska smrtnost je glavni omejujoč dejavnik širjenja populacij zelene smrdljivke v zmernem pasu; za Japonsko je znan podatek, da vrsta ne more preživeti severneje od izoterme 5°C povprečja najhladnejšega meseca v letu (januarja) (Kiritani s sod. 1963). Smrtnost med prezimovanjem znaša pri tej temperaturi med 50 in 90 %, pri znižanju povprečne mesečne temperature za 1°C pa se smrtnost poveča za povprečno 15 % (Kiritani s sod. 1966).

Upoštevajoč temperaturo zraka prek celega leta je vpliv segrevanja ozračja na razvoj stenice kompleksnejši. V splošnem povišanje temperature pozitivno vpliva na hitrost razvoja ličink, razmnoževanje in uspeh prezimovanja v simuliranih naravnih razmerah, negativno pa vpliva na razvoj pozno poleti, ko je temperatura okolja tudi sicer najvišja (Musolin s sod. 2010).

Na Japonskem je opisan tudi pojav, da populacija zelene smrdljivke še ni prilagojena na lokalne podnebne razmere in menjavo letnih časov. Ličinke, ki so se izlegle konec septembra, so pozimi v celoti poginile, pozneje v letu izlegla jajčeca pa so prezimila in so se iz njih spomladi uspešno razvile ličinke (Musolin in Numata 2003).

Gospodarski pomen

Zelena smrdljivka je s svojo preferenco za poganjke in razvijajoče se plodove stročnic in drugih rastlin, ki jih človek goji za prehrano, globalno pomemben škodljivec v kmetijstvu (Panizzi 1997, Panizzi s sod. 2000). Največ škode povzroča na gojenih stročnicah, kot sta soja in fižol, ter križnicah. V Braziliji, ki je drugi največji svetovni izvoznik soje, vrsto na primer uvrščajo med najpomembnejše škodljivce na soji (Hoffmann-Campo s sod. 2004), v Avstraliji pa jo smatrajo za najpomemb-

nejšega škodljivca pri sonaravni pridelavi soje (Knight in Gurr 2007). Po napadu zelene smrdljivke lahko pridelek popolnoma propade ali pa ima zaradi vidnih poškodb vsaj nižjo tržno vrednost.

Na sojinih semenih se po prehranjevanju ličink in odraslih osebkov zelene smrdljivke pojavijo drobne temne pike in blede lise, ki so posledica odstranitve celične vsebine. Ščasoma potemni širše območje in notranja membrana semenske ovojnice se zraste s kličnimi listi (Daugherty s sod. 1964). Neposredna škoda na semenih in poganjkih je pri isti stopnji napadenosti sicer manjša kot pri sorodni vrsti *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837), a se zelena smrdljivka kljub temu smatra za pomembnejšega škodljivca zaradi njene večje številčnosti (Corrêa-Ferreira & Azevedo 2002).

Na Havajih je zelena smrdljivka najpomembnejši škodljivec v nasadih oreškov iz rodu *Macadamia* (Jones in Caprio 1992), v Avstraliji pa na nasadih soje in drugih stročnic, paradižnika ter graha na vzhodnem in severnem delu celine (Clarke 1992, Knight in Gurr 2007). Na paradižniku raje napada nezrele plodove; zaradi poškodb je znatno zmanjšana kakovost in s tem tržna vrednost pridelka (Lye s sod. 1988). Ob prehranjevanju na gojenih rastlinah lahko zelena smrdljivka tudi prenaša rastlinske patogene (npr. spore gliv), ki z njeno pomočjo preidejo skozi rastlinsko povrhnjico in okužijo tkivo (Panizzi s sod. 2000).

Za nadzorovanje populacij zelene smrdljivke v agroekosistemih se še vedno večinoma uporabljajo kemični insekticidi širokega spektra delovanja, zlasti pripravki na podlagi kloriranih ogljikovodikov in organskih fosforjevih estrov. V skladu z usmeritvami o sonaravni pridelavi hrane, ki v svetu vztrajno pridobivajo na veljavi, potekajo prizadevanja za razvoj alternativnih metod nadzora populacij škodljivcev z namenom zmanjšanja škode, ki jo povzročajo insekticidi okolju in zdravju ljudi. Ena od preprostejših možnosti je uporaba manj toksičnih naravnih insekticidov; takšna sta na primer kalijevo milo in rafinirano olje ogrščice, ki se smatrata za okolju prijazna naravna insekticida in sta v določenih okoliščinah podobno učinkovita kot sintetični organofosfatni insekticid malation za zatiranje sorodnih kapusovih stenic (*Eurydema* spp.; Heteroptera: Pentatomidae) (Trdan s sod. 2006). Dodatna možnost je mešanje insekticida in natrijevega klorida, ki poveča učinkovitost insekticida, saj natrijev klorid povzroči vedenjsko spremembo - podaljšanje časa otipavanja hrane, kar pomeni daljše obdobje stika z insekticidom (Niva in Panizzi 1996).

Za učinkovito dopolnilno taktiko se je v tujini izkazalo sajenje t.i. »privabilnih posevkov«^{gostiteljev} (*trap crops*) v bližini njiv s sojo. Zelene smrdljivke preferirajo semena v zgodnji fazi razvoja in množično preletavajo ter se prehranjujejo in razmnožujejo na rastlinah, ki so oblikovale stroke. Kmetovalci zato posadijo na majhnem delu svojih njiv kultivar soje, ki dozori prej. Populacija škodljivca se tedaj skoncentrira na tem območju, kjer jih je posledično možno zatreti z insekticidi ali z naravnimi sovražniki (Panizzi s sod. 2000). Kljub načelni neselektivnosti zelenih smrdljivk za gostiteljske rastline je soja v fazi zorenja semen zanje tako privlačna, da Bundy in McPherson (2000) predlagata to vrsto kot privabilno rastlino tudi v bližini njiv z bombažem. V Sloveniji se zaradi majhnega gospodarskega pomena škodljivca še ni pokazala potreba za uporabo specifičnih metod zatiranja zelene smrdljivke,

bodisi konvencionalnega z insekticidi, bodisi biotičnega. Slednje obsega različne pristope k preprečevanju škode zaradi napada škodljivcev in raziskave v omejenem obsegu na poskusnih nasadih kažejo, da so tudi v slovenskem prostoru izvedljivi okolju prijaznejši pristopi do omejevanja škode, ki jo povzročajo posamezne vrste škodljivcev (Milevoj 1998, Trdan in Milevoj 2009). Omeniti velja poskus s privabilnimi posevki za kapusove stenice, ki je pokazal, da so različne vrste rastlin v privabilnih nasadih, predvsem krmna ogrščica (*Brassica napus* L.), dovzetne za napad stenic kljub prisotnosti glavnega posevka, zelja (*Brassica oleracea* L.), v bližini (Bohinc in Trdan 2010).

Vloga plenilcev in parazitoidov

Podatkov o plenilcih zelene smrdljivke v naravi je malo in se večinoma nanašajo na agroekosisteme. V splošnem plenilci napadajo jajčeca in odrasle žuželke, ličinke pa zaradi agregacije, svarilne obarvanosti in učinkovite kemične obrambe manj. Znani plenilci so nespecifični (Panizzi s sod. 2000). Med poskusom na kmetijskem območju severne Kalifornije je znašala stopnja plenjenja jajčec 10 % ali manj, odvisno od rastlinske vrste, kjer so samice odložile jajčeca (Ehler 2002).

V Novem svetu je najpomembnejši plenilec zelene smrdljivke invazivna mravlja *Solenopsis invicta* Buren, 1972 (Hymenoptera: Formicidae). Gre za generalistično vrsto, ki napada praktično vse členonožce in je najštevilčnejši plenilec v mnogih agroekosistemi, v katerih se pojavlja. Ker vrsta *S. invicta* drastično zmanjša tudi populacije drugih plenilcev, je pogosto edini pomembnejši plenilec zelene smrdljivke v teh okoljih. Raziskava na jugu ZDA (Alabama) je pokazala značilno korelacijo ($r=0.44$) med gostotama populacij obeh vrst v nasadih soje (Eubanks 2001). Tudi starejša študija na območju pridelave soje v Louisiani, v kateri je bilo možno 33,6 % smrtnosti pripisati plenilcem, je izpostavila mravljo *S. invicta* kot najpomembnejšega plenilca (Stam s sod. 1987). Ostale navedbe o plenilcih v obstoječi literaturi so anekdotične.

Za zeleno smrdljivko je znanih okrog 60 vrst parazitoidov iz dveh družin dvokrilcev (Diptera) in petih družin kožekrilcev (Hymenoptera). Različne vrste zajedajo vse stadije stenice – jajčeca, ličinke in odrasle osebkke, vendar jih le malo uspešno zajeda ličinke (Jones 1988). Mnoge od teh interakcij so naključne in zaradi redkosti ne predstavljajo bistvenega vpliva na populacijo. Po zbranih podatkih so vrste, navedene v nadaljevanju, specializirane izključno ali delno za zajedanje zelene smrdljivke in imajo v območjih njihove razširjenosti pomemben vpliv na populacijo škodljivca (Jones 1988):

Diptera: Tachinidae

Trichopoda pennipes (Fabricius, 1781); S. Amerika, Havaji

Trichopoda pilipes (Fabricius, 1805); Karibi, Havaji

Trichopoda giacomelli Blanchard, 1966; Argentina

Trichopoda gustavoi Mallea, Macola & Garcia, 1977; Argentina

Eutrichopodopsis nitens Blanchard, 1966; Brazilija, Kolumbija, Argentina

Ectophasiopsis arcuata Bigot, 1876; Čile

Hymenoptera: Scelionidae

Telenomus seychellensis Kieffer, 1910; Vzhodna Afrika*Telenomus cristatus* Johnson, 1984; Južni del ZDA, Karibi*Trissolcus basalis* (Wollaston, 1858); Ameriki, Sredozemlje, Bližnji vzhod*Trissolcus lepellei* (Nixon, 1967); Osrednja Afrika*Trissolcus maro* (Nixon, 1935); Južna Afrika*Trissolcus mitsukurii* (Ashmead, 1904); Japonska

Kompleksi parazitooidov, ki so ozko specializirani za zajedanje zelene smrdljivke in nekaterih njenih sorodnih vrst, so skoncentrirani v Afriki in na Japonskem; slednji v kombinaciji z morfološko raznolikostjo po mnenju starejših avtorjev celo nakažujejo na vzhodnoazijski izvor vrste (Yukawa in Kiritani 1965), a je ta teorija danes opuščena. Za območje med Sredozemljem in vzhodno Azijo je podatkov o parazitooidih izjemno malo, zato vzorci medvrstnih interakcij niso opazni (Jones 1988).

Do zanimivega primera sekundarne prilagoditve na tujerodnega gostitelja je prišlo v Novem svetu, kjer se je zelena smrdljivka razširila pred 150 - 200 leti. Avtohtoni kompleks muh goseničark iz rodu *Trichopoda* je začel uspešno zajedati prišleka in je še danes pomemben dejavnik biotičnega varstva (Jones 1988). Muhe goseničarke so znani parazitoidi stenice iz več družin. Razmnožujejo se tako, da prilepijo jajčeca na površje ličinke ali odrasle stenice; ko se ličinka muhe izleže, se pregrize skozi zunanji skelet stenice in se začne prehranjevati s tkivi v notranjosti. V tem stadiju lahko prezimi hkrati z gostiteljem. Spomladi se pregrize na površje in pade na tla, kjer se zabubi, gostitelj pa kmalu po tistem pogine.

Globalno pomemben parazitooid je tudi osica *Trissolcus basalis* Wollaston (Hymenoptera: Scelionidae), ki za razliko od muh goseničark napada jajčeca. Samice močno privlačijo ogljikovodiki, specifični za zunanji skelet samic zelene smrdljivke, ki ob stiku sprožijo iskanje (Colazza s sod. 2007). Ko osica najde jajčeca, izleže po eno jajčece v vsako jajčece zelene smrdljivke. Kmalu se izležejo ličinke, ki se pričnejo prehranjevati z zarodkom in jajčeca zaradi tega poginejo. Iz jajčec prilezejo že odrasle osice, ki se začnejo kmalu razmnoževati, celoten življenjski krog traja okrog 23 dni pri 22°C. Vrsta *T. basalis* je izjemno uspešen parazitooid, saj ima kratek življenjski krog in visok delež samic v primerjavi s samci v populaciji - tudi do 5:1 (Weeden s sod.). Samice v njihovem življenju v laboratorijskih razmerah izležejo 200 - 230 ličink in lahko napadejo vsa jajčeca v jajčni masi zelene smrdljivke. V Amerikah, Sredozemlju, Bližnjem vzhodu in Pakistanu je dominantni parazitooid na jajčecih zelene smrdljivke, ki je zanjo najustreznejši gostitelj, zajeda pa tudi nekatere sorodne vrste ščitastih stenice (Jones 1988). Vrsta je bila vnesena tudi na Havaje, v Avstralijo, na Novo Zelandijo in druge pacifiške otoke v okviru programov klasičnega biotičnega zatiranja škodljivcev. Podatki iz agroekosistemov kažejo, da ima osica bistven vpliv na gostoto populacije zelene smrdljivke, vendar je njen gospodarski pomen odvisen od načina kmetovanja ter drugih dejavnikov v določenem delu sveta (Knight in Corr 2007).

Skoraj nič ni znanega o vlogi entomopatogenih ogorčic (Nematoda), predvsem vrst iz družin Steinernematidae in Heterorhabditidae, ki bi utegnile predstavljati

alternativni agens za biotično zatiranje zelene smrdljivke. Preliminarni poskus na zeleni smrdljivki v laboratorijskem okolju je potrdil infektivnost treh vrst iz rodu *Steinernema* (Pervez s sod. 2008); dve vrsti iz tega rodu in vrsto *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 pa so v Sloveniji uspešno preskusili na sorodni pisani stenici (*Eurydema ventralis* Kolenati, 1846; Heteroptera: Pentatomidae) (Zupančič, 2008). Zaenkrat velja, da je potencial entomopatogenih ogorčic za zatiranje škodljivcev na nadzemnih delih rastlin majhen, saj so kot talni organizmi občutljivi na izsušitev in UV sevanje (Lewis 2002). Po mnenju nekaterih avtorjev pa je zatiranje kljub temu lahko uspešno, če škropimo zvečer ali v oblačnem vremenu, ko je jakost UV sevanja nižja. V tem primeru entomopatogene ogorčice preživijo dovolj časa za okužbo škodljivca (Laznik in Trdan, 2008).

Potencial zatiranja z roparskimi stenicami

Zelena smrdljivka je lahko plen več vrst roparskih stenic, vendar nobena od teh ni specializirana za njeno plenjenje. Neposrednih podatkov je malo, kot potencialni agens za biotično zatiranje zelene smrdljivke pa največkrat navajajo vrsto *Podisus maculiventris* (Say, 1832) (Heteroptera: Pentatomidae). Ta spada v poddružino Asopinae, ki združuje plenilske ščitaste stenice.

Razširjena je v Severni Ameriki, od Mehike do Kanade, in na Bahamih ter v Karibih. Zabeleženih je bilo več kot 90 vrst žuželk iz 8 redov, ki jih ta stenica pleni. Vrsta kaže preferenco za gosenice metuljev, prehrano pa predvsem ob pomanjkanju plena dopolnjuje z rastlinskimi sokovi (De Clercq 2000). V laboratorijskih razmerah stenica uspešno pleni zeleno smrdljivko. Sposobna je preživeti zgolj od zelene smrdljivke, ki jih lovijo tako ličinke v zadnjem stadiju kot odrasli osebk, vendar pa ta plen ni optimalen zanje in se razvijajo počasneje kot denimo ob prehranjevanju z gosenicami nočnega metulja *Spodoptera littoralis* Boisduval, 1833, ki je v naravi njen pogostejši plen (De Clercq s sod. 2002).

Kljub temu obstaja več študij, ki kažejo na uporabnost stenice *P. maculiventris* za biotično zatiranje škodljivcev v Severni Ameriki, komercialno dostopna in uporabljena za zatiranje tujerodnih škodljivcev, kot je koloradski hrošč (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824; Coleoptera: Chrysomelidae) pa je tudi v rastlinjakih v Evropi, vključno z evropskim delom Rusije (De Clercq 2000).

V zvezi s polifagnostjo vrste pa nekateri avtorji menijo, da je njena sposobnost za zatiranje populacij različnih škodljivcev vprašljiva (Evans 1982). Poleg tega bi utegnili imeti ta vrsta negativen vpliv na neciljne organizme, tako na druge plenilce in zajedavce v konkretnih agroekosistemih, kot tudi na različne vrste žuželk v okoliških habitatih. Soroden primer, iz katerega je možno sklepati na možne posledice vnosa generalističnega plenilca (posebej v luči dejstva, da gre za tujerodno vrsto za evropsko okolje), je azijska vrsta polonice *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 (Coleoptera: Coccinellidae). Vrsto so vnesli v Severno Ameriko z namenom biotičnega zatiranja invazivnih vrst listnih uš (Aphidina) v začetku 20. stoletja in se je od takrat razširila po celotnem kontinentu, vnesena pa je bila tudi že v Evropo (Koch 2003). V zadnjih 15 letih so se začeli pojavljati dokazi, da izriva avtohtone vrste polonic, tako s

tekmovanjem za vire hrane, kot tudi z neposrednim plenjenjem, saj je izjemno učinkovit plenilec. Poleg tega je vrsta nevšečna, saj se jeseni združuje v skupine, ki v iskanju prezimovališča silijo v človekova bivališča ali na plodove v sadovnjakih in vinogradih (Koch 2003). Kljub tveganju, ki ga predstavljajo njena polifagnost, hitro razmnoževanje in odpornost na neugodne podnebne razmere, ter deklarativnim standardom pri oceni tega tveganja, je bila še v devetdesetih letih prejšnjega stoletja vnesena v srednjo Evropo. Tu se je uspešno ustalila v naravnem okolju, od koder danes hitro naseljuje nova območja, vedno več pa je tudi podatkov o njenem negativnem vplivu na avtohtono favno (Brown s sod. 2008). Vedno pogosteje jo v rastlinjakih uporabljajo skupaj s stenico *P. maculiventris* in ker sta obe vrsti generalistična plenilca, prihaja tudi do medsebojnega plenjenja. V interakcijah živali primerljivih razvojnih stadijev v nadzorovanem okolju navadno prevlada stenica, ki je sposobna preživeti samo od polonic, te pa predstavljajo za stenico *P. maculiventris* manj optimalen vir hrane in je ob zastopanosti ustrežnejšega plena antagonističnih interakcij bistveno manj (De Clercq 2003). Kljub temu se utegne izkazati, da plenjenje znotraj ceha zmanjšuje njuno biotično učinkovitost v okoljih, kjer sta vneseni obe vrsti.

V evropskem okolju bi bilo zato ustrežnejše zatiranje zelene smrdljivke z roparsko stenico rjavo trnovko (*Picromerus bidens* [L., 1758]), ki je izvorno razširjena v zahodni Palearktiki in se lahko prehranjuje z različnimi vrstami plena, preferira pa listojede ličinke metuljev in hroščev (De Clercq 2000). Vendar pa je gostota populacije rjave trnovke razmeroma nizka, njeno razmnoževanje pa je počasno, saj se razvije samo en rod na leto. Poleg tega se zadržuje v hladnejših in bolj vlažnih okoljih, na primer v gozdovih in na robovih gozdov, in le redko zaide v sadovnjake ter vrtove (Larochelle in Larivière 1989). Zato bi verjetno imela pomembnejši vpliv v agroekosistemih, v kakršnih se prehranjuje zelena smrdljivka (predvsem rastlinjakih), le ob načrtnem namnoževanju in izpuščanju. Vrsto je namreč mogoče namnoževati v laboratorijskih razmerah (Javahery 1986).

Potencial zatiranja s parazitoidi

Muhe goseničarke (Diptera: Tachinidae)

Po introdukciji zelene smrdljivke v ZDA na začetku 18. stoletja so začele muhe goseničarke iz rodu *Trichopoda*, ki so za to območje avtohtone, uspešno zajedati tudi to vrsto. Pozneje se je – naključno ali namerno – razširila tudi v Evropi. Vrsta *Trichopoda pennipes* Fabricius je bila leta 2003 prvič opažena tudi v slovenskem Primorju. Na to območje se je verjetno razširila iz Italije, kamor je po naključju prišla iz Amerik (De Groot s sod. 2007). Ocenjeno je bilo, da imajo muhe goseničarke dober potencial za zatiranje zelene smrdljivke, zato so bile različne vrste vnesene v okviru programov klasičnega biotičnega varstva v različna okolja, npr. v Avstralijo in na Havaje. Vendar skrb pred morebitnimi negativnimi vplivi na neciljne organizme ostaja, saj kot parazitoid vrsta ni popolnoma specifična.

Izjema v preučeniosti so Havaji, kjer je bilo v zadnjem stoletju namerno ali nenaumno vnesenih več kot 700 vrst plenilcev, zajedavcev ali rastlinojedov za zatiranje

škodljivcev in plevelov, od tega se jih je približno tretjina ustalila in se razmnožuje v divjini (Follett s sod. 2000). V tej ameriški zvezni državi je vlada v preteklosti izpeljala več programov za biotično zatiranje škodljivcev, zaradi omejenega in izoliranega območja otokov ter visoke stopnje endemičnosti lokalne favne pa je o njihovem vplivu enostavneje presojati. Zeleno smrdljivko so na otokih prvič opazili leta 1961, po seriji neuspešnih poskusov zatiranja z insekticidi so do leta 1963 uvozili tri vrste parazitoidov za biotično zatiranje, od tega dve vrsti muh goseničark, *Trichopoda pennipes* in *T. pilipes* Fabricius, od katerih se je ustalila le slednja (Johnson s sod. 2005). Njen vpliv na ekosistem kot celoto še ni bil celovito obravnavan, na ravni medvrstnih interakcij pa kaže, da je vpliv na smrtnost neciljne avtohtone stenice *Coleotichus blackburniae* White, 1881 (Hemiptera: Scutelleridae) razmeroma majhen, čeprav so drastičen upad populacije te stenice v letih, ko se je muha ustalila, pripisali ravno introdukciji te vrste (Howarth 1991, Follett s sod. 1999). V splošnem je bila stopnja zajedanja v času triletno raziskave skoraj nična. Težavo utegne predstavljati le nesorazmerno povečanje stopnje zajedanja na krajih, kjer je gostota stenic večja, kar je verjetno posledica dejstva, da muho privabljajo njihovi agregacijski feromoni (Johnson s sod. 2005). Opazen upad populacije neciljne vrste *C. blackburniae* pripisujejo avtorji siceršnji izgubi habitatov na otokih, ki so prav tako v drugi polovici 20. stoletja doživeli intenzivno urbanizacijo in intenzifikacijo kmetijstva.

Tudi v Avstraliji so poskušali z biotičnim zatiranjem zelene smrdljivke z več vrstami muh goseničark, med njimi *Bogusia antinorii* Rondani, 1873, *Trichopoda pilipes* in *Trichopoda pennipes* (Waterhouse & Sands 2001), vendar se nobena od vrst ni uspela ustaliti. Zato so leta 1996 vnesli še vrsto *Trichopoda giacomelli* Blanchard in med vzorčenji v nadaljnjih letih so redno našli napadene osebkne zelene smrdljivke; zato menijo, da se je zajedavec na tem območju ustalil. Triletno vzorčenje sorodnih avtohtonih vrst stenic *Glaucias amyoti* (Dallas, 1851) in *Alciphron glaucus* (Fabricius, 1775), pri katerih so laboratorijski poskusi pokazali, da se zajedavec na njih lahko razmnožuje, ni pokazalo zmanjšanja velikosti populacije (Coombs 2003). Zaenkrat prav tako niso opazili izmerljivih vplivov na populacijo zelene smrdljivke, kljub temu da znaša stopnja parazitiranosti ujetih osebkov med vzorčenjem tudi do 50 % (Coombs in Sands 2000).

Vrsta *T. giacomellii* ima lahko sicer v okoljih, kjer je avtohtona, bistven vpliv na populacijo zelene smrdljivke. Vzorec medvrstnih interakcij kaže, da je stopnja zajedanja gostotno odvisna, pri čemer se spreminja s časovnim zamikom glede na spreminjanje gostote populacije gostitelja. To stabilizira populaciji obeh vrst in je poleg zajedanja osice *Trissolcus basalis* glavni vzrok smrtnosti zelene smrdljivke (Liljesthröm in Bernstein 1990), pri čemer imajo največji pomen pri stabilizaciji sistema prostorsko omejen vzorec zajedanja, vrstna specifičnost in preprečitev razmnoževanja napadenih živali (Liljesthröm in Rabinovich 2004).

***Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae)**

Osica *Trissolcus basalis* se za okolja, kamor je bila vnesena ali se dodatno vnaša, pogosto navaja kot zgodba o uspehu biotičnega zatiranja zelene smrdljivke oz. kla-

sičnega biotičnega zatiranja škodljivcev nasploh (Caltagirone 1981, Waterhouse 1998). Uspešen program namnoževanja in načrtnega izpuščanja te vrste v Braziliji je v kombinaciji s privabilnimi posevki soje zmanjšal populacijo zelene smrdljivke za več kot polovico ob vnosu 15.000 osebkov na hektar (Corrêa-Ferreira in Moscardi 1996). Kombinacija vrste *T. basalis* in muhe goseničarke *T. giacomelli* se je izkazala celo kot glavni vzrok smrtnosti zelene smrdljivke v dolgoročni raziskavi na enem od kmetijskih območij Argentine (Liljesthröm in Bernstein 1990). Vendar povsod po svetu vpliv vnesenih zajedavcev ni tako očiten. Kljub začetnemu navdušenju po vnosu te osice na Havaje (Caltagirone 1981, Davis 1967) in v Avstralijo (Caltagirone 1981, Clausen s sod. 1977), se je v poznejših letih izkazalo, da tako v Avstraliji (Clarke 1992) kot na Havajih (Jones 1995) zajedanje nima bistvenega vpliva na številčnost populacije, zelena smrdljivka pa ostaja gospodarsko pomemben škodljivec v teh okoljih.

Med razlogi za takšno razliko sta verjetno specifika v kmetijski praksi in ohranjenost habitatov v bližini kmetijskih zemljišč, ki je pomemben dejavnik preživetja in biotične učinkovitosti parazitoidov. Različne vrste rastlin v okolici služijo kot refugij, ki pripomore pri preživetju ob velikih nihanjih okoljskih dejavnikov v agroekosistemu (tretiranje s fitofarmaceutskimi sredstvi, razlike v dostopnosti gostiteljske vrste tekom leta v monokulturi ipd.), hkrati pa tudi kot vir hrane za odrasle parazitoidne (Knight in Gurr 2007).

Tudi vrsta *T. basalis* ni popolnoma specifična za zeleno smrdljivko, čeprav izkazuje jasno preferenco. V Avstraliji napada več vrst ščitastih stenic, med njimi vrste *Agonoscelis rutila* Fabricius, 1776, *Cermatulus nasalis* (Westwood, 1837), *Oeochalia schellenbergii* (Guer.), *Piezodorus hybneri* (Gmelin) in *Oeochalia schellenbergii* (Guerin, 1831). Občasna terenska vzorčenja so pokazala tudi prek 50 % stopnjo zajedanja jajčec teh vrst (Waterhouse 1998). Dolgoročnih raziskav o neciljnem delovanju vrste *T. basalis* sicer ni, vsaj ena raziskava omejenega obsega pa nakazuje, da ne vpliva bistveno na populacije neciljnih vrst v kmetijskem območju Queenslanda (Loch in Walter 1999); vendar je potrebno poudariti, da vpliv ni bil neposredno ovrednoten. Na Havajih vrsta *T. basalis*, podobno kot vrsta *T. pilipes*, napada avtohtono stenico *C. blackburniae*, a je ta zanjo očitno manj ustrezen gostitelj, saj večina napadenih jajčec propade ne da bi se iz njih izlegla osica (Louda s sod. 2003). Vrsta *T. basalis* se tako ne smatra kot pomemben dejavnik pri zmanjševanju populacije avtohtone vrste *C. blackburniae*, čeprav je konkretnih podatkov o zajedanju malo (Follett s sod. 2000, Johnson s sod. 2005).

Ocena tveganja

Iz dostopne literature je mogoče zaključiti, da imajo parazitoidi večji potencial zatiranja zelene smrdljivke na poljščinah kot plenilci, saj so znane vrste bolj specializirane, s tem pa tudi učinkovitejše, njihovo načrtno spuščanje v okolje pa je manj tvegano.

Teoretično je potencialni vpliv vnesenih parazitoidov na neciljne organizme majhen. Vendar laboratorijske raziskave tveganja za neciljno delovanje večinoma obravnavajo gostitelje s fiziološkega stališča, o ekološkem stališču pa je v časovno in pro-

storsko omejenih razmerah težje sklepati. Z zgleda vrste *T. giacomelli* v Avstraliji je očitno, da tudi, če se parazitoid v laboratoriju uspešno razmnožuje ob zastopanosti določenega neciljnega gostitelja, obstaja verjetnost, da zaradi njune različne bionomije v naravi ne bosta prišla v stik ali bo zgolj ta gostitelj premalo za vzdrževanje populacije parazitoida. Onstad in McManus (1996) poleg teh dejavnikov izpostavljata še vplive gostote populacije obeh vrst in dinamiko napadanja na njune interakcije. Sodeč po poenostavljenih matematičnih modelih širjenja nalezljivih boleznih v živalskih populacijah lahko patogen iztrebi lokalno populacijo nevretenčarskega gostitelja le izjemoma (Dobson in May 1986). Takšne potencialno nevarne izjeme se zgodijo tedaj, ko populacijska gostota vnesenega patogena ni odvisna od populacijske gostote gostitelja – tedaj, ko isti patogen okužuje dve vrsti. Če s svojim delovanjem ne vpliva bistveno na gostoto populacije ciljne vrste, lahko iztrebi neciljno vrsto brez posledic za lastno populacijsko gostoto (Bowers in Begon 1991).

Konkretnih podatkov o vplivu vnesenih zajedavcev iz te skupine na neciljne organizme in ekosistem kot celoto je malo, od znanih primerov pa se še ni zgodilo, da bi tak organizem drastično negativno vplival na populacije neciljnih organizmov. Podatki s konca 20. stoletja kažejo, da so imele samo tri od 210 vrst pajkovcev in žuželk, ki so jih namerno vnesli v ZDA z namenom biotičnega zatiranja, merljiv negativen vpliv na avtohtone vrste (OTA 1993), od tega ni nobena vrsta zmanjšala avtohtonih populacij za toliko, da bi obstajalo tveganje za njihovo izumrtje (Onstad in McManus 1996). Podobno je v zahodni Evropi, kjer je tržno dostopnih in uporabljenih za klasično biotično zatiranje žuželk in pršic približno 130 vrst naravnih sovražnikov; od tega je približno polovica tujerodnih, pri čemer zaenkrat še ni znane primera, da bi takšen poseg negativno vplival na avtohtono favno (Van Lenteren 1997). Tej ugotovitvi nasprotujejo novejši podatki o rilčkarju *Larinus planus* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Curculionidae), ki so ga vnesli v Severno Ameriko za biotično zatiranje njivskega osata *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Asteraceae), in se je začel v letih po vnosu preferenčno prehranjevati z redko avtohtono vrsto *Cirsium undulatum* (Nutt.) Spreng. var. *Tracyi*, na kateri povzroča obsežne poškodbe na cvetovih in semenih, zato utegne imeti ob nadaljevanju vnašanja dolgoročen negativen vpliv na preživetje populacije (Louda in O'Brien 2002).

Kljub predvidevanjem na podlagi modelov medvrstnih interakcij bi morala ostati previdnost poglavitno načelo v sodobni praksi biotičnega zatiranja invazivnih vrst škodljivcev z invazivnimi plenilci ali parazitoidi (t.i. »klasičnega biotičnega zatiranja«). Tudi v primerih, ko pred mnogo desetletji vnesen plenilec ali parazitoid dolgoročno ni imel znanih vplivov na neciljne organizme, je potrebno upoštevati, da je vpliv vnesene vrste na ekosistem kot celoto izjemno težko ovrednotiti, saj se raziskave v veliki večini primerov izvajajo v omejenem obsegu zaradi pomanjkanja sredstev, časa in usposobljenega osebja. Kljub tveganju, ki ga tujerodni organizem predstavlja za matični ekosistem, še posebno ob laboratorijskem namnoževanju in izpuščanju na majhni površini, dolgoročnih in sistematičnih raziskav vpliva – tako potencialnega pred izpustom kot dejanskega po njem – v strokovni literaturi praktično ni.

Že v prvi fazi – testiranju ustreznosti neciljnih gostiteljev v laboratoriju – je potrebno sklepati kompromise ter se omejiti na najbolj znane sorodne vrste, saj je vzdrževanje mnogih vrst potencialnih gostiteljev zahtevno in drago (Sands in Van Driesche 2000). Laboratorijske razmere se seveda razlikujejo od naravnih in znan je vsaj en primer, ko testiranje fiziološkega nabora gostiteljev ni ustrezno predvidelo ekološkega – predhodno omenjeni rilčkar *Larinus planus* (Louda in O'Brien 2002). V praksi lahko poleg tega nujnost zatiranja novega škodljivca in politični pritiski prevladajo nad varovalnimi mehanizmi (Louda in Stiling 2004).

Varstveni biologi zato med drugim priporočajo izogibanje uporabi generalističnih plenilcev in zajedavcev, razširitev testiranega obsega gostiteljskih vrst in vključitev več ekoloških parametrov v presojo tveganja, tako na ravni kandidata za vnos, kot tudi na ravni ciljnih ter neciljnih organizmov (Louda s sod. 2003). Nenazadnje pa si je pred vnosom naravnega sovražnika za zatiranje škodljivca potrebno postaviti ključno vprašanje: koliko je možnosti, da bo takšen poseg dejansko uspešen? Do sedaj je bil uspeh na globalni ravni zanemarljiv – od skupno skoraj 4769 vnesenih vrst žuželk za zatiranje žuželčjih škodljivcev v različnih državah (podatki do leta 1992) se smatra, da je 165 vrst škodljivcev nadzorovanih v vsaj eni državi, kar predstavlja približno 3 % uspeh. Poleg nepotrebnih stroškov ostane po neuspešnih vnosih tudi med 34 in 50 % tujerodnih vrst, ki se v novem okolju ustalijo, nimajo pa popolnoma nobenega vpliva na ciljni organizem (Greathead 2003). Kakšen vpliv ima to na ekosisteme, ne ve nihče.

V Sloveniji je bil doslej en primer načrtnega vnosa tujerodne vrste žuželke v namen biotičnega zatiranja škodljivcev – leta 1999 je bila z dovoljenjem Ministrstva za kmetijstvo in gozdarstvo vnesena osa *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead, 1893) za zatiranje medečega škrčatka vrste *Metcalfa pruinosa* (Say, 1830) na Goriškem (Žežlina s sod. 2001). Vrsta *N. typhlocybae* je, tako kot gostitelj, razširjena v Novem svetu in predstavlja enega glavnih biotičnih agensov za zatiranje medečega škrčatka. Uspešno je bila vnesena v Italijo, v okolici Padove in Gorice, od koder se je razširila v Slovenijo tudi po naravni poti in spomladi 1999 je bila prvič zabeležena tudi na slovenski strani meje. Hkrati je bil izveden izpust (Žežlina s sod. 2001). Poznejša opazovanja so potrdila, da se je vrsta na območju ustalila in da ne napada neciljnih vrst, zato se naselitev smatra za uspešno (Žežlina, osebna komunikacija).

Učinkoviti plenilci in zajedavci zelene smrdljivke niso toliko specializirani; v Sloveniji je že znotraj poddružine Pentatominae več redkih predstavnikov, ki so bili do sedaj najdeni samo v obalnem pasu, na primer vrste *Neottiglossa bifida* (A. Costa, 1847), *N. lineolata* (Mulsant & Rey, 1852), *Holcostethus albipes* (Fabricius, 1781), *Sciocoris sulcatus* Fieber, 1851 idr. (Gogala 2008). Tem vrstam bi vnos novega naravnega sovražnika utegnil poslabšati varstveni status vsaj znotraj države. Interakcije med naštetimi biotičnimi agensi zelene smrdljivke in sorodnimi vrstami še niso raziskane, možno pa je sklepati, da bi lahko napadali vsaj nekatere od njih. Zato menim, da bi bilo ob načrtovanju vnosa v naravo potrebno še temeljiteje predvideti možne vplive na ekosistem (po možnosti s predhodnimi poskusi na manjših površinah), vsekakor pa temeljiteje kot je bila praksa v drugih državah. Dokler zelena smrdljivka še ni zelo pomemben škodlivec, bi se veljalo v tem pogledu najprej

poslužiti drugih ukrepov za omejevanje škode, če se bodo izkazali za nujne, in omejiti vnos na rastlinjake. Smiselno bi bilo tudi sistematično spremljati vpliv tujerodne muhe goseničarke *T. pennipes*, ki se v Slovenijo razširja po naravni poti iz Italije (De Groot s sod. 2007).

Sklepi

Zelena smrdljivka je izrazito polifagni rastlinojed, ki s sesanjem rastlinskih sokov na gojenih rastlinah povzroča gospodarsko škodo v mnogih kmetijskih območjih sveta. Je kozmopolit in tudi recentno, domnevno zaradi podnebnih sprememb, naseljuje nova območja. V Sloveniji je vrsta zaenkrat zastopana na območju s sredozemskim podnebnim vplivom, glede na informacije o njenem širjenju v svetu, pa je mogoče upravičeno pričakovati, da se bo sčasoma razširila tudi v notranjost države. Stopnja preživetja in zajedanja gojenih rastlin je odvisna od številnih dejavnikov, predvsem od dostopnosti alternativnih gostiteljskih vrst v bližini in prisotnosti naravnih sovražnikov, v zmernem pasu pa tudi od zimskih temperatur.

Zaenkrat zatirajo zeleno smrdljivko predvsem z insekticidi širokega spektra. Polifagnost in preferenco do določenih gostiteljev ponekod uspešno izkoriščajo s sajenjem privabilnih posevkov, kjer se populacija skoncentrira, zato jo je možno učinkoviteje zatreti z drugimi sredstvi. Kot agensi za biotično zatiranje tega škodljivca so učinkoviti predvsem parazitoidi iz Novega sveta, podatki o potencialu plenilcev pa so, z izjemo stenice vrste *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) zgoj anekdotični. V tujini največkrat uporabljajo muhe goseničarke (Diptera: Tachinidae) in parazitoidne ose (Hymenoptera: Scelionidae), vendar nobena od teh vrst ni specifična za zeleno smrdljivko.

V Sloveniji bi bil vnos tujerodnih agensov za biotično zatiranje zelene smrdljivke tvegan, tako s stališča učinkovitosti, kot tudi s stališča možnega vpliva na ekosistem. Gre namreč za generalistične vrste, zato bi se ob njihovem načrtnem vnašanju v naravo za biotično zatiranje zelene smrdljivke, sodeč po izkušnjah iz tujine, utegnil poslabšati varstveni status sorodnih redkih vrst stenic. Poleg tega je njihovo učinkovitost nemogoče predvideti. Dokler ekonomski vpliv zelene smrdljivke ni prevelik, bi se bilo torej smiselneje poslužiti drugih metod biotične kontrole, predvsem sajenja privabilnih posevkov, med katerimi po učinkovitosti izstopa soja. Hkrati bi bilo smiselno preučiti alternative tujerodnim agensom za biotično zatiranje, kot so avtohtone plenilske vrste žuželk in entomopatogene ogorčice. Tudi v Sloveniji so raziskave na sorodnih vrstah že dale nekaj obetavnih rezultatov (Bohinc in Trdan 2011), ki odpirajo možnost okolju prijaznejšega zatiranja tega škodljivca.

Viri

Bohinc, T. & Trdan, S., 2010: Uporaba treh privabilnih posevkov z namenom odvrčanja kapusovih stenic (*Eurydema* spp.) in kapusovih bolhačev (*Phyllotreta* spp.) od belega zelja. V: Kocjan Ačko, D. & Čeh, B. (ur.). Novi izzi-

- vi v poljedelstvu 2010: zbornik simpozija, Rogaška Slatina, 2. in 3. december 2010. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, str. 259-265.
- Bohinc, T. & Trdan, S.**, 2011: Ščitaste stenice (Pentatomidae) kot škodljivci gojenih rastlin in načini njihovega zatiranja. *Acta agriculturae Slovenica* 97(1): 63-72.
- Bowers, R. G. & Begon, M.**, 1991: A host-host-pathogen model with free-living infective stages, applicable to microbial pest control. *Journal of Theoretical Biology* 148: 305-329.
- Brown, P. M. J., Adriaens, T., Bathon, H., Cuppen, J., Goldarazena, A., Hägg, T., Kenis, M., Klausnitzer, B. E. M., Ková, I., Loomans, A. J. M., Majerus M. E. N., Nedved, O., Pedersen, J., Rabitsch, W., Roy, H. E., Ternois, V., Zakharov, I. A., Roy, D. B.**, 2008: *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. *BioControl* 53: 5-21.
- Bundy, C. S. & McPherson, R. M.**, 2000: Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton-soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology* 93: 697-706.
- Caltagirone, L. E.**, 1981: Landmark examples in classical biological control. *Annual Review of Entomology* 28: 213-232.
- Clarke, A. R.**, 1992: Current distribution and pest status of *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) in Australia. *Australian Journal of Entomology* 31(4): 289-297.
- Clausen, C. P., Bartlett, B. R., Bay, E. C., DeBach, P., Goeden, R. D., Legner, E. F., McMurtry, J. A., Oatman, E. R.**, 1977: Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. USDA Agricultural Handbook 480. USDA-ARS.
- Colazza, S., Aquilla, G., De Pasquale, C., Peri, E., Millar, J. G.**, 2007: The egg parasitoid *Trissolcus basalus* uses n-nonadecane, a cuticular hydrocarbon from its stink bug host *Nezara viridula*, to discriminate between female and male hosts. *Journal of Chemical Ecology* 33(7): 1405-1420.
- Coombs, M. & Sands, D. P. A.**, 2000: Establishment in Australia of *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae), a biological control agent for *Nezara viridula* (L.) Hemiptera: Pentatomidae). *Australian Journal of Entomology* 39: 219-222.
- Coombs, M.**, 2003: Post-release evaluation of *Trichopoda giacomellii* (Diptera: Tachinidae) for efficacy and non-target effects. V: Van Driesche, R. G. (ur.). Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, 14–18 January 2002. United States Department of Agriculture, Forest Service, Morgantown, WV, FHTET-2003–05, 399–406.
- Coombs, M.**, 2004: Broadleaf privet, *Ligustrum lucidum* Aiton (Oleaceae), a late-season host for *Nezara viridula* (L.), *Plautia affinis* Dallas and *Glaucias amyoti* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) in northern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Entomology* 43(4): 335-339.
- Corrêa-Ferreira, B. S. & Moscardi, F.**, 1996: Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 79: 1-7.

- Corrêa-Ferreira, B. S. & de Azevedo, J.**, 2002: Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology* 4: 145 – 150.
- Daugherty, D. M., Neustadt, M. H., Gehrke, C. W., Cavanah, L. E., Williams, L. F., Green, D. E.**, 1964: An evaluation of damage to soybean by brown and green stink bugs. *Journal of Economic Entomology* 57: 719-722.
- Davis, C. J.**, 1964: The Introduction, Propagation, Liberation, and Establishment of Parasites to Control *Nezara viridula* variety *smaragdula* (Fabricius) in Hawaii (Heteroptera: Pentatomidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 18(3): 369-375.
- Davis, C. J.**, 1967: Progress in the biological control of the southern green stinkbug, *Nezara viridula* variety *smaragdula* (Fabricius) in Hawaii (Heteroptera: Pentatomidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 18: 369-375.
- De Clercq, P.**, 2000: Predaceous stinkbugs (Pentatomidae: Asopinae). V: Schaefer, C. W. & Panizzi, A. R. (ur.). Heteroptera of economic importance. Boca Raton: CRC Press, str. 737-789.
- De Clercq, P., Wyckhuys, K., De Oliveira, H. N., Klapwijk, J.**, 2002: Predation by *Podisus maculiventris* on different life stages of *Nezara viridula*. *Florida Entomologist* 85(1): 197-202.
- De Clercq, P., Peeters, I., Vergauwe, G., Thas, O.**, 2003: Interaction between *Podisus maculiventris* and *Harmonia axyridis*, two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. *BioControl* 48: 39-55.
- De Groot, M., Virant-Doberlet, M., Žunič, A.**, 2007: *Trichopoda pennipes* F. (Diptera, Tachinidae): A new natural enemy of *Nezara viridula* (L.) in Slovenia – short communication. *Agricultura* 5(1): 25-26.
- Dobson, A. P. & May, R. M.**, 1986: Patterns of invasions by pathogens and parasites, Chapter 4. V: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (ur.). Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Ecological Studies Vol. 58. New York: Springer-Verlag.
- Ehler, L.E.**, 2002: An evaluation of some natural enemies of *Nezara viridula* in northern California. *BioControl* 47: 309-325.
- Eubanks, M. D.**, 2001: Estimates of the Direct and Indirect Effects of Red Imported Fire Ants on Biological Control in Field Crops. *Biological Control* 21: 35-43.
- Evans, E. W.**, 1982: Timing of reproduction by predatory stinkbugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): patterns and consequences for a generalist and a specialist. *Ecology* 63: 147-158.
- Follett, P. A., Johnson, M. T., Jones, V. P.**, 2000: Parasitoid drift in Hawaiian Pentatomoids. V: Follett, P. A. & Duan, J. J. (ur.). Nontarget effect of biological control, str.77-94. Springer.
- Follett, P. A., Duan, J. J., Messing, R. H., Jones, V. P.**, 2000: Parasitoid drift after biological control introductions: re-examining Pandora's box. *American Entomologist* 46: 82–94.
- Gogala, A. & Gogala, M.**, 1989: Stenice Slovenije II. (Insecta: Heteroptera). *Biološki vestnik* 37(1): 11-44.

- Gogala, A.**, 2008: Heteroptera of Slovenia, V: Pentatomomorpha II and additions to the previous parts. *Annales Ser. Hist. Nat.* 18(1): 91-126.
- Greathead, D. J.**, 2003: Benefits and risks of classical biological control. V: Hokkanen, H. M. & Lynch, J. M. (ur.). *Biological Control: Benefits and Risks.* Cambridge: Cambridge University Press, str. 53-63.
- Hoffman, M. P., Wilson, L. T., Zalom, F. G.**, 1987: Control of stink bugs in tomatoes. *California Agriculture* 41: 4-6.
- Hoffmann-Campo, C. B., Moscardi, F., Correa-Ferreira, B. S., Oliveira, L. J., Gazzoni, D. L., Corso, I. C., Sosa-Gomez, D. R., Panizzi, A. R.**, 2004: Current status of soybean integrated pest management in Brazil. V: Moscardi, F., Hoffmann-Campo, C. B., Saraiva, O. F., Galerani, P. R., Krzyzanowski, F. C., Carrão-Panizzi, M. C. (ur.). *Proceedings VII World Soybean Research Conference, IV International Soybean Processing and Utilization Conference, III Congresso Brasileiro de Soja, Foz do Iguassu, PR, Brazil, 29 February-5 March, 2004.*
- Hokkanen, H.**, 1986: Polymorphism, parasites, and the native area of *Nezara viridula* (Hemiptera, Pentatomidae). *Annales Entomologici Fennici* 52: 28-31.
- Howarth, F. G.**, 1991: Environmental impacts of classical biological control. *Annual Review of Entomology* 36: 485-509.
- Javahery, M.**, 1986: Biology and ecology of *Picromerus bidens* (Hemiptera: Pentatomidae) in Southeastern Canada. *Entomological News* 97: 87-98.
- Johnson, T. M., Follett, P. A., Taylor, A. D., Jones, V. P.**, 2005: Impacts of biological control and invasive species on a non-target native Hawaiian insect. *Oecologia* 142: 529-540.
- Jones, V. P. & Caprio, L. C.**, 1992: Damage estimates and population trends of insects attacking seven macadamia cultivars in Hawaii. *Journal of Economical Entomology* 85: 1884-1890.
- Jones, V. P. & Caprio L. C.**, 1994: Southern green stinkbug (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on Hawaiian macadamia nuts: the relative importance of damage occurring in the canopy and on the ground. *Journal of Economical Entomology* 87: 431-435.
- Jones, V. P.**, 1995: Reassessment of the role of predators and *Trissolcus basalus* in biological control of the southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Hawaii. *Biological Control* 5: 566-572.
- Jones, V. P., Westcott, D. M., Finson, N. N., Nishimoto, R. K.**, 2001: Relationship between community structure and Southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) damage in macadamia nuts. *Environmental Entomology* 30(6): 1028-1035.
- Jones, W. A.**, 1988: World review of the parasitoids of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 81: 262-273.
- Kiritani, K., Hokyo, N., Yukawa, J.**, 1963: Coexistence of the two related stink bugs *Nezara viridula* and *N. antennata* under natural conditions. *Researches on Population Ecology* 5: 11-22.

- Kiritani, K., Hokyō, N., Kimura, K.** 1966: Factors affecting the winter mortality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* L. *Annales de la Société Entomologique de France, Nouvelle Série* (Sunn Pest Memoirs, 9) 2: 199–207.
- Knight, K. M. M. & Gurr, G. M.**, 2007: Review of *Nezara viridula* (L.) management strategies and potential for IPM in field crops with emphasis on Australia. *Crop Protection* 26: 1-10.
- Koch, R. L.**, 2003: The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science* 3(32): 1-16.
- Larivière, M.-C. & Laroche, A.**, 1989: *Picromerus bidens* (Heteroptera: Pentatomidae) in North America, with a world review of its distribution and bionomics. *Entomological News* 100: 133-146.
- Laznik, Ž. & Trdan, S.**, 2008: Entomopatogene ogorčice, naravni sovražniki nadzemskih škodljivcev kapusnic. *Acta agriculturae Slovenica* 91(1): 227-237.
- Lewis, E. E.**, 2002: Behavioural Ecology. V: Gaugler, I. (ur.). Entomopathogenic Nematology. Wallingford: CABI Publishing, str. 205-224.
- Liljesthröm, G. & Bernstein, C.**, 1990: Density dependence and regulation in the system *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae), host and *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae), parasitoid. *Oecologia* 84(1): 45-52.
- Liljesthröm, G. & Rabinovich, J.**, 2004: Modeling Biological Control: The Population Regulation of *Nezara viridula* by *Trichopoda giacomellii*. *Ecological Applications* 14(1): 254-267.
- Loch, A. D. & Walter, G. H.**, 1999: Multiple host use by the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Wollaston) in a soybean agricultural system: biological control and environmental implications. *Agricultural and Forest Entomology* 1(4): 271-280.
- Louda, S. M. & O'Brien, C. W.**, 2002: Unexpected ecological effects of distributing the exotic weevil, *Larinus planus* (F.), for the biological control of Canada thistle. *Conservation Biology* 16(3): 717-727.
- Louda, S. M., Pemberton, R. W., Johnson, M. T., Follett, P. A.**, 2003: Nontarget effects – the Achilles' heel of biological control? Retrospective Analyses to Reduce Risk Associated with Biocontrol Introductions. *Annual Review of Entomology* 48: 365-396.
- Louda, S. M. & Stiling, P.**, 2004: The double-edged sword of biological control in conservation and restoration. *Conservation Biology* 18(1): 50-53.
- Lye, B.-H., Story, R. N., Wright, V. L.**, 1988: Damage threshold of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) on fresh market tomatoes. *Journal of Entomological Science* 23: 366-373.
- McPherson, J. E. & Cuda, J. P.**, 1974: The first record in Illinois of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Transactions of the Illinois State Academy of Science* 67(4): 461-462.

- Milevoj, L.**, 1998: Perspektive biotičnega varstva rastlin v Sloveniji. V: Rečnik, M. & Verbič, J. (ur.). Kmetijstvo in okolje: zbornik posveta, Bled, 12. - 13. 3. 1998. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, str. 163-171.
- Musolin, D. L. & Numata, H.**, 2003: Timing of diapause induction and its life-history consequences in *Nezara viridula*: is it costly to expand the distribution range? *Ecological Entomology* 28(6): 694-703.
- Musolin, D. L., Tougou, D., Fujisaki, K.**, 2010: Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). *Global Change Biology* 16: 73-87.
- Niva, C. C. & Panizzi, A. R.**, 1996: Efeidos do cloreto de sódio no comportamento de *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) em vagem de soja. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 25: 251-257.
- Onstad, D. W. & McManus, M. L.**, 1996: Risks of host range expansion by parasites of insects. *BioScience* 46(6): 430-435.
- [OTA] Office of Technology Assessment**, 1993: Harmful non-indigenous species in the United States. OTA-F-565. Washington (DC): Government Printing Office.
- Panizzi, A. R. & Meneguim, A. M.**, 1989: Performance of nymphal and adult *Nezara viridula* on selected alternate host plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 50(3): 215-223.
- Panizzi, A. R.**, 1997: Wild Hosts of Pentatomids: Ecological Significance and Role in Their Pest Status on Crops. *Annual Review of Entomology* 42: 99-122.
- Panizzi, A. R., McPherson, J. E., James, D. G., Javahery, M.**, 2000: Stink Bugs (Pentatomidae). V: Schaefer, C. W. & Panizzi, A. R. (ur.). Heteroptera of economic importance. Boca Raton: CRC Press, str. 436-439.
- Pervez, R., Ali, S. S., Ahmad, R.**, 2008: Efficacy of entomopathogenic nematodes against green stink bug, *Nezara viridula* (L.) and their *in vivo* mass production. *Trends in biosciences* 1(1/2): 34-36.
- Rabitsch, W.**, 2008: Alien True Bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). *Zootaxa* 1827: 1-44.
- Rédei, D. & Torma, A.**, 2003: Occurrence of the Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 38(3-4): 365-367.
- Sands, D. P. A. & Van Driesche, R. G.**, 2000: Evaluating the host range of agents for biological control of arthropods: rationale, methodology and interpretation. V: Van Driesche, R., Heard, T., McClay, A., Reardon, R. (ur.). Proceedings of session: Host Specificity testing of exotic arthropod biological control agents – the biological basis for improvement in safety. X. International Symposium on Biological Control of Weeds. Bozeman, Montana, USA, July 4-14, 1999, str. 69-83.
- Stam, P. A., Newsom, L. D., Lambremont, E. N.**, 1987: Predation and Food as Factors Affecting Survival of *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) in a Soybean Ecosystem. *Environmental Entomology* 16(6): 1211-1216.

- Todd, J. W.**, 1989: Ecology and behavior of *Nezara viridula*. *Annual Review of Entomology* 34: 273-292.
- Tougou, D., Musolin, D. L., Fujisaki, K.**, 2009: Some like it hot! Rapid climate change promotes changes in distribution ranges of *Nezara viridula* and *Nezara antennata* in Japan. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 130(3): 249-258.
- Trdan, S., Žnidarčič, D., Valič, N.**, 2006. Field efficacy of three insecticides against cabbage stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) on two cultivars of white cabbage. *International Journal of Pest Management* 52(2): 79-87.
- Trdan, S. & Milevoj, L.**, 2009: Opredelitev biotičnega varstva rastlin in kronologija dosedanjih aktivnosti na tem področju v Sloveniji. V: Trdan, S. (ur.). Delavnica Biotično varstvo rastlin pred škodljivimi organizmi 2009, Ljubljana, 15. september 2009. Izvlečki predavanj. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, str. 4-5.
- Van Lenteren, J. C.**, 1997: Benefits and risks of introducing exotic macro-biological control agents into Europe. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 27: 15-27.
- Velasco, L. R. I. & Walter, G. H.**, 1992: Availability of different host plant species and changing abundance of the polyphagous bug *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology* 21: 751-759.
- Waterhouse, D. F.**, 1998: Biological control of insect pests: Southeast Asian prospects. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research. 548 str.
- Waterhouse, D. F. & Sands, D. P. A.**, 2001: Classical Biological Control of Arthropods in Australia. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) Monograph No. 77, Melbourne, Australia.
- Weeden, C. R., Shelton, A. M., Hoffman, M.P.**, Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North America. Cornell University. <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/>, pridobljeno 30.6.2010.
- Yukawa, J. & Kiritani, K.**, 1965: Polymorphism in the southern green stink bug. *Pacific Insects* 7: 639-642.
- Yukawa, J., Kiritani, K., Gyoutoku, N., Uechi, N., Yamaguchi, D., Kamitani, S.**, 2007: Distribution range shift of two allied species, *Nezara viridula* and *N. antennata* (Hemiptera: Pentatomidae), in Japan, possibly due to global warming. *Applied Entomology and Zoology* 42(2): 205-215.
- Zupančič A.**, 2008. Laboratorijsko preučevanje učinkovitosti entomopatogenih ogorčic (Rhabditida) za zatiranje pisane stenice (*Eurydema ventrale* Kolenati, Heteroptera, Pentatomidae). Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 39 str.
- Žežlina, I., Milevoj, L., Girolami, V.**, 2001: Wasp *Neodryinus typhlocybae* Ashmead – successful predator and parasitoid for reducing the population of flutid planthopper (*Metcalfa pruinosa* Say) also in Slovenia. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo* 77: 215-225.

Received / Prejeto: 16. 2. 2011