

PREDSTAVNICI RODA *Trissolcus*
(Hymenoptera: Scelionidae) PRIRODNI NEPRIJATELJI
ŠTETNIH STENICA (Hemiptera: Pentatomidae)
I PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA U SRBIJI

Aleksandar Ivezić¹, Branislav Trudić², Aleksandra Ignjatović-Ćupina³

¹Poljoprivredna stručna služba Kikinda,

Prognozno-izveštajna služba zaštite bilja Srbije,

²Forest Resource Management Team, Forestry division,
Food and Agriculture Organization of the United Nations,

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

³Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu,

Departman za fitomedcinu i zaštitu životne sredine

E-mail: aleksandarivezic@yahoo.com

Izvod

Na području Srbije i u zemljama u regionu prisutne su različite vrste polifagnih stenica među kojima najveću pažnju privlače zelena povrtna stenica *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 i braon mramorasta stenica *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae). U mnogim regionima u kojima štetne stenice nanose velike ekonomske gubitke strategija suzbijanja se prvenstveno temelji na primeni hemijskih sredstava. Pored hemijskih mera suzbijanja, sve su prisutnije biološke mere suzbijanja, koje se baziraju na primeni prirodnih neprijatelja štetočina. U biološkom suzbijanju polifagnih stenica najbolje rezultate pokazuju vrste iz roda *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae). Vrsta koja se dugi niz godina komercijalno primenjuje za suzbijanje štetnih Hemiptera je *Trissolcus basalis* Wollaston, 1958, koja je jedna od najvažnijih prirodnih neprijatelja zelene povrtnice u svetu. Vrste *Trissolcus japonicus* Ashmead, 1904 i *Trissolcus mitsukurii* Ashmead, 1904 su identifikovane kao predominantni parazitoidi braon mramoraste stenice i pokazuju veliki potencijal u biološkom suzbijanju ove štetne vrste. Predstavnici roda *Trissolcus* su registrovani i na teritoriji Srbije, što otvara mogućnost uključivanja nativnih vrsta roda *Trissolcus* u strategije biološkog suzbijanja štetnih stenica na teritoriji Srbije i regiona.

Ključne reči: biološka kontrola, *Halyomorpha halys*, korisni insekti, *Nezara viridula*, parazitoidi, *Trissolcus* spp.

UVOD

Na području Srbije i u zemljama u regionu, prisutne su različite vrste polifagnih stenica, od kojih se mnoge izdvajaju kao veoma značajne štetočine poljoprivrednih kultura. Među štetnim stenicama, zelena povrtna stenica *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 i braon mramorasta stenica *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae) predstavljaju vrste koje trenutno privlače najveću pažnju javnosti, prvenstveno zbog svoje štetnosti, polifagnosti i sposobnosti brzog migriranja sa jednog useva na drugi (Ivezić, 2020). Prema literaturnim navodima, *N. viridula* je izuzetno polifagna vrsta koja ima preko preko 145 biljaka domaćina iz 32 biljne familije (Shaefer i Panizzi, 2000), dok je u slučaju braon mramoraste stenice do danas identifikovano više od 300 biljnih vrsta u statusu hranidbenog domaćina ove štetočine (Nielsen i sar., 2008). *Nezara viridula* je prvi put na teritoriji Srbije registrovana na području Novog Sada 2008. godine (Kereši i sar., 2012), a *H. halys* 2015. godine u regionu Vršca i Beograda (Šeat, 2015). U međuvremenu, obe pomenute vrste, su u vrlo kratkom periodu postale dominantne štetočine brojnih privredno važnih kultura, voća, povrća, njihovih i ukrasnih biljaka, pri čemu njihovo suzbijanje u različitim agroekosistemima postaje sve ozbiljniji problem (Kereši i sar., 2012; Konjević, 2020).

U mnogim regionima u kojima štetne stenice nanose velike ekonomske gubitke strategija njihovog suzbijanja se prvenstveno temelji na hemijskim merama zaštite. Posledično, prekomerna upotreba hemijskih sredstava, prvenstveno insekticida širokog spektra dejstva, izazvala je čitav niz negativnih efekata, kako u agronomskom, tako i u ekološkom smislu. Problem kontaminacije životne sredine i zdravstvena bezbednost proizvedene hrane postaju prioritetni problemi savremene poljoprivrede, pri čemu tehnologija proizvodnje zasnovana na velikom broju hemijskih tretmana i dalje zadržava primat u poljoprivrednoj praksi i nesumnjivo menja agroekosisteme širom sveta. Kada su u pitanju štetne stenice, primena hemijskih sredstava nije pokazala zavidne rezultate u praksi, pre svega zbog neučinkovitog i kratkoročnog dejstva primenjenih insekticida. Pomenuti problem se u praksi vrlo često prevazilazi učestalim hemijskim tretmanima, što ne rešava problem, već uzrokuje nove štetne posledice. Neadekvatna strategija suzbijanja stenica vrlo često dovodi do ekspanzije sekundarnih štetočina usled pojave stečene rezistentnosti (Leskey i sar., 2012a), odnosno populacionog porasta samih stenica i njihovog masovnog migriranja u urbane sredine u periodu prezimljavanja, što u gradskim sredinama postaje sve ozbiljniji sanitarni problem (Leskey i sar., 2012b; Leskey i sar., 2018). U cilju podsticanja razvoja održive poljoprivrede i smanjenja kontaminacije prirodne sredine hemijskim agensima, primena bioloških strategija se sve učestalije razmatra kao ekološki prihvatljivo i dugoročno rešenje u suzbijanju štetnih stenica, ali i brojnih drugih poljoprivrednih štetočina (Ivezić i sar., 2020).

Cilj ovog rada je ukazivanje na značaj vrsta iz roda *Trissolcus* u biološkom suzbijanju štetnih stenica i preliminarno registrovanje predstavnika roda na teritoriji Srbije.

PRIRODNI NEPRIJATELJI ŠTETNIH STENICA

Do sada je identifikovan veliki broj korisnih insekata, prirodnih neprijatelja štetnih stenica, koji pripadaju različitim familijama: Anthocoridae, Asilidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Crabronidae, Forficulidae, Geocoridae, Mantidae, Melyridae i Reduviidae (Rice i sar., 2014). Korisni insekti sa najvećim potencijalom u biološkoj borbi protiv štetnih stenica su parazitoidi jaja iz rodu *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) (Zhang i sar., 1993; Qiu, 2007; Qiu i sar., 2007; Yang i sar., 2009; Talamas i sar., 2013) i *Anastatus* (Hymenoptera: Eupelmidae) (Hou i sar., 2009). Takođe, mikrohimenoptere iz rodu *Ooencyrtus* (Hymenoptera: Encyrtidae) i *Telenomus* (Hymenoptera: Platygasteridae) predstavljaju potencijalne kandidate za biološko suzbijanje polifagnih stenica, dok brojne studije ukazuju na mogućnost njihove praktične primene (Dieckhoff i sar., 2017; Haye i sar., 2015; Herlihy i sar., 2016; Ogburn i sar., 2016). Pored predatora i parazitoida u suzbijanju ovih štetočina mogu se primeniti i patogene gljive kao što je *Ophiocordyceps nutans* (Hypocreales: Phiocordycipitaceae) (Sasaki et al., 2012). Ipak, najveći potencijal u biološkoj kontroli zelene povrtne i braon mramoraste stenice pokazuju vrste iz roda *Trissolcus*, koje se izdvajaju kao dominantni parazitoidi jaja ovih poljoprivrednih štetočina.

Trissolcus spp.

Vrste roda *Trissolcus* su solitarni endoparaziti koji spadaju u grupu parazitoida, jer parazitirani domaćin uginu. Njihov značaj proističe iz sklonosti da parazitiraju jaja insekata iz superfamilije Pentatomoidea (Yang i sar., 2009). S obzirom da određene Pentatomoidea predstavljaju izuzetno važne poljoprivredne štetočine, vrste iz roda *Trissolcus* privlače sve veću pažnju kao potencijalni kandidati za biološku kontrolu štetnih stenica, ali i drugih poljoprivrednih štetočina (Laumann i sar., 2008; Panizzi i Slansky, 1985; Correa-Ferreira i Moscardi, 1994). Iako je praktična primena određenih *Trissolcus* vrsta i dalje u domenu istraživanja, pojedine vrste se već dugi niz godina primenjuju kao efikasni biološki agensi (Johnson, 1984; Correa-Ferreira i Moscardi, 1996).

Rod *Trissolcus* pripada familiji Scelionidae, a unutar samog roda identifikovano je preko 160 vrsta koje su rasprostranjene širom sveta (Johnson, 1992). Predstavnici roda *Trissolcus* se poput i drugih vrsta iz familije Scelionidae odlikuje sa vrlo malim dimenzijama tela (1-2 mm). Odrasle jedinke karakteriše kompaktna oblik tela sa poprečnom glavom koja je šira od mezozome. Skutelum je jasno izražen, polukružnog oblika i na njemu se mogu nalaziti parni nepotpuni šavovi (*notauli*) ili su oni odsutni. Metazoma je jasno uočljiva, dok drugi segment abdomena, sa razvijenim tergitom (T2) predstavlja najduži segment abdomena. Adulti su tamne, najčešće crne boje sa izraženim polnim dimorfizmom. Za razlikovanje mužjaka i ženki posmatra se građa pipaka (antena). Pipci su kod ženki glavičastog tipa i sastoje od 11

segmenata i izraženim segmentiranim klavusom (prošireni vršni deo flageluma), koji je sastavljen iz 6 segmenata. Kod mužjaka su antene končastog tipa i sastoje od 12 segmenata bez izraženog klavusa. Nervatura prednjih krila je redukovana sa uočljivim marginalnim, postmarginalnim i stigmalnim nervima (Masner, 1976).

Biologija i životni ciklus *Trissolcus* spp.

Lociranje jajeta domaćina bazira se na semiohemijskoj komunikaciji između ženke parazitoidea, insekta domaćina i napadnute biljke (Lewis i Martin, 1990). Ovaj način komuniciranja svakako može pronaći praktičnu primenu u procesu biološke kontrole štetočina, jer se manipulacijom sa semiohemijskim materijama (feromoni, sinomoni, kairomoni) može stimulisati aktivnost parazitoidea i povećati njegova efikasnost (Lewis i Martin, 1990). Adulti parazitoidea najpre bivaju privučeni sinomonima koje oslobađaju oštećene biljke (Colazza i sar., 2004), zatim feromonima koje emituju adulti samo štetočine, ali i isparljivim supstancama koje se nalaze u ekskrementima insekta domaćina (Colazza i sar., 2007). Pored toga, kairomoni, koje prilikom ovipozicije luče ženke *N. viridula*, igraju značajnu ulogu prilikom lociranja položenih jaja domaćina (Colazza i sar., 1999; Salerno i sar., 2006; Colazza i sar., 2007; Dauphin i sar., 2009). Sva pomenuta hemijska jedinjenja omogućavaju ženkama parazitoidea da značajno redukuju površinu traženja jaja domaćina (Colazza i sar., 2007). Kada ženka parazitoidea locira pogodnog domaćina, ona sa legalicom probija horion i unutar jajeta domaćina polaže svoja jaja. Nakon završene ovipozicije, ženka osice semiohemikalijama obeležava parazitirana jaja što značajno smanjuje pojavu superparazitizma unutar iste vrste (Powell i Merle, 1982). Ispiljene larve parazitoidea prolaze kroz 3 larvena stupnja, fazu predlutke i lutke. Period od polaganja jaja do eklozije adulta traje od 12 do 15 dana, nakon čega adulti napuštaju parazitirano jaje (Powell i Merle, 1982). Svaka ženka *Trissolcus* spp. tokom perioda ovipozicije polaže od 30 do 150 jaja (Colazza i Wajnberg, 1998). Vrste roda *Trissolcus* kompletan ciklus razvića završavaju unutar jajeta domaćina, pri čemu iz parazitiranog jajeta najpre eklodiraju mužjaci, a zatim ženke. Neposredno nakon eklozije imaga započinje razmnožavanje. Kao i brojni drugi predstavnici Hymenoptera, predstavnici ovog roda su haplodiploidni, te u prirodi nisu retke partenogenetske populacije sačinjene isključivo od mužjaka (arenotokija) (Cantón-Ramos i Callejon-Ferre, 2010).

Trissolcus basalis

Vrsta koja se dugi niz godina komercijalno primenjuje za subijanje štetnih Hemiptera je vrsta *Trissolcus basalis* Wollaston, 1958 (Caltagirone, 1981; Clarke, 1990; Correa-Freireira, 2002). Značaj *T. basalis* proističe iz činjenice da je pomenuta vrsta jedna od najvažnijih prirodnih neprijatelja zelene povrtne stenice u svetu (Cumber,

1951; Crouzel i Saini, 1983; Clarke, 1990; Clarke i Walter, 1995). Vrsta nije monofagnna, jer je utvrđeno da pored *N. viridula* parazitira i brojne druge štetne Pentatomoidea (Jones, 1988; Colazza i Bin, 1995). Brojni autori ukazuju na visoku efikasnost ove vrste pri suzbijanju povrtne stenice, a prema literaturnim navodima stopa parazitiranosti može dostići i 95% (Kereši i sar., 2019). S obzirom da su pojedine zemlje ostvarile izuzetno dobre rezultate pri suzbijanju *N. viridula* primenom *T. basalis*, danas ne čudi podatak da brojne zemlje širom sveta implementiraju komercijalnu primenu *T. basalis* u programe biološke kontrole povrtne stenice, ali i drugih štetnih stenica (*Euschistus servus* Say 1832; *Euthyrhynchus floridanus* Linnaeus, 1767; *Piezodorus hybneri* Gmelin, 1790) (Caltagirone, 1981; Ehler, 2002).

Vrsta *T. basalis* je kosmopolitska vrsta, koja je u svetu široko rasprostranjena i važan predstavnik brojnih prirodnih biocenoza. U Evropi je najzastupljenija u Mediteranskoj regiji (Cantón-Ramos i Callejon-Ferre, 2010). Pored toga, prisutna je u svim usevima koje nastanjuje zelena povrtna stenica, pa se neretko susreće u usevima pšenice, kukuruza, suncokreta, soje i drugih leguminoza, ali i u zasadima povrća i voća (Powell i Merle, 1982). Kao biološki agens za suzbijanje povrtne stenice *T. basalis* je najpre pronašao primenu u Egiptu i Australiji (1933), zatim u Antilima (1952-1953), Južnoj Africi (1980), Brazilu (1980) i Sjedinjenim Američkim Državama (1979-1981) (Clarke, 1990). Danas se *T. basalis* uspešno primenjuje kao biološki agens i na Evropskom kontinentu (Italija, Francuska, Holandija) (Odermatt i sar., 2000; Correa-Ferreira, 2002; Caltagirone, 1981).

Trissolcus japonicus* i *Trissolcus mitsukurii

Među predstavnicima roda *Trissolcus* spp. vrste *T. japonicus* Ashmead, 1904 i *T. mitsukurii* Ashmead, 1904 su identifikovane kao predominantni parazitoidi braon mramoraste stenice u arealu njenog prirodnog rasprostranjenja (Arakawa i Namura, 2002; Arakawa i sar., 2004; Yang i sar., 2009). Obe pomenute vrste vode poreklo iz Azije, pri čemu je vrsta *T. mitsukurii* najzastupljeniji parazitoid braon mramoraste stenice u Japanu, dok je vrsta *T. japonicus* najzastupljeni predator pomenute štetočine u Kini. Kada je u pitanju braon mramorasta stenica, obe vrste pokazuju izrazito visoku stopu parazitizma koja se kreće između 50% i 90% (Yang i sar., 2009; Zhang i sar., 2017). Pored njihovog areala rasprostranjenja prisustvo pomenutih vrsta je registrovano na teritoriji Severne i Južne Amerike i Evrope, gde su introdukovane sa biljnim materijalom u infestiranim jajima braon mramoraste stenice ili u stadijumu dijapauzirajućeg adulta. Introdukovane populacije *T. japonicus* su prvi put registrovane u Severnoj Americi 2014. godine (Talamas i sar., 2015), u Švajcarskoj 2017. godine (Stahl i sar., 2018) i u severozapadnoj Italiji 2018. godine (Moraglio i sar., 2020; Sabbatini i sar., 2018), dok su introdukovane populacije *T. mitsukurii* registrovane najpre u severnoj Italiji, a zatim i u Sloveniji (Rot i sar., 2021; Moraglio i sar., 2020; Sabbatini i sar., 2018).

Trissolcus japonicus se kao biološki agens za suzbijanje braon mramoraste stenice primenjuje u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), Evropi i Novom Zelandu (Charles i sar., 2019). U SAD se intenzivno sprovodi augmentacija ovih insekata na poljoprivrednim površinama aplikacijom laboratorijski proizvedenih jedinki. Tom prilikom primenjuje se periodično inokulativno ispuštanje proizvedenih osica sa ciljem da potomstvo apliciranih jedinki kontroliše populaciju štetnih insekata u dužem vremenskom periodu. I pored toga, smatra se da je populacija *T. japonicus* u prirodnim sredinama i dalje niska da bi ostvarila značajan uticaj na izuzetno visoku populaciju braon mramoraste stenice koja je prisutna u pojedinim državama SAD (Szűcs i sar., 2019). Pored primene u poljoprivredi, *T. japonicus* se u SAD introdukuje i u urbanim oblastima zbog izrazito visoke populacije mramoraste stenice u gradskim sredinama i njenog štetnog uticaja na kvalitet života i komunalnu higijenu (Szűcs i sar., 2019).

Vrsta *T. mitsukurii* se vrlo često opisuje kao japanska autohtona vrsta. U Japanu je njeno prisustvo u prirodnoj sredini registrovano na 10 različitih Pentatomidae, dok su laboratorijska istraživanja pokazala da *T. mitsukurii* parazitira i Pentatomidae iz roda *Plautia* Stal, 1864 (Arakawa i Namura, 2002). I pored činjenice da parazitira veći broj štetnih stenica, *T. mitsukurii* se ipak ističe kao jedan od najznačajnijih parazitoida zelene povrtne i braon mramoraste stenice. Nakon identifikacije *T. mitsukurii* na evropskom kontinentu, mnoge evropske zemlje poput Italije i Francuske sprovode intenzivna istraživanja u cilju što efektivnije implementacije ove vrste u program biološke zaštite prvenstveno zbog njene visoke preferencije ka gorepomenutim egzotičnim stenicama. Pored Evrope, istraživanja u cilju komercijalne primene ove osice sprovode se u Australiji i Novom Zelandu (Moraglio i sar., 2020; Sabbatini i sar., 2018).

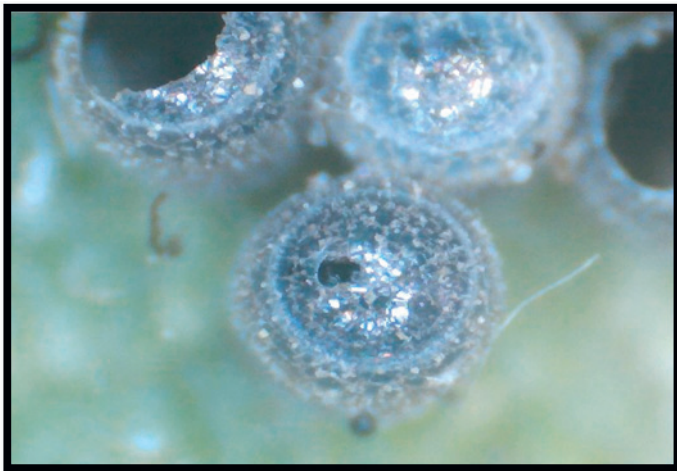
Iako su podaci o njihovoj prostornoj distribuciji na Evropskom kontinentu i dalje ograničeni, prisustvo ovih korisnih insekata u Evropi predstavlja polaznu tačku u izradi dugoročne strategije upravljanja i biološkog suzbijanja invazivnih štetočina poput *H. halys* i *N. viridula*. S obzirom na velika očekivanja u pogledu njihovog potencijala, znanje o trenutnoj distribuciji i aktivnosti korisnih insekata iz roda *Trissolcus* je više nego značajno, jer predstavlja osnovu za buduća istraživanja kako u pogledu širenja njihovog areala, tako i u pogledu njihove praktične primene.

REGISTROVANE JEDINKE IZ RODA *TRISSOLCUS* NA TERITORIJI SRBIJE U 2021. GODINI

Važno je napomenuti da je prisustvo vrsta iz roda *Trissolcus* zabeleženo i na teritoriji Srbije tokom 2021. godine, pregledom useva soje na lokalitetu Novi Kneževac (Kikinda (46.5.35,754; 20.6.55,3536). Tada je registrovano prisustvo parazitiranih jaja povrtne stenice. Preliminarna identifikacija eklodiranih jedinki, bazira-

na na morfološkim karakteristikama, pokazala je da su parazitirana jaja posledica aktivnosti parazitoidea iz roda *Trissolcus* (Slika 1 i 2). Identifikacija registrovanih jedinki je tom prilikom izvršena samo do nivoa roda, jer se determinacija vrsta *Trissolcus* bazirana isključivo na morfologiji, i predstavlja dugoročan proces koji zahteva specijalizovano znanje i veliko iskustvo. Morfološka identifikacija je prvobitno bila jedini način za identifikaciju ovih osica. Izrazito male dimenzije i varijabilnost određenih morfoloških karakteristika vrlo često uzrokuju greške u identifikaciji vrsta, čineći morfološku metodu identifikacije dosta nepouzdanom (Chen i sar., 2021). Komplikovana morfološka identifikacija vrsta iz roda *Trissolcus* značajno je olakšana primenom molekularnih metoda koje omogućavaju pouzdaniju i rutinski izvodljivu identifikaciju ovih insekata. Otkrićem i primenom molekularnih tehnika, proces identifikacije *Trissolcus* parazitoidea značajno je olakšan. Takođe, molekularna identifikacija omogućila je značajan napredak u taksonomiji ovih organizama, jer su zahvaljujući molekularnim analizama otkriveni brojni propusti u sistematici i identifikaciji ovih insekata (Chen i sar., 2021).

Ovo nije pojedinačan slučaj registrovanja ovih korisnih insekata na našem podneblju. Naime, literaturni podaci ističu da su određene vrste roda *Trissolcus* registrovane u zemljama u okruženju, pre svega u Bugarskoj i Sloveniji (Rot i sar., 2021, Petrov, 2013). U Sloveniji je najpre registrovano prisustvo vrste *Trissolcus scutellari* Thompson, 1934 tokom 2011. godine, a zatim je *T. mitsukurri* registrovana tokom 2020. godine vrlo brzo nakon njene detekcije u susednoj Italiji (Rot i sar., 2021). U Bugarskoj je do sada identifikovano čak 20 *Trissolcus* vrsta uključujući i 3 nove vrste, koje su 2013. godine identifikovane i opisane po prvi put: *Trissolcus fuscus* sp. n., *Trissolcus simplex* sp. n. i *Trissolcus nigricans* sp. n. (Petrov, 2013).



Slika 1. Parazitirano i napušteno jaje povrtne stenice (Foto: Mačoš, 2021)



Slika 2. Eklodirani imago *Trissolcus* spp. na jajima povrtne stenice (Foto: Maćoš, 2021)

ZAKLJUČAK

Iako je na globalnom tržištu prisutna široka ponuda alternativnih i ekološki prihvatljivijih opcija za suzbijanje štetnih insekata, najzastupljenija strategija za suzbijanje poljoprivrednih štetočina je i dalje primena insekticida, pogotovo sredstava sa širokim spektrom delovanja. Praksa vrlo često pokazuje da su hemijske mere suzbijanja kratkoročnog efekta i neretko nedovoljno efikasne u kontroli ovih invazivnih štetočina. Biološka kontrola braon mramoraste i povrtne stenice bazirana na primeni nativnih ili introdukovanih prirodnih neprijatelja može predstavljati obećavajuće i dugoročno rešenje u redukciji gustine populacije pomenutih štetočina. Implementacija bioloških mera zaštite se pokazuje kao nužna metoda upravo zbog nedostatka prirodnih neprijatelja poljoprivrednih štetočina, što je istovremeno glavno obrazloženje ekspanzije, ali i štetnog uticaja egzotičnih vrsta štetnih insekata. U cilju efikasne biološke kontrole neophodno je pratiti ekološku interakciju između štetnih stenica i njihovih prirodnih neprijatelja, prvenstveno nativnih populacija, a u slučaju introdukcije novih vrsta; neophodno je sprovoditi istraživanja koja bi obezbedila selekciju efikasne vrste za biološku kontrolu. U ovom momentu neophodno je primenjivati poljoprivrednu praksu koja će čuvati autohtonu populaciju korisnih insekata (konzervacija) i pospešiti njihov uticaj na štetočine. Ovakav pristup zaštiti useva podrazumeva upotrebu selektivnih insekticida koji ne deluju na korisne insekte. U suprotnom, upotreba neselektivnih insekticida pored štetnog organizma uništava i korisne insekte, pa samim tim njihov doprinos u očuvanju korisne entomofaune izostaje.

Upotreba pojedinih vrsta iz roda *Trissolcus* u biološkom suzbijanju poljoprivrednih štetočina ima široku primenu u mnogim razvijenim zemljama. Ipak, u određenim geografskim regionima, uključujući zemlje Balkana, potencijal ovih insekata u biološkoj borbi nije iskorišćen. Činjenica da je njihovo prisustvo registrovano i u našoj zemlji, bez prethodne komercijalne primene na većim poljoprivrednim površinama, ukazuje na mogućnost njihove praktične primene i u našima agroekološkim uslovima. Kao preduslov za njihovu uspešnu komercijalnu primenu najpre je neophodno izvršiti identifikaciju nativnih populacija, pošto su autohtone populacije parazitoida vrlo često najbolje prilagođene uslovima životne sredine i specifičnostima ekosistema (Whitman i Nordlund, 1994). Ključ uspeha komercijalne primene prirodnih neprijatelja u biološkoj borbi leži u izboru odgovarajuće vrste, kako bi se osiguralo da prirodni uslovi sredine odgovaraju biološkim parametrima izabrane vrste (fekunditet, odnos polova u potomstvu, razvojni ciklus, izbor domaćina itd.) (Van Driesche i Bellows, 1996). Introdukovanje neadekvatne vrste u prostor delovanja određene *Trissolcus* vrste koja čini nativnu populaciju ciljnog područja, može uzrokovati dugoročnu supresiju nativnih, ali i introdukovanih vrsta (Fahriye i sar., 2009).

U tom smislu, proces komercijalne primene vrsta iz roda *Trissolcus* treba započeti sa kompletnom inventarizacijom specijske raznolikosti ovih parazitoida, uz bolje razumevanje njihove biologije i uticaja svih faktora spoljašnje sredine koji mogu delovati na biološke parametre parazitoida. Pored toga, u cilju utvrđivanja biodiverziteta ovih parazitskih osica, kao i potencijala u biološkoj borbi, neophodno je ispitati prisustvo *Trissolcus* vrsta i na drugim alternativnim domaćinima, kako na štetnim vrstama, tako i na vrstama koje se ne svrstavaju u kategoriju štetnih organizama, ali su atraktivni domaćini za ove parazitoide. S obzirom da jajni parazitoidi iz roda *Trissolcus* pružaju važan doprinos u ukupnom smanjenju populacije štetnih stenica u njihovim prirodnim staništima, uticaj koji ovi korisni insekti mogu postići u našim ekološkim uslovima ne treba zanemariti, već sprovoditi sistematičan monitoring ovih vrsta u cilju utvrđivanja njihove efikasnosti najpre u prirodnim uslovima, što predstavlja elementaran preduslov ka njihovoj potencijalnoj implementaciji u programe biološke kontrole poljoprivrednih štetočina.

Zahvalnica

Zahvaljujemo se Draganu Maćoš na kreiranim fotografijama i prof. dr Aleksandri Konjević na pomoći pri morfološkoj identifikaciji uzorkovanih jedinki.

LITERATURA

- Arakawa, R. and Namura, Y. (2002): Effects of temperature on development of three *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasitoids of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomol Sci* 5: 215–218.
- Arakawa, R., Miura, M., Fujita, M. (2004): Effects of host species on the body size, fecundity, and longevity of *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae), a solitary egg parasitoid of stink bugs. *Appl. Entomol. Zool.* 39: 177–181.
- Caltagirone, L.E. (1981): Landmark examples in classical biological control. *Annual Review of Entomology.* 26: 213–232.
- Cantón-Ramos, J.M. and Callejón-Ferre, A.J. (2010): Raising *Trissolcus basalis* for the biological control of *Nezara viridula* in greenhouses of Almería (Spain). *African Journal of Agricultural Research*, 5(23): 3207-3212.
- Charles, J.G., Avila, G. A., Hoelmer, K.A., Hunt, S., Gardner-Gee, R., MacDonald, F., Davis, V. (2019): Experimental assessment of the biosafety of *Trissolcus japonicus* in New Zealand, prior to the anticipated arrival of the invasive pest *Halyomorpha halys*. *BioControl.* 64(4): 367–379.
- Chen, M.N., Santander, R.D., Talamas, E.J., Jentsch, P.J., Bon, M.C., Aćimović, S.G. (2021): Molecular Identification of *Trissolcus japonicus*, Parasitoid of the Brown Marmorated Stink Bug, by Species-Specific PCR. *Insects.* 12: 467.
- Clarke, A.R. (1990): The control of *Nezara viridula* L. with introduced eggparasitoids in Australia: a review of a landmark example of classical biological control. *Australian Journal of Agricultural Research.* 41: 1127–1146.
- Clarke, A.R. and Walter, G.H. (1995): “Strains” and the classical biological control of insects pests. *Canadian Journal of Zoology.* 73: 1777–1790.
- Colazza, S. and Bin, F. (1995): Efficiency of *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) as an egg parasitoid of *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) in central Italy. *Environmental Entomology.* 24: 1703–1707.
- Colazza, S. and Wajnberg, E. (1998): Effects of host egg mass size on sex ratio and oviposition sequence of *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Environ. Entomol.* 27(2): 329-336.
- Colazza, S., Salerno, G., Wajnberg, E. (1999): Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biol. Control.* 16(3): 310-317.
- Colazza, S., Mcelfresh, J.S., Millar, J.G. (2004): Identification of volatile synomones, induced by *Nezara viridula* feeding and oviposition on bean spp. that attract the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. *J. Chem. Ecol.* 30(5): 945-964.
- Colazza, S., Aquila, G., Peri, E., Millar, J. (2007): Chemical analysis of residues left by walking adults of *Nezara viridula* which induce arrestment behavior in the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. *J. Insect. Sci.* 7: 4-4.

- Correa-Ferreira, B.S. and Moscardi, F. (1994): Temperature effect on the biology and reproductive performance of the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Woll.). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*. 23: 399–408.
- Correa-Ferreira, B.S. and Moscardi, F. (1996): Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. *Entomol. Exp. Appl.* 79: 1-7.
- Correa-Ferreira, B.S. (2002): *Trissolcus basalis* para o controle de percevejos da soja. In: Parra, J.R.P., Botelho, P.S., Correa-Ferreira, B., Bento, J.M.S. (Eds.). *Controle Biológico no Brasil. Parasitos e Predadores*, Manole Ltda. São Paulo. 449–476.
- Crouzel, I.S. and Saini, E.D. (1983): Importancia de *Trissolcus basalis* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) en la Argentina para el control biológico de *Nezara viridula* (L.) (Hem.: Pentatomidae). *Revista da Sociedade Entomologica Argentina*. 42: 257–260.
- Cumber, C.J. (1951): The introduction into New Zealand of *Microphanurus basalis* Wool. (Hymenoptera: Scelionidae), egg parasite of the green vegetable bug *Nezara viridula* L. (Pentatomidae). *New Zealand Journal of Science and Technology, Section B*. 32: 30–37.
- Dauphin, G., Coquillard, P., Colazza, S., Peri, E., Wajnberg, E. (2009): Host kairomone learning and foraging success in an egg parasitoid: A simulation model. *Ecol. Entomol.* 34(2): 193-202.
- Dieckhoff, C., Tatman, K.M., Hoelmer, K.A. (2017): Natural biological control of *Halyomorpha halys* by native egg parasitoids: a multi-year survey in northern Delaware. *J. Pest. Sci Special Issue: The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* an emerging pest of global concern*. *J Pest Sci* 90(4):1143- 1158.
- Ehler, L.E. (2002): An evaluation of some natural enemies of *Nezara viridula* in northern California. *Biocontrol*. 47: 309–325.
- Fahriye, S., Tuncibilek, A.S., Oztemiz, S., Pintureau, B., Rugman-Jones, P., Stouthamer, R., (2009): Molecular key to the common species of *Trichogramma* of the Mediterranean region. *Biocontrol*. 54: (5)617-624.
- Haye, T., Fischer, S., Zhang, J., Garipey, T. (2015): Can native egg parasitoids adopt the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae), in Europe? *J. Pest. Sci.* 88(4):693-705.
- Herlihy, M.V., Talamas, E.J., Weber, D.C. (2016): Attack and success of native and exotic parasitoids on eggs of *Halyomorpha halys* in three Maryland habitats. *PLoS ONE* 11 (3): e0150275.
- Hou, Z., Liang, H., Chen, Q., Hu, Y., Tian, H. (2009): Application of *Anastatus* sp. against *Halyomorpha halys*. *For. Pest Dis.* 4: 39, 40: 43.
- Ivezić, A. (2020): The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera), a new threat for hazelnut crops in Serbia. *Plant Doctor*. 48(5): 5-19.
- Johnson, N.F. (1984): Revision of the Nearctic species of the *Bavipes* group (Hymenoptera: Scelionidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 86: 797-807.

- Johnson, N.F. (1992): Catalog of world species of Proctotrupoidea, exclude Platygasteridae (Hymenoptera), pp. 1-825. *Memories of American Entomological Institute* No. 51.
- Jones, W.A. (1988): World review of the parasitoids of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera, Pentatomidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81(2): 262-273.
- Kereši, T., Sekulić, R., Protić, Lj., Milovac, Ž. (2012): Pojava stenice *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) u Srbiji. *Biljni Lekar.* 4: 296–304.
- Kereši, T., Konjević, A., Popović, A. (2019): Posebna entomologija 2. Poljoprivredni fakultet Univeziteta u Novom Sadu. pp 302.
- Konjević, A. (2020): Štetne stenice vrežastih biljaka. *Biljni Lekar.* 45: 37-51.
- Laumann, R., Blassioli-Moraes, M.C, Pareja, M., Alarcão, G.C., Botelho, A.C., Maia, A., Leonardecz, E., Borges, M (2008): Comparative Biology and Functional Response of *Trissolcus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae) and Implications for Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Biological Control.* 44(31): 32-41.
- Leskey, T.C., Short, B.D., Butler, B.R., Wright, S.E (2012a): Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: Case studies of commercial management. *Psyche.* 2012: 535062.
- Leskey, T.C., Hamilton, G.C., Nielsen, A.L., Polk, D.F., (2012b): Rodriguez-Saona, C.; Bergh, J.C.; Herbert, D.A.; Kuhar, T.P.; Pfeiffer, D.; Dively, G.P.; et al. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks Pest Manag.,* 23, 218–226.
- Leskey, T.C. and Nielsen, A.L. (2018): Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: History, biology, ecology, and management. *Annu. Rev. Entomol.* 63: 599–618.
- Lewis, W.J. and Martin, W.R. (1990): Semiochemicals for use with parasitoids - status and future. *J. Chem. Ecol.* 16(11): 3067-3089.
- Masner, L. (1976): Revisionary notes and keys to world genera of Scelionidae (Hymenoptera, Proctotrupoidea). *Mem. Entomol. Soc. Can.* 108 (Suppl. S97): 1–87.
- Moraglio, S.T., Tortorici, F., Pansa, M.G., Castelli, G., Pontini, M., Scovero, S., Visentin, S., Tavella, L. (2020): A 3-year survey on parasitism of *Halyomorpha halys* by egg parasitoids in northern Italy. *J. Pest Sci.* 93:183–194.
- Nielsen, A.L., Hamilton, G.C., Matadha, D. (2008): Developmental rate estimation and life table analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Environ. Entomol.* 37: 348–355.
- Odermatt, S., Lenfant, C., Klapwijk, J. (2000): Biological Control of *Nezara viridula* on Egg Plants, with an Egg Parasitoid *Trissolcus basalus* Wollaston. *IOBC WPRS Bulletin* 23(1): 213-217.
- Ogburn, E.C., Bessin, R., Dieckhoff, C., Dobson, R., Grieshop, M., Hoelmer, K.A. et al. (2016): Natural enemy impact on eggs of the invasive brown marmorat-

- ed stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), in organic agroecosystems: a regional assessment. *Biol. Control*. 101:39-51.
- Panizzi, A.R. and Slansky, F. (1985): Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Florida Entomologist*. 68: 184–214.
- Petrov, S. (2013): Three new species of *Trissolcus ashmead* (Hymenoptera: Platygastroidea: Scelionidae) from Bulgaria. *Biologia*. 68/2: 324—329.
- Powell, J.E., Merle, S. (1982): Biology of Australian and United States strains of *Trissolcus basal*, a parasitoid of the green vegetable bug, *Nezara viridula*. *Australian Journal of Ecology*. 7: 181–186.
- Qiu, L.F., Yang, Z., Tao, W. (2007): Biology and population dynamics of *Trissolcus halyomorphae*. *Scientia Silvae Sinicae*. 43: 62–65.
- Qiu, L.F. (2007): Studies on biology of the brown-marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae), an important pest for pome trees in China and its biological control. Ph.D. dissertation, Chinese. Academy of Forestry, Beijing, China.
- Rice, K.B., Bergh, C.J., Bergmann, E.J., Biddinger, D.J., Dieckhoff, C. et. al (2014): Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *J. Integ. Pest Mngmt*. 5(3):1-13.
- Rot, M., Maistrello, L., Costi, E., Bernardinelli, I., Malossini, G., Benvenuto, L., Trdan, S. (2021): Native and Non-Native Egg Parasitoids Associated with Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys* [Stål, 1855]; Hemiptera: Pentatomidae) in Western Slovenia. *Insects*.
- Sabbatini, P.G., Talamas, E., Bon, M.C., Marianelli, L., Bernardinelli, I., Malossini, G., Benvenuto, L., Roversi, P.F., Hoelmer, K.A. (2018): Two Asian egg parasitoids of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera, Pentatomidae) emerge in northern Italy: *Trissolcus mitsukurii* (Ashmead) and *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae). *J. Hymenopt. Res.* 67:37–53.
- Salerno, G., Conti, E., Peri, E., Colazza, S., Bin, F. (2006): Kairomone involvement in the host specificity of the egg parasitoid *Trissolcus basal* (Hymenoptera: Scelionidae). *Eur. J. Entomol.* 103(2): 311- 318.
- 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: 85–91.
- Schaefer, C.W. and Panizzi A.R. (2000): *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press. 828 pp.
- Šeat, J. (2015): *Halyomorpha halys* (Stal, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) a new invasive species in Serbia. *Acta entomologica Serbica*. 20:167-171.
- Stahl, J., Tortorici, F., Pontini, M., Bon, M.C., Hoelmer, K., Marazzi, C., Tavel-la, L., Haye, T. (2018): First discovery of adventive populations of *Trissolcus japonicus* in Europe. *J. Pest Sci.* 92: 371–379.

- Szűcs, M., Gut, L., Wilson, J., Pote, J. (2019): Biological control of brown marmorated stink bug in Michigan. Michigan State University, Department of Entomology. Retrieved December 3, 2019.
- Talamas, E.J., Buffington, M., Hoelmer, K. (2013): New synonymy of *Trissolcus halyomorphae* Yang. J. Hymenoptera Res. 33: 113–117.
- Talamas, E.J., Herlihy, M.V., Dieckhoff, C., Hoelmer, K.A., Buffington, M., Bon, M.C., Weber, D.C. (2015): *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera, Scelionidae) emerges in North America. J. Hymenopt. Res. 43: 119–128.
- Van Driesche, R. and Bellows, T.S.-J.R. (1996): Biological control. New York: Chapman and Hall. 539 p.
- Whitman, D. and Nordlund, D.A. (1994): Plant chemicals and the location of herbivorous arthropods by their natural enemies. In: Ananthakrishnan.T.N. (Editor). Functional Dynamics of Phytophagous Insects. New Delhi: Oxford and IBH Publishing. p. 207–248.
- Yang, Z.Q., Yao, Y.X., Qiu, L.F., Li, Z.X. (2009): A new species of *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) parasitizing eggs of *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in China with comments on its biology. Ann. Entomol. Soc. Am. 102:39–47.
- Zhang, C.T., Yao, X.Y., Qiu, L.F., Li, Z.F. (1993): A study on the biological characteristics of *Halyomorpha picus* and *Erthesina fullo*. For. Res. 6: 271–275.
- Zhang, J., Zhang, F., Garipey, T., Mason, P., Gillespie, D., Talamas, E., Haye, T. (2017): Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. J. Pest Sci. 90:1127–1141.

Abstract

REPRESENTATIVES OF THE GENUS *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) ON THE TERRITORY OF SERBIA, NATURAL ENEMIES OF PESTS OF Pentatomidae FAMILY (Hemiptera: Pentatomidae)

Aleksandar Ivezić¹, Branislav Trudić², Aleksandra Ignjatović-Ćupina³

¹Agricultural extension service of Kikinda, Serbia,

Department of Forecasting and Warning Service in Plant Protection

²Forest Resource Management Team, Forestry division,

Food and Agriculture Organization of the United Nations,

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

³Department of *Phytomedicine* and Environment Protection,

Faculty of Agriculture, University of Novi Sad

E-mail: aleksandarivezic@yahoo.com

Different types of polyphagous true bug pests are present in Serbia and countries in the region, many of which stand out as significant pests of agricultural crops. Among the harmful true bugs, the green vegetable bug, *Nezara viridula* Linnaeus, 1758 and the brown marble bug *Halyomorpha halys* Stål, 1855 (Hemiptera: Pentatomidae) are the species that currently attract attention the most, primarily because of their invasive and polyphagous nature and ability to migrate rapidly from one crop to another. In many regions, where harmful bugs cause large economic losses, control strategies are primarily based on the application of chemicals. In addition to chemical control measures, biological control measures are increasingly present, which are based on the application of natural enemies of pests. Species from the genus *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) show the best results in the biological control of polyphagous true bug. The species that has been commercially used for many years to control harmful Hemiptera is *Trissolcus basalis* Wollaston, 1958, which is one of the most important natural enemies of the green vegetable bug in the World. The species *Trissolcus japonicus* Ashmead, 1904 and *Trissolcus mitsukurii* Ashmead, 1904 have been identified as the predominant parasitoids of the brown marble bug and show great potential in the biological control of this harmful species. Representatives of the genus *Trissolcus* are also registered on the territory of Serbia, which opens the possibility of including native species of the genus *Trissolcus* in the strategies of biological control of true bug pests on the territory of Serbia and the region.

Key words: biological control, *Halyomorpha halys*, beneficial insects, *Nezara viridula*, parasitoids, *Trissolcus* spp.