

***Perillus bioculatus* (Pentatomidae) kao potencijalni biološki agens u suzbijanju krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata*)**

Perillus bioculatus (Pentatomidae) as a Potential Biological Agent in the Control of the Colorado Potato Beetle (CPB) (*Leptinotarsa decemlineata*)

Sarajlić, A., Štreitenberger, L., Kajan, L., Mak, M. K., Martić, B., Šmituc, I., Validžić, T., Majić, I.

Poljoprivreda / Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.31.1.6>



Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

***Perillus bioculatus* (Pentatomidae) KAO POTENCIJALNI BIOLOŠKI AGENS U SUZBIJANJU KRUMPIROVE ZLATICE (*Leptinotarsa decemlineata*)**

Sarajlić, A. ⁽¹⁾, Štreitenberger, L. ⁽¹⁾, Kajan, L. ⁽¹⁾, Mak, M. K. ⁽¹⁾, Martić, B. ⁽¹⁾, Šmituc, I. ⁽¹⁾, Validžić, T. ⁽²⁾, Majić, I. ⁽¹⁾

Pregledni znanstveni članak

Scientific review

SAŽETAK

Perillus bioculatus prirodni je predator krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata*), a koristi se kao biološki agens u kontroli ovoga štetnika, koji predstavlja ozbiljan problem u uzgoju krumpira. Primjena predatora smanjuje potrebu za kemijskim insekticidima, što je posebno važno zbog otpornosti zlatice na insekticide i potrebe za održivom proizvodnjom. Iako početni pokušaji uvođenja *P. bioculatus* u Europu nisu bili uspješni, posljednjih godina zabilježeno je širenje ove vrste u više europskih država. *Perillus bioculatus* hrani se jajima, ličinkama i odraslim stadijima krumpirove zlatice, a u slučaju nedostatka krumpirove zlatice prelazi na druge štetnike uglavnom iz porodica Chrysomelidae i Coccinellidae. Iako je ova stjenica učinkovita u suzbijanju krumpirove zlatice, postoji niz izazova za uspješno suzbijanje zlatice, poput manje populacije stjenica uslijed napada parazitskih osica na njihova jaja, nesinkronizirane pojave s krumpirovom zlaticom i negativnoga utjecaja kemijskih insekticida, koji mogu potpuno uništiti populaciju stjenica. Stoga je važno razvijati strategije integrirane zaštite bilja, koje uključuju biološke agense, kako bi se smanjio negativan utjecaj insekticida na okoliš i ljudsko zdravlje.

Ključne riječi: rezistentnost, korisne stjenice, štetnici krumpira, biološke mjere zaštite, integrirana zaštita bilja

UVOD

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824.) jedan je od najznačajnijih štetnika krumpira. Štete rade ličinke i odrasli kukci hraneći se na nadzemnom dijelu biljke, a njezina sposobnost razvijanja rezistentnosti na širok spektar aktivnih tvari predstavlja velik izazov za poljoprivrednu proizvodnju. Dosad je potvrđena pojava rezistentnosti na 56 aktivnih tvari. Rezultati testiranja u Hrvatskoj ukazuju na rezistentnost krumpirove zlatice na različite aktivne tvari; međutim, postotak rezistentnosti ovisi kako o aktivnoj tvari, tako i o istraživanoj lokaciji (Bažok i sur., 2017.). Razvoj rezistentnosti krumpirove zlatice na aktivne tvari postao je ozbiljan problem, što ukazuje na nužnost uvođenja alternativnih mjera u zaštiti krumpira kako bi se smanjile štete i osigurali zadovoljavajući prinosi. Jedna od alternativnih mjera je i uvođenje/primjena predatora u suzbijanju krumpirove zlatice. Integracija predatora kao jedne od mjera zaštite bilja smanjuje potrebu za primjenom

insekticida, što ima pozitivan utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi te doprinosi održivoj poljoprivrednoj proizvodnji. Krumpirovom se zlaticom hrani velik broj predatora, kao što su *Perillus bioculatus*, Fabricius (1775.); *Podisus maculiventris*, Say (1832.); *Coleomegilla maculata*, De Geer (1775.); *Lebia grandis*, Say (1823.); *Chrysoperla carnea*, Stephens (1836.) i drugi (Göldel i sur., 2020.). Međutim, kontrolirano suzbijanje na većim površinama je često izazovno zbog niza različitih čimbenika. *Perillus bioculatus* ima velik potencijal u suzbijanju krumpirove zlatice. Ova stjenica, podrijetlom iz Sjeverne Amerike, predator je ličinkama, jajima i odraslim stadijima krumpirove zlatice te se koristi kao biološki agens za

(1) Izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić (sankica@fazos.hr), Lara Kajan, univ. bacc. ing. agr., Marija Karla Mak, univ. bacc. ing. agr., Bruno Martić, univ. bacc. ing. agr., Ivana Šmituc, univ. bacc. ing. agr., Luka Štreitenberger, univ. bacc. ing. agr., prof. dr. sc. Ivana Majić – Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska, (2) dr. sc. Tihomir Validžić, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, Uprava za stručnu podršku razvoju poljoprivrede, Pape Ivana Pavla II 7, 31400 Đakovo, Hrvatska

suzbijanje navedenoga štetnika (Tarla i sur., 2018.). Augmentativna primjena *P. bioculatus* u integriranim sustavima zaštite bilja doprinosi očuvanju ekosustava i proizvodnji kvalitetnije hrane te je jedan od pristupa koji najviše obećava ako se primjenjuje od početka vegetacije (Agasyeva i sur., 2023.). Uvođenje *P. bioculatus* u Europu u početnoj fazi nije bilo uspješno, te su izostali i rezultati; međutim, populacije ove stjenice sada se smatraju stabilnima u više država, pa se očekuje njezino daljnje širenje prema zapadu i sjeveru Europe (Čato i sur., 2024.). *Perillus bioculatus* se ponekad smatra generalistom, ali je najčešće zabilježen kao predator krumpirove zlatice (Saint-Cyr i Cloutier, 1996.). U literaturi se navodi da se ova stjenica može hraniti i drugim kukcima, poput topline zlatice (*Chrysomela populi* L., 1758.), te raznim drugim vrstama najčešće iz porodica Chrysomelidae i Coccinellidae (Tarla i sur., 2018.). U novije vrijeme dokazano je kako se ova vrsta stjenice sve češće pronalazi na ambrozijinoj zlatici (*Ophraella communa* LeSage, 1986.), koja je 2019. prvi put utvrđena u Hrvatskoj (Zadravec i sur., 2019.; Nadaždin i Šeat, 2022.). *Perillus bioculatus* prvenstveno nalazimo na krumpiru (*Solanum tuberosum*, L.), na kojem se hrani različitim razvojnim stadijima krumpirove zlatice. No, budući da je krumpirova zlatica prema načinu ishrane oligofag i često napada i druge vrste biljaka iz porodice Solanaceae, *P. bioculatus* se može pronaći i na drugim biljkama, kao primjerice na patlidžanu, s tim da se na patlidžan sele nešto kasnije u vegetacijskoj sezoni, tijekom kolovoza (Iosob i Tina, 2022.). Migracije na rajčicu i patlidžan zabilježene su tijekom sušenja lišća krumpira (Agasyeva i sur., 2023.). Potencijalni problemi vezani uz primjenu i održavanje *P. bioculatus* u prirodi odnose se na interakciju s drugim vrstama entomofaga i parazitskih kukaca. Naime, parazitske osice poput *Trissolcus vassilievi*, Mayr (1903.) i *Trissolcus grandis*, Thomson (1860.) parazitiraju jaja *P. bioculatus* (5 – 28 %), dok odrasle jedinke napadaju muhe iz potporodice Phasiinae, porodica Tachinidae, 8 – 15 % (Agas'eva i sur., 2016.). Primjena kemijskih insekticida također negativno utječe na populaciju *P. bioculatus*, što ističe važnost primjene kompatibilnih metoda u okviru integrirane zaštite bilja (Agasyeva i sur., 2023.). Istraživanja vrste *P. bioculatus* posljednjih godina doživjela su značajan porast osobito u Europi, a usmjerena su na aklimatizaciju vrste, proučavanje njezine uloge u suzbijanju krumpirove zlatice te kompatibilnost s biološkim i kemijskim pripravcima. Studije provedene u Mađarskoj i Srbiji ukazuju na uspješnu prilagodbu i širenje populacije *P. bioculatus*. Također, širenje populacije na području Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Sjeverne Makedonije, Gruzije i Armenije potvrđuje uspješnu ekološku prilagodbu vrste na nova staništa (Čato i sur., 2024.). Učinkovitost *P. bioculatus* u suzbijanju krumpirove zlatice pokazala se vrlo visokom, pri čemu se predlaže razvoj novih strategija upravljanja štetnicima koje uključuju primjenu ovoga predatora.

Cilj rada jest analiza korisne vrste predatorske stjenice *P. bioculatus* te prednosti i nedostaci njezine primjene u poljoprivrednoj proizvodnji.

RASPROSTRANJENOST

Perillus bioculatus prvobitno je bila ograničena na područje Sjeverne Amerike, no uvođenje vrste u Europu započelo je još 30-ih godina dvadesetoga stoljeća, kada su počeli prvi pokušaji njezine prilagodbe u Francuskoj (Rabitsch, 2008.). Kasnije su slični pokušaji obavljeni u Njemačkoj, Mađarskoj, bivšoj Čehoslovačkoj, Rusiji, Italiji, bivšoj Jugoslaviji i u drugim europskim zemljama. Unatoč brojnim pokušajima, uspješno naseljavanje/prilagodba nije postignuto do početka 21. stoljeća, kada su prvi stabilni populacijski zapisi zabilježeni u Rusiji (Krasnodarska regija) 2008., Srbiji 2012., Turskoj 2017. te Rumunjskoj 2017. (Iosob i Cristea, 2022.). Noviji podatci pokazuju da se *P. bioculatus* proširila i na druge zemlje, uključujući Mađarsku, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu, Sjevernu Makedoniju, Gruziju i Armeniju (Kóbor i Brhane, 2024., Čato i sur., 2024.). Sveobuhvatnom analizom vrste *P. bioculatus* u Europi prije 2010. godine primjećuje se da su nalazi rijetki i odnose se uglavnom na Bugarsku, Srbiju i Grčku, čime se dokazuje da je vrsta preživjela u malim populacijama na različitim dijelovima Balkanskoga poluotoka. U narednih deset godina zabilježeno je širenje prema Moldaviji, Rusiji i Ukrajini, dok se nakon 2020. godine, prema objavljenim podacima, uočava povećanje populacije u prethodno naseljenim državama, kao i širenje prema sjeveru i zapadu Europe (Kóbor i Brhane, 2024.). Zbog velikoga napada parazitskih osica na jaja ove vrste stjenice, kao i drugih kukaca poput vrsta roda *Chrysopa* (Chrysopidae, Neuroptera) te nesinkronizirane pojave s krumpirovom zlaticom, dugo nije bio moguć njihov razvoj i opstanak u Europi (Jermy, 1962.). U radu Kivan (2004.) prvi primjerci *P. bioculatus* u Turskoj pronađeni su 1997. godine, te se smatra da su slučajno doneseni iz Amerike, jer su pronađeni u blizini aerodroma bez domaćina, dok su 2003. godine pronađeni na biljkama krumpira i patlidžana u polju, u kojem su se hranile krumpirovom zlaticom. Međutim, na njihovim jajima su također pronađene i native parazitske osice *T. grandis*. U Hrvatskoj su parazitske osice slabo istražene na stjenicama, no na nekim kukcima iz reda Lepidoptera utvrđena je prisutnost prirodne populacije osica roda *Trichogramma* (Sarajlić i sur., 2014.), ali je i to potrebno dodatno istražiti kako bi se utvrdio potencijal biološkoga suzbijanja poljoprivrednih štetnika. U Srbiji je *P. bioculatus* proučavan još od 1963. godine, pri čemu je laboratorijski uzgoj bio uspješan. Ipak, nisu uspjeli postići udomaćivanje u prirodi (Protić i Živić, 2012.). Godine 1996. organizirana je ekspedicija biologa na jugozapadu Srbije, u kojoj su prikupljeni uzorci kopnene faune. Tijekom istraživanja prikupljen je mali broj kukaca iz reda Heteroptera, koji su tek 2012. godine determinirani, a utvrđeno je (Protić i Živić, 2012.) da se radi o vrstama *P. bioculatus* i *Zicrona coerulea* L. (1758.). Nakon toga pojavljuje se 2018. na istoku Srbije opet kao izoliran primjerak (Nadaždin i Šeat, 2019.). *Perillus bioculatus* uočena je u Srbiji na više lokacija u razdoblju od 2021. do 2022., pri čemu je potvrđeno da se hrani i na ambrozijinoj zlatici (Nadaždin i Šeat, 2022.). U svojem radu Čato i sur. (2024.) obradili su nalaze ove vrste u nekoliko država (Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Sjeverna Makedonija,

Gruzija i Armenija), u kojima su vrste utvrđene po prvi put. U svibnju 2024. godine zabilježili smo ovu vrstu po prvi put u Babinoj Gredi (45° 07' 21" N 18° 30' 43" E) na krumpiru (Slika 1a), dok je u srpnju zabilježena u nasadu

lješnjaka u Bizovcu (45° 35' 8.78" N 18° 28' 30.15" E; Slika 1b). Na krumpiru su zabilježeni svi stadiji stjenice, kao i različite fenoforme odraslih (crvena i bijela), dok je na lijesci zabilježena samo jedna odrasla jedinka (bijela).



Slika 1. a) *P. bioculatus* – Babina Greda (foto: Sarajlić, A., 2024.) b) *P. bioculatus* – Bizovac (Duspara, V., 2024.)

Figure 1 a) *P. bioculatus*—Babina Greda, b) *P. bioculatus*—Bizovac (Duspara, V., 2024)

Prema dostupnoj literaturi pretpostavlja se da se vrsta u Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu, kao i Sjevernu Makedoniju, proširila iz Srbije, u kojoj je ranije zabilježena u više navrata. Budući da se konstantno širi u nove države, kao i po državama u kojima je ranije zabilježena, smatra se da se vrsta uspješno nastanila i prilagodila

ekološkim uvjetima u Europi. Vrste parazitskih osica, koje se u povijesti spominju kao jedan od ključnih problema uspješne prilagodbe u našim uvjetima, više nisu ograničavajući čimbenik, jer se vrsta uspješno i konstantno širi na nova područja (Tablica 1.).

Tablica 1. Rasprostranjenost i domaćini na kojima se hrani *P. bioculatus*

Table 1. The distribution and insect hosts of *P. bioculatus*

Kukac domaćin Insect host	Stadij <i>P. bioculatus</i> * <i>P. bioculatus</i> stage	Parazitoidi Parasitoids	Biljke na kojima je pronađen Host plants	Referenca Reference
<i>L. decemlineata</i> <i>Henosepilachna elaterii</i> Rossi (1794.) <i>Papilio machaon</i> L. (1758.)	L, J	T. grandis	krumpir, patlidžan	Kivan, 2004.
<i>L. decemlineata</i> , <i>O. communis</i>	O, L	-	krumpir, ruderalna staništa, ambrozija	Nadaždin i Šeat, 2022.
	O	-	pod korom <i>Platanus orientalis</i> pre- zimljavanje	Simov i sur. 2012.
<i>L. decemlineata</i>	svi stadiji	-	krumpir	Derjanschi Elisovetcaia, 2014.; Čato i sur. 2024.
<i>L. decemlineata</i>	svi stadiji (odrasli crve- na i bijela fenoforma)	-	krumpir	novi nalazi
	O (bijela fenoforma)		lijeska	
	O	-	obala rijeke, vegetacija uz jezero, stambeni objekti, ruderalna stani- šta, šuma, vrt	Čato i sur. 2024.
	O	-	Tradescantia zebrina	
	L	-	močvarno šumsko područje, livada	Protić i sur., 2022.
<i>O. communis</i>	O, L	-	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	

Kukac domaćin <i>Insect host</i>	Stadij <i>P. bioculatus</i> * <i>P. bioculatus stage</i>	Parazitoidi <i>Parasitoids</i>	Biljke na kojima je pronađen <i>Host plants</i>	Referenca <i>Reference</i>
<i>Zygogramma bicolorata</i> Pallister (1953.)	L, O	-	<i>Parthenium</i> spp.	Harshana, 2021.
<i>C. populi</i>	O	-	topola	Tarla i Tarla, 2018.
<i>Chrysomela sanguinolenta</i> L. (1758.); <i>Gastroidea polygona</i> L. (1758.), <i>Phytodecta fornicata</i> Bruggemann, (1873.), <i>Cassida nebulosa</i> L. (1758.), <i>Galeruca pomonae</i> Scop. (1763.), <i>Subcoccinella 24 - punctata</i> L. (1758.), <i>Athalia rosae</i> L. (1758.), <i>Lacanobia oleracea</i> L. (1758.)	svi stadiji	-	laboratorijski uzgoj	Jermy, 1980.
<i>L. decemlineata</i>	svi stadiji	<i>Telenomus sokolowi</i> Mayr (1940.), <i>C. carnea</i>	krumpir	Jermy, 1962.
<i>Trichoplusia ni</i> Hübner (1800.-1803.)	L, O	-	laboratorijski uzgoj	Coudron i Kim 2004.
<i>Galleria mellonella</i> L. (1758.), <i>Entomoscelis adonidis</i> Pallas (1771.), <i>Chrysolina herbacea</i> Duftschmid (1825.), <i>Chrysolina coerulans</i> Scriba. (1791)	svi stadiji		laboratorijski uzgoj	Elisovetcaia i sur., 2020.
<i>Tenebrio molitor</i> L. (1758.) <i>Acheta domestica</i> L. (1758.)	svi stadiji	-	laboratorijski uzgoj	Saint-Cyr i Cloutier 1996.
<i>L. decemlineata</i> <i>Galeruca tanacetii</i> , L. (1758.) <i>Agrotis segetum</i> , Denis i Schiffermuller (1775.)	O	-	krumpir	Kóbor i Brhane, 2024.
<i>L. decemlineata</i>	svi stadiji	<i>T. grandis</i> , <i>T. vasilievi</i> , <i>Telenomus chloropus</i> Thomson (1861.), <i>Ectophasia crassipennis</i> Fabr. (1794.)	krumpir	Agasyeva i sur., 2023.

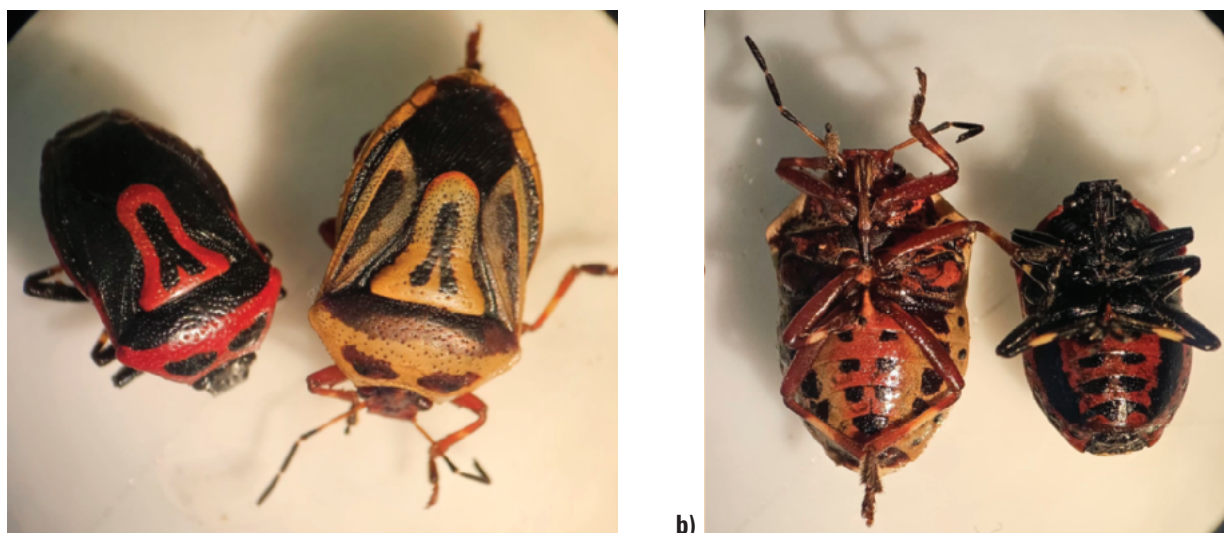
*J – jaja, L – ličinka, O – odrasli stadij *P. bioculatus*

MORFOLOGIJA

Perillus bioculatus grabežljiva je stjenica koja pripada porodici Pentatomidae, potporodici Asopinae. Jedna od ključnih značajki predatorstva vrsta iz porodice Asopinae jest proizvodnja slin bogate spojevima koju ubrizguju u plijen, uzrokujući paralizu i smrt (Brugnera i Grazia, 2024.). Smatra se da potječe iz jugoistočnoga dijela Stjenjaka te da se njezino širenje prema istoku podudara s migracijama krumpirove zlatice. Mužjaci su dugi 8,5 – 10 mm, ženke 10,5 – 11,5 mm. Postoje tri fenoforme u odnosu na boju: bijela s crnim i smeđim oznakama, žuta — žuta područja i crne oznake — i crvena — pozadina je crvena, a oznake su crne (Slika 2.). Visoku prepoznatljivost vrste osigurava Y-oblik na štitiću (skutelum) te dvije crne točke na nadvratnom štitiću (pronotum). Odrasli oblici mogu mijenjati boju iz bijele i žute u crvenu, ali ne i obrnuto, žive do dva mjeseca, a ženka može odložiti do 300 jaja. U istraživanju Kil'a i sur. (2012.) u Rusiji utvrđen je približan omjer fenoforama, kako slijedi: 80 % s crveno-crnim uzorkom skuteluma, 17 % s bijelo-crnim, a samo 3 % sa žuto-crnim. Ovaj omjer može varirati ovisno od godine do godine. Prezimljiva u stadiju odrasloga kukca kao i ostale Pentatomidae, a može razviti dvije do tri

generacije godišnje. Jaja su crna, bačvastoga oblika, a poklopac (operkulum) završava s 15 nastavaka, koji su puno manji nego kod jaja *P. maculiventris*. Jaja su dužine 1,2 mm i širine 0,9 mm. Jajna legla u prosjeku sadrže 10 – 25 jaja, najčešće položenih u dva reda. Embrionalni razvoj započinje iznad 15 °C, a kod temperature 20 – 25 °C potrebno je oko tjedan dana do pojave ličinaka. Ličinke su ovalnoga oblika i prolaze pet stadija razvoja. Prvi stadij ličinke duljine je 1,5 mm, dok zadnji dosegne i do 9 mm. Prva dva stadija imaju crnu glavu i prsište, dok je zadak izrazito crvene boje, s tamnim mrljama. Kod trećega i četvrtog stadija ličinke boja zatka može varirati od crvene do narančasto-crvene ili crvenkasto-žute, dok crna boja prsišta često ima zelenkasti sjaj. Kod zadnjega stadija ličinke jasno se razlikuju dvije forme: tamne forme su zelenkasto-crne i crvene, dok su kod svijetlih forma prsište i zadak uglavnom bijele ili žute boje s tamnim oznakama te se kod ovoga stadija jasno uočavaju začeci krila. Boja tijela može varirati ovisno o njihovoj ishrani, ali također i o temperaturi. Kod viših temperatura javljaju se svjetlije forme. Ličinke se razvijaju tri tjedna na temperaturi 20 – 25 °C (De Clercq, 2008.).

a)



Slika 2. Morfološke razlike odrasloga stadija *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775.) a) dorzalno i b) ventralno (Sarajlić, A., 2024.)

Figure 2. Morphological differences between the adults of *Perillus bioculatus* a) dorsal side and b) ventral side (Sarajlić, A., 2024)

BIOLOGIJA

Razvojni ciklus ove vrste uključuje različite stadije razvoja, od jajeta preko pet razvojnih stadija ličinke do odrasle jedinke. U prirodi se *P. bioculatus* uglavnom nalazi u blizini jaja i ličinkama kornjaša, najčešće porodice zlatice (Chrysomelidae). Kao prirodni neprijatelj krumpirove zlatice, radije se hrani jajima i mladim ličinkama zlatice. Iako se hrani svim stadijima krumpirove zlatice, neka istraživanja ukazuju na hranidbenu preferenciju prema jajima. U istraživanjima je utvrđeno da jedna ličinka *P. bioculatus* može pojesti više od 300 jaja krumpirove zlatice (De Clercq, 2008.). Ako ponestane jaja i mladih ličinkama zlatice u prirodi, stjenice se razilaze u potrazi za drugom hranom (Jermy, 1962.). Ono što je zanimljivo, a navodi se u istraživanju Jermyja (1962.), jest ishrana stjenice na kukuljicama krumpirove zlatice, što je izuzetno rijetko u literaturi, a obično se navode ostali stadiji zlatice kao izvor hrane za stjenicu. Imago ove stjenice prezimljuje ispod biljnih ostataka ili u tlu oko rubova polja na kojima se uzgaja se krumpir ili na drugim neobrađenim površinama. Nakon prezimljavanja, odrasle jedinke izlaze s mjesta na kojem su prezimile prije negoli se pojavi krumpirova zlatica i počinju polagati jaja. Zbog nedostatka hrane, prelazi na alternativne izvore, poput lucerišta, na kojem traži štetnike lucerne. Na tim poljima napada štetnike poput lucernine zlatice (*P. fornicata*) i 24 točkaste bubamare (*S. vigintiquatuorpunctata*), ali istovremeno siše sokove iz lucerne i djeteline (Jermy, 1962.). U lipnju i srpnju stjenica polaže jaja u kompaktnome dvostrukom redu koji sadrži 18 do 25 jaja na licu lista krumpira. Potrebno je pet do osam dana da se razviju ličinke, kada i započinje hranjenje prvih stadija kukca sisanjem biljnih sokova. Prvi stadij ličinke se uglavnom grupira oko jajne skupine, iako ličinke i kasnije pokazuju sklonost grupiranju, posebno kod presvlačenja ili nižih

temperatura. Ličinke drugoga stadija počinju napadati plijen i hraniti se njime, dok se prvi stadij ličinke najčešće hrani biljnim sokovima. Često ličinke napadaju plijen skupno, što pomaže i razvoju manjih ličinkama, koje se hrane plijenom ubijenim od strane većih stadija. Svi se grabežljivi stadiji redovito uz plijen hrane i biljnim sokovima (De Clercq, 2008.). Optimalan uvjet za razvoj svih stadija jest temperatura od 24 °C tijekom 18 do 20 dana. Prosječno vrijeme za razvoj od jaja do imaga jest 25 do 30 dana. U rujnu ili listopadu odrasli stadiji odlaze na prezimljavanje. U povoljnim se uvjetima od odraslih koji su uspješno prezimili očekuje da će živjeti do početka lipnja sljedeće godine. Prema istraživanju Kil'a i sur. (2012.) utvrđeno je da je brojnost od 5 do 15 jedinki *P. bioculatus* po m² krumpira dovoljna za suzbijanje krumpirove zlatice bez kemijskih insekticida, dok su Biever i Chauvin (1992.) procijenili da 1 – 3 jedinke *P. bioculatus* po biljci krumpira smanje populaciju krumpirove zlatice do 62 %, a Agasyeva i sur. (2023.) ukazuju na idealan omjer *P. bioculatus* i krumpirove zlatice (jaja i ličinke) 1:10 – 1:15.

LABORATORIJSKI UZGOJ STJENICE *Perillus bioculatus*

Kukci se često suočavaju s različitim promjenama u ekosustavu što može utjecati na način i promjenu njihove ishrane. Zbog toga su razvili različite mehanizme kako bi mogli regulirati potrebe za prehranom, npr. dija-pauza je fiziološki mehanizam za predvidljivu sezonsku nestašicu hrane (Danks, 1987.). Promjena u zemljopisnoj distribuciji kukaca kao rezultat klimatskih promjena ili globalne trgovine rezultira novim prehrambenim navikama u novim ekosustavima. Stoga način na koji se razvija regulacija plastičnosti vrste pruža osnovu za daljnje istraživanje različitih utjecaja na životne navike kukaca što omogućuje točnije predviđanje ključnih aspekata

ta, posebice onih koji bi mogli predstavljati izazov za određene vrste u budućnosti (Casasa, 2024.).

Tijekom proučavanja *P. bioculatus* procijenjeno je da su potrebne 1-3 ličinke stjenice po biljci krumpira kako bi se postiglo uspješno suzbijanje krumpirove zlatice (Biever i Chauvin, 1992), što bi značilo tisuće ličinki po hektaru za velike proizvođače čime se nameće potreba za ekonomičnom metodom masovne proizvodnje ovog predatora. Bez dostupne dobre umjetne hrane, korištenje lažnog plijena može biti održiv način ekonomične masovne proizvodnje *P. bioculatus*. Saint-Cyr i Cloutier (1996.) predstavili su neke potencijalne lažne izbore plijena za masovnu proizvodnju *P. bioculatus* te su zaključili da su ličinke velikog brašnara (*T. molitor*) i kućni cvrčci (*A. domesticus*) održivi plijen za *P. bioculatus* i ne mijenjaju predatorovu sklonost prirodnom plijenu.

Međutim, u istraživanju Elisovetca i sur. (2020.) pokazalo se da s povećanjem broja laboratorijskih generacija predatora (od F13 do F29) proizvodnja jaja kod ženki *P. bioculatus* značajno opada s 16,4-35,7 na 15,0-27,5 jaja po jednoj ženki. Broj odloženih jaja ovisi uvelike i o vrsti hrane kojom se hrani predator, te je tako utvrđeno da je udio jaja koje su položile ženke zimske generacije bio najmanji pri ishrani ličinkama velikog voskovog moljca (*G. mellonella*). Utvrđene su prehrambene sklonosti *P. bioculatus* između zlatice: *E. adonidis*, *C. herbacea*, i *C. coerulans*, *E. suturalis* i velikog voskovog moljca. Prezimljuća generacija imaga *P. bioculatus* odbijala je hraniti se ličinkama i imagom *E. suturalis*, pretpostavlja se zbog izokinolinskih alkaloida koji se nalazi u hemolimfi zlatice. Istraživanja su pokazala da se dnevna proizvodnja jaja kod prezimljujuće generacije *P. bioculatus* koji su hranjeni s *E. adonidis*, *C. herbacea* i *C. coerulans* povećala s $8,3 \pm 0,5$ na $11,2 \pm 0,7$ s utvrđenom preferencijom prema vrsti *C. herbacea*.

U istraživanju Guadalupe i sur. (2000.) ispitivana je umjetna hrana na osnovi pilećih jetrica i tunjevine kako bi nutritivno bila što sličnija jajima krumpirove zlatice. *Perillus bioculatus* uzgajan je na ovoj hrani 11 generacija bez kumulativnih štetnih učinaka na njegovu biologiju. Oni smatraju da ove promjene ukazuju na određeni stupanj prilagodbe novoj vrsti hrane nakon nekoliko uzastopnih in vitro generacija. Vrijeme razvoja i predovipozicijski period bili su znatno duži dok je održivost jaja i plodnost bila niža u odnosu na kontrolu.

U studiji koju su proveli Coudron i Kim (2004.) utvrđeno je da su ličinke i odrasli hranjeni na umjetnoj hrani imali duži razvojni ciklus kao i nižu stopu reprodukcije u odnosu na ishranu ličinkama *T. ni*, gdje je također utvrđeno da su i troškovi uzgoja *P. bioculatus* na umjetnoj prehrani bili veći za 1,1 u odnosu na troškove uzgoja prirodnim plijenom.

Skladištenje kukaca na niskim temperaturama uobičajena je praksa koja se koristi pri transportu ili kod povećanja populacije, međutim, ovakav način skladištenja kukaca utječe na životne procese kod svih stadija kukca. Coudron i sur. (2009.) istraživali su utjecaj prehrane na skladištenje *P. bioculatus* na različitim temperaturama i u različitim vremenskim periodima.

Rezultati su pokazali da je najveća stopa preživljavanja bila kod odraslih stadija *P. bioculatus* jer je utvrđeno neovisno o vrsti hrane da su mogle izdržati na 10°C tri tjedna uz vrlo mali gubitak plodnosti ili održivosti jaja. Isto tako križanje odraslih jedinki koje su čuvane na 10°C s odraslim jedinkama koje su uzgajane na 26°C pokazalo je da su niske temperature skladištenja štetnije utjecale na odrasle ženke nego na mužjake. Zanimljivo je da su ličinke koje su hranjenje umjetnom hranom bolje podnosile niske temperature u odnosu na ličinke koje su se hranile prirodnom hranom. Ukoliko usporedimo ove rezultate sa sličnim istraživanjem iz prethodnih godina na vrsti *P. maculiventris* može se zaključiti da je stjenica *P. maculiventris* imala bolji odgovor u gotovo svim mjeranim parametrima kod dužeg čuvanja na niskim temperaturama u odnosu na *P. bioculatus* (Coudron i sur., 2007.) što je također stavlja visoko na listu prioriteta predatora krumpirove zlatice.

UTJECAJ HLAPLJIVIH SPOJEVA BILJKE KRUMPIRANA PRIVLAČNOST *Perillus bioculatus*

Veće i starije, zdrave biljke krumpira (> 60 cm, 5 – 6 tjedana) privlače krumpirovu zaticu, dok ih manje biljke (15 – 25 cm, 2 – 3 tjedna starosti) ne privlače. Međutim, manje biljke im postaju atraktivne kada su oštećene zbog spojeva koje biljka emitira. Postoje dvije faze privlačnosti: prva za hlapljive spojeve koji se oslobađaju izravno s oštećenoga mjesta i druga za hlapljive spojeve koji su inducirani kao odgovor na ishranu fitofaga. Kemijske analize zaraženih biljaka krumpira pokazuju da zaraza rezultira emisijom mješavine kemikalija koja je kvalitativno vrlo slična onoj koju emitiraju zdrave biljke. Glavne komponente hlapljivih spojeva su terpenoidi i derivati masnih kiselina, kao što su aldehidi i alkoholi. Stopa emisije nekih od ovih kemikalija opada nakon uklanjanja štetnika, dok se stopa emisije drugih kemikalija povećava ovisno o periodu u kojem se hranio štetni kukac i ostaje na visokoj razini čak i nakon uklanjanja kornjaša (Bolter i sur., 1997.).

Biljne se vrste razlikuju u načinu na koji reagiraju na napad štetnika, što određuje karakteristike signala kojim raspolazu štetnici, kao i njihovi prirodni neprijatelji, kod traženja hrane. *Perillus bioculatus* privlače hlapljivi spojevi koje oslobađa oštećena biljka krumpira, što olakšava lociranje plijena (Kóbor i Brhane, 2024.). Weissbecker i sur. (2000.) u svojem radu navode da se *P. bioculatus* koristi vidom kako bi na manjoj udaljenosti pronašla plijen, dok ih na većoj udaljenosti privlače hlapljivi spojevi koje otpušta biljka kada je oštećena. Oštećena biljka krumpira ispušta širok spektar spojeva, među kojima su monoterpenoidi, seskviterpenoidi i drugi spojevi. Terpeni su hlapljive tvari koje biljkama i cvijeću daju karakterističan miris (Weissbecker i sur. 1999.). Biljke proizvode hlapljive terpene s ciljem privlačenja određenih kukaca za oprašivanje ili za odbijanje štetnika. Postoje različite emisije hlapljivih spojeva koje se javljaju kod mehaničkih oštećenja ili kod napada štetnika. Prilikom mehaničkih oštećenja emitiraju se spojevi koje privlače *P. bioculatus*, ali se također emitiraju spojevi koji ih privlače

dok su napadnute krumpirovom zlaticom (Weissbecker i sur. 1999.). Iz biljaka krumpira uzorkovani su hlapljivi spojevi koji su nastali uslijed oštećenja biljke od strane krumpirove zlatice, uslijed mehaničkih oštećenja nastalih djelovanjem nepogodnih vremenskih uvjeta te oštećenja nastalih nestručnim rukovanjem mehanizacijom. U rezultatima je navedeno da je ukupna količina seskviterpena veća nakon mehaničkih oštećenja, za razliku od napada krumpirovim zlaticama (Weissbecker i sur., 2000.). No, količina hlapljivih spojeva koja se javlja nakon mehaničkoga oštećenja vraća se na kontrolne vrijednosti unutar 1 – 2 h nakon prouzročene štete, a usuprot tomu količina hlapljivih tvari nastala nakon ishrane ličinki krumpirove zlatice bila je povišena najmanje 3 h nakon ishrane (van Loon i sur., 2003.), što znači da biljka duže šalje signale predatorima ako je podvrgnuta napadu štetnih organizmima kako bi ih privukla i kako bi se zaštitila od daljih napada.

KOMPATIBILNOST *P. bioculatus* S DRUGIM SREDSTVIMA

Perillus bioculatus važan je entomofag u biološkome suzbijanju krumpirove zlatice. Često je i sam izložen prijetnjama drugih kukaca kao što su parazitske osice, koje se razvijaju na njihovim jajima. Uz *P. bioculatus* na krumpiru se često nalazi i *P. maculiventris*, koji također napada krumpirovu zlaticu. Međutim, ova vrsta je generalistički predator i ne hrani se samo krumpirovom zlaticom, već i različitim drugim vrstama kukaca. U istraživanju Hough-Goldstein i McPhersona (1996.) utvrđeno je kako su navedene vrste kukaca podjednako učinkovite kod suzbijanja jaja i ličinki krumpirove zlatice te sprječavanja defolijacije krumpira na malim poljima, a osmišljen je i uređaj za primjenu ovih predatora u polju (De Ladurantaye i sur., 2010.).

Kako bi biološka zaštita bila što učinkovitija, važno je postići kompatibilnost korisnih organizama s različitim sredstvima za zaštitu bilja. Sredstva za zaštitu bilja potrebno je pažljivo birati kako bi se očuvale populacije korisnih predatora. Agasyeva i sur. (2023.) proveli su detaljna istraživanja kompatibilnosti kemijski i bioloških pripravaka s *P. bioculatus*. U navedenom je istraživanju zaključeno da kemijska sredstva za zaštitu bilja (imidakloprid, deltametrin, klorpirifos-etil i tiametoksam) imaju različitu učinkovitost u suzbijanju krumpirove zlatice, što autori povezuju sa rezistentnošću štetnika. No, sve aktivne tvari bile su visoko toksične za *P. bioculatus*, te su potpuno uništile populaciju stjenica u svim stadijima razvoja. S druge strane, sredstva za zaštitu bilja koja su manje toksična za okoliš (aversectin i *Bacillus thuringiensis*) mogu pružiti učinkovitu zaštitu od krumpirove zlatice u kombinaciji s *P. bioculatus* jer je u istome istraživanju dokazano da nisu štetna za odrasli stadij, kao ni za starije stadije ličinke *P. bioculatus*. Ovakav pristup pomoći će u održavanju i obnavljanju populacije entomofaga, što će zauzvrat poboljšati zaštitu usjeva prirodnom regulacijom. U istraživanju Hough-Goldstein i Keila (1991.) utvrđena je visoka toksičnost endosulfana, oksamila i esfenvalerata za *P. bioculatus*, dok je ekstrakt sjemenaka neema

produžio period presvlačenja kod ličinki trećega stadija i izazvao različite deformacije nakon presvlačenja. Ono što je i ovim istraživanjem potvrđeno jest kompatibilnost sa sredstvima na bazi bakterije *Bacillus thuringiensis*, pri čemu je populacija ličinki krumpirove zlatice smanjena za 76 % u odnosu na primjenu same bakterije. Slični rezultati dobiveni su u tretmanima s bakterijama i avermektinom, pri čemu je postotak preživljavanja imaga *P. bioculatus* bio 97, odnosno 91 %, a 58 i 52 % za ličinke četvrtoga do petog stadija (Agas'eva i sur., 2019.).

ZAKLJUČAK

Brojna istraživanja ukazala su na veliku korist *P. bioculatus* u suzbijanju krumpirove zlatice. Vrsta se uspjela aklimatizirati u našim uvjetima te su zabilježene konstantne populacije i sve veća brojnost, kao i njezino širenje. Međutim, budući da je krumpirova zlatica stvorila rezistentnost na velik broj aktivnih tvari, važno je osim primijene bioloških agenasa osigurati i njihovu kompatibilnost sa sredstvima dopuštenima na tržištu, jer primjena sredstava za zaštitu bilja može ugroziti preživljavanje ove vrste. Istraživanjima je dokazano da sredstva na bazi bakterija nisu štetna i mogu se kombinirati zajedno s *P. bioculatus* u stadiju imaga i odraslih ličinki. Zbog toga je ključno razvijati integrirane strategije zaštite bilja koje uključuju biološke agense, čime se doprinosi očuvanju okoliša, smanjenju ostataka pesticida i održivoj poljoprivredi. Širim trofičkim odnosima predatora zbog dodatnoga izvora hrane kao što je ambrozijina zlatica postignuto je uspješnije prevladavanje asinkronosti s krumpirovom zlaticom, što je za posljedicu imalo uspješnije održavanje populacije *P. bioculatus*.

LITERATURA

1. Agas'eva, I. S., Ismailov, V. Ya., Nefedova, M. V., & Fedorenko, E. V. (2016). The species composition and bioregulatory activity of entomophages in potato pest control system. *Agricultural biology*, 51(3), 401-410.
2. Agas'eva, I. S., Nefedova, M.V., Fedorenko, E.V., Mkrtchyan, A.O., Nastasii, A.S. & Ismailov, V.Ya. (2019). Compatibility of entomophages with biological and bio-rational pesticides. *Agricultural biology*, 54(1), 101-109. doi: 10.15389/agrobiology.2019.1.101
3. Agasyeva, I., Nefedova, M., Ismailov, V., & Nastasy, A. (2023). Entomophages of the Colorado potato beetle, population dynamics of *Perillus bioculatus* Fabr. and its compatibility with biological and chemical insecticides. *Agronomy*, 13(6), 1496. <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/6/1496>
4. Bažok, R., Čačija, M., Lemić, D., Virić Gašparić, H., & Drmić, Z. (2017). Rezistentnost krumpirove zlatice na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*, 17(5), 460–468.
5. Biever, K. D., & Chauvin, R. L. (1992). Suppression of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with Augmentative Releases of Predaceous Stinkbugs (Hemiptera: Pentatomidae), *Journal of Economic Entomology*, 85(3): 720–726. <https://doi.org/10.1093/jee/85.3.720>

6. Bolter, C.J., Dicke, M., van Loon, J. J. A., Visser, J.H., & Posthumus, M. A. (1997). Attraction of Colorado Potato Beetle to Herbivore-Damaged Plants During Herbivory and After Its Termination. *Journal of Chemical Ecology* 23, 1003–1023. doi.org/10.1023/B:JOEC.0000006385.70652.5e
7. Brugnara, R., & Grazia, J. (2024). Predatory Stink Bugs of Economic Importance as Biological Control Agents. In: Bueno, A.F., Panizzi, A.R. (eds) Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) Research and Management. Entomology in Focus, vol 9. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-69742-5_2
8. Casasa, S. (2024). Evolution of regulatory mechanisms underlying nutrition-responsive plasticity in insects. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 12:1409743. doi: 10.3389/fevo.2024.1409743
9. Coudron, T.A., & Kim, Y. (2004). Life history and cost analysis for continuous rearing of *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytogenous artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, 97, 807–812. https://doi.org/10.1093/jee/97.3.807
10. Coudron, T.A., & Ellersieck, M., & Shelby, K. (2007). Influence of diet on long-term cold storage of the predator *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control*. 42, 186–195. 10.1016/j.biocontrol.2007.04.014.
11. Coudron, T.A., Popham, H.R., & Ellersieck, M.R. (2009). Influence of diet on cold storage of the predator *Perillus bioculatus* (F.), *Biocontrol*, 54, 773–783. doi: 10.1007/s10526-009-9227-8
12. Čato, S., Doboš, M., Škugor, T., Pihlajamaa, O., & Muradkhanyan, A. (2024). New data on the distribution of *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae): First records from Croatia, Bosnia and Herzegovina, North Macedonia, Georgia, and Armenia. *Acta Entomologica Serbica*, 29(2), 29–36. https://doi.org/10.5281/zenodo.14186012
13. Danks, H.V. (1987). Insect dormancy: an ecological perspective, Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), University of Minnesota, Ottawa, Ontario
14. de Ladurantaye, Y., & Khelifi, M. (2010). Design of a mechanical release system of *Perillus bioculatus* to control the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Proceedings of the 17th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), Québec City, QC, Canada, 13–17 June 2010.
15. Derjanschi, V., & Elisovetcaia, D. (2014). Predatory stink bug *Perillus bioculatus* Fabricius 1775 (Hemiptera, Pentatomidae) in the Republic of Moldova. Oltenia, *Studii și comunicări. Științele Naturii* 30(1), 104–107.
16. Elisovetcaia, D., Derjanschi, V., Agas'eva I., & Nefedova, M. (2020). Some results of breeding a predatory stink bug of *Perillus bioculatus* F. (Hemiptera, Pentatomidae) in the Republic of Moldova. *BioWeb Conference* 21 00024 doi: https://doi.org/10.1051/bioconf/20202100024
17. Göldel, B.; Lemic, D.; & Bažok, R. (2020). Alternatives to Synthetic Insecticides in the Control of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and Their Environmental Benefits. *Agriculture*, 10, 611. https://doi.org/10.3390/agriculture10120611
18. Harshana, A. (2021). New record on natural enemies of mexican beetle *Zygogramma bicolorata*. *Indian Journal of Entomology*. 83, 48–50. 10.5958/0974-8172.2020.00243.6.
19. Hough-Goldstein, J., & Keil, C. B. (1991). Prospects for Integrated Control of the Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Using *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae) and Various Pesticides, *Journal of Economic Entomology*, 84(6), 1645–1651, https://doi.org/10.1093/jee/84.6.1645
20. Hough-Goldstein J, & McPherson D. (1996). Comparison of *Perillus bioculatus* and *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) as potential control agents of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*. 89(5), 1116–23. doi: 10.1093/jee/89.5.1116. PMID: 8913113.
21. Iosob, A., & Tina, C. (2022). The study of *Perillus bioculatus* F. (Heteroptera, Pentatomidae) population as a potential key factor in the development of biological management strategies for *Leptinotarsa decemlineata* Say at *Solanum melongena* L.. *Romanian journal of Horticulture*. 3, 91–98. 10.51258/RJH.2022.10.
22. Jermy, T. (1962). Pokusi udomaćivanja *Perillus bioculatus* Fabr. (Heteroptera, Pentatomidae) u Mađarskoj, *Agronomski glasnik*, 12(5–6–7), 558–562.
23. Jermy, T., 1980. The introduction of *Perillus bioculatus* into Europe to control the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Bulletin of the European Mediterranean Organization for Plant Protection*, 10: 475–480. doi: 10.1111/j.1365-2338.1980.tb01733.x
24. Kil', V. I., Ismailov, V. Y., Agas'eva, I. S., Besedina, E. N., & Fedorenko, E. V. (2012). Biological characteristics of the predatory two-spotted stink bug *Perillus bioculatus* F. and PCR study of its phylogeny. *Russian Agricultural Sciences*, 38(3), 218–221. doi:10.3103/s106836741203010x
25. Kivan M. (2004). Some observations on *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae), a new record for the entomofauna of Turkey, *Türkiye Entomoloji Dergisi* 28 (2), 95–98
26. Kóbor, P., Brhane, D. (2024). Past, present and future of the two-spotted stink bug (*Perillus bioculatus*) in Europe revealed by citizen science. *Scientific Reports*. 14, 21494 https://doi.org/10.1038/s41598-024-72501-0
27. Nadaždin, B., & Šeat, J. (2019). Značajni nalazi stenica (Insecta: Heteroptera) u bazi "Alciphron". Rezimej XII Simpozijuma entomologa Srbije sa međunarodnim učesćem. Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija, 25–29. rujan, 2019, 30 pp.
28. Nadaždin B. & Šeat J. (2022). New data on *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae) in Serbia: Do climate change and a new food source contribute to the true bug expansion? *Acta entomologica Serbia*, 27(2): 83–90. https://doi.org/10.5281/zenodo.7225252
29. De Clercq, P. (2008). Two-Spotted Stink Bug, *Perillus bioculatus* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae, Asopinae). In J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of Entomology* 4, 4004–4006. Springer.
30. Protić Lj., & Živić N. (2012). *Perillus bioculatus* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) in Serbia, *Acta entomologica serbica*, 17(1/2): 23–28
31. Protić, Lj., Črkrić Matijević, M., Stojanović, A., & Smiljanić, D. (2022). Distribution of *Perillus bioculatus*

- (Fabricius, 1775) in Serbia. *Bulletin of the Natural History Museum*, 15, 121-136. doi:10.5937/bnhmb2215121P
32. Rabitsch, W. (2008). Alien true bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). *Zootaxa*, 1827, 1-44
 33. Guadalupe, R. M., Morales-Ramos, J. A., & Kong, E. G. (2000). Two Meridic Diets for *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae), a Predator of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological control*, 17: 92-99. doi: 10.1006/bcon.1999.0780
 34. Saint-Cyr, J. F., & Cloutier, C. (1996). Prey Preference by the Stinkbug *Perillus bioculatus*, a Predator of the Colorado Potato Beetle, *Biological Control*, 7(3): 251-258, <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0091>.
 35. Sarajlić, A., Raspudić, E., Majić, I., Ivezić, M. & Brmež, M. (2014). Učinkovitost prirodne populacije osica *Trichogramma* u suzbijanju kukuruznoga moljca u poljskim uvjetima. *Poljoprivreda*, 20 (2), 18-22.
 36. Simov, N., Langourov, M., Grozeva, S., & Gradinarov, D. (2012). New and Interesting Records of Alien and Native True Bugs (Hemiptera: Heteroptera) from Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*. 64. 241-252.
 37. Tarla S. & Tarla G. (2018.) Detection of *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) on a new host in Anatolia, *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 2319-1473
 38. van Loon, J.J.A., de Vos, E.W., & Dicke, M. (2003). Orientation behaviour of the predatory hemipteran *Perillus bioculatus* to plant and prey odours. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 96: 51-58. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00678.x>
 39. Weissbecker B., Van Loon A. J. J. & Dicke M. (1999). Electroantennogram responses of a predator, *Perillus bioculatus*, and its prey, *Leptinotarsa decemlineata*, to plant volatiles, *Chemistry and Ecology* 25, 2313-2325
 40. Weissbecker B., van Loon A. J. J., Posthumus A. M., Bouwmeester J. H., & Dicke M. (2000). Identification of volatile potato sesquiterpenoids and their olfactory detection by the two-spotted stinkbug, *Chemistry and Ecology* 26, 1433 – 1445, doi: 10.1590/S1519-566X2008000500001
 41. Zadravec, M., Horvatić, B., & Prpić, P. (2019). The Balkans invaded – first record of *Ophraella communa* LeSage, 1986 (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia. *BioInvasions Records*. 8 (3), 521-529. DOI: <https://doi.org/10.3391/bir.2019.8.3.07>

***Perillus bioculatus* (Pentatomidae) AS A POTENTIAL BIOLOGICAL AGENT IN THE CONTROL OF THE COLORADO POTATO BEETLE (CPB) (*Leptinotarsa decemlineata*)**

SUMMARY

In the agricultural production, Perillus bioculatus is used as a biological control agent in an attempt to control the Colorado potato beetle (CPB; Leptinotarsa decemlineata), the most important potato pest. The utilization of this predator decreases the application of chemical insecticides, which is particularly significant due to the beetle's resistance to insecticides and its sustainability in potato production. Although the initial attempts to introduce the P. bioculatus to Europe were unsuccessful, in recent years the expansion of this species has been recorded in several European countries. Perillus bioculatus feeds on the eggs, larvae, and adults of the CPB and, if the CPB is not represented in the field, it feeds on other pests, mainly from the Chrysomelidae and Coccinellidae families. Despite a fact that P. bioculatus is effective in controlling the CPB, there are a number of challenges to a successful control of the beetle, such as the reduction of the P. bioculatus population due to the attacks by the parasitic wasps on their eggs, unsynchronized occurrences with the CPB, or a negative impact of chemical insecticides that can completely destroy a population. Therefore, it is significant to develop the integrated crop-protection strategies that include the biological control agents in order to reduce a negative impact of insecticides on the environment and human health.

Keywords: resistance, beneficial insects, potato pests, biological control, integrated pest management

(Primljeno 26. ožujka 2025.; prihvaćeno 9. travnja 2025. – Received on March 26, 2025; accepted on April 9, 2025)