

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

PUBLIKACIJA FUTURE - STRUČNO-ZNANSTVENA UDRUGA ZA PROMICANJE ODRŽIVOG RAZVOJA, KULTURE I MEĐUNARODNE SURADNJE, ŠIBENIK

VOLUMEN 8 BROJ 3

PROSINAC 2025.

Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

Nakladnik:

FUTURA



Sjedište udruge: Šibenik

Adresa uredništva:

Bana Josipa Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Hrvatska / Croatia

☎ / 📠: +385 (0) 022 218 133

✉: urednistvo@gazette-future.eu / editors@gazette-future.eu

🌐: www.gazette-future.eu

Uredivački odbor / Editorial Board:
Izv. prof. dr. sc. Boris Dorbić – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., univ. mag. nutr., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol – član

Mr. sc. Milivoj Blažević – član

Vesna Štibrčić, dipl. ing. preh. teh. – članica

Antonia Dorbić, mag. art. – članica

Gostujući urednik / *Guest editor* / (2025) 8(3) – Izv. prof. dr. sc. Ivan Juran
Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

Dr. sc. Gean Pablo S. Aguiar – Savezna republika Brazil (Universidade Federal de Santa Catarina)

Prof. dr. sc. Kiril Bahcevandziev – Portugalska Republika (Instituto Politécnico de Coimbra)

Prof. dr. sc. Martin Bobinac – Republika Srbija (Šumarski fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Zvezda Bogevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Dr. sc. Bogdan Cvjetković, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Margarita Davitkovska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana Skopje)

Prof. dr. sc. Dubravka Dujmović Purgar – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Josipa Giljanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Semina Hadžiabulić – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Prof. dr. sc. Péter Honfi – Mađarska (Faculty of Horticultural Science Budapest)

Prof. dr. sc. Mladen Ivčić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Doc. dr. sc. Anna Jakubczak – Republika Poljska (Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy)

Dr. sc. Željko Jurjević – Sjedinjene Američke Države (EMSL Analytical, Inc., North Cinnaminson, New Jersey)

Prof. dr. sc. Mariia Kalista – Ukrajina (National Museum of Natural History of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv)

Dr. sc. Tajana Krička, prof. emeritus – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Dejan Kojić – Bosna i Hercegovina (Univerzitet PIM)

Slobodan Kulić, mag. iur. – Helenska Republika (Federation Panhellenique del' Omithologie)

Prof. dr. sc. Branka Ljevnaić-Mašić – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu)

Prof. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Semir Maslo, prof. – Kraljevina Švedska (Primary School, Lundäkerskolan, Gislaved)

Prof. dr. sc. Ana Matin – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Elizabeta Miskoska-Milevska – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za zemjodjelski nauki i hrana)

Prof. dr. sc. Bosiljka Mustač – Republika Hrvatska (Sveučilište u Zadru)

Prof. dr. sc. Ayşe Nilgün Atay – Republika Turska (Mehmet Akif Ersoy University – Burdur, Food Agriculture and Livestock School)

Doc. dr. sc. Andrea Paut- Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Doc. dr. sc. Nibir Pratim Choudhury – Republika Indija (The Assam Royal Global University, Guwahati, Assam)

Prof. dr. sc. Tatjana Prebeg – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Bojan Simovski – Republika Sjeverna Makedonija (Fakultet za šumarski nauki, pejzažna arhitektura i ekoinženering „Hans Em“ Skopje)

Prof. dr. sc. Davor Skejić – Republika Hrvatska (Građevinski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Azra Skender – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Akademik prof. dr. sc. Mirko Smoljić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Sveučilište Sjever, Varaždin/Koprivnica, Odjel ekonomije)

Prof. dr. sc. Nina Šajna – Republika Slovenija (Fakulteta za naravoslovje in matematiko)

Doc. dr. sc. Mladenka Šarolić, prof. struč. stud. – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu)

Prof. dr. sc. Andrej Šušek – Republika Slovenija (Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor)

Prof. dr. sc. Elma Temim – Bosna i Hercegovina (Agromediteranski fakultet Mostar)

Doc. dr. sc. Merima Toromanović – Bosna i Hercegovina (Biotehnički fakultet Univerziteta u Bihaću)

Prof. dr. sc. Marko Turk – Republika Hrvatska (Visoka poslovna škola PAR)

Prof. dr. sc. Ivana Vitasović Kosić – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Doc. dr. sc. Bojana Voučko – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnoški fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Ana Vujošević – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Sandra Vuković, mag. ing. – Republika Srbija (Poljoprivredni fakultet Beograd)

Prof. dr. sc. Vesna Židovec – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

Prof. dr. sc. Denisa Žujo Zekić – Bosna i Hercegovina (Nastavnički fakultet Mostar)

Grafička priprema: Ančica Sečan, mag. act. soc.

Objavljeno: 28. prosinca 2025. godine.

Časopis izlazi u elektroničkom izdanju dva puta godišnje, krajem lipnja i prosinca, a predviđena su i dva specijalna izdanja tijekom godine iz biotehničkog područja.

Časopis je besplatan. Rukopisi i recenzije se ne vraćaju i ne honoriraju.

Autori/ce su u potpunosti odgovorni/e za sadržaj, kontakt podatke i točnost engleskog jezika.

Umnožavanje (reproduciranje), stavljanje u promet (distribuiranje), priopćavanje javnosti, stavljanje na raspolaganje javnosti odnosno prerada u bilo kojem obliku nije dopuštena bez pismenog dopuštenja Nakladnika.

Sadržaj objavljen u Glasilu Future može se slobodno koristiti u osobne i obrazovne svrhe uz obvezno navođenje izvora.

Časopis je indeksiran u CAB Abstract (CAB International).

Riječ gostujućeg urednika

Poštovani čitatelji Glasila Future,

pred vama je tematski broj stručno-znanstvenog časopisa „Glasilo Future“, u potpunosti posvećen štetnim organizmima u poljoprivredi. Riječ je o temi koja u suvremenom kontekstu zauzima središnje mjesto ne samo u znanstvenoj zajednici, već i u izravnim, svakodnevnim iskustvima poljoprivrednih proizvođača te široj javnosti koja ovisi o sigurnosti opskrbnih lanaca.

Štetni organizmi, među kojima se svojom štetnošću i prilagodljivošću posebno ističu određene vrste kukaca i korova, predstavljaju jedan od najozbiljnijih ograničavajućih čimbenika stabilne i održive poljoprivredne proizvodnje. Njihova prisutnost ne uzrokuje samo izravne gubitke u prinosu i narušavanje kvalitete proizvoda, već dugoročno ugrožava ekonomsku isplativost proizvodnje i globalnu prehrambenu sigurnost. U današnjim agroekosustavima ovaj je izazov postao još složeniji. Sinergijsko djelovanje klimatskih promjena, intenzivna poljoprivreda i globalizirana trgovina stvorili su idealne uvjete za širenje invazivnih vrsta i pojavu novih, do sada nepoznatih, štetnika na našim prostorima.

Na kraju, poseban fokus ovog broja stavili smo na psihološki i sociološki aspekt našeg odnosa s prirodom – fenomen entomofobije. Strah od kukaca često nadilazi njihovu stvarnu biološku opasnost, a ukorijenjen je u kulturnim predrasudama i često senzacionalističkom medijskom izvještavanju. Takva percepcija nepravedno stigmatizira cijelu skupinu organizama, zanemarujući pritom njihovu nezamjenjivu ekološku ulogu.

Primarni cilj ovog izdanja nije samo puko prezentiranje znanstvenih rezultata, već snažan doprinos racionalnijem razumijevanju uloge štetnih organizama. Vjerujemo da je edukacija temeljena na provjerenim činjenicama jedini put ka smanjenju neopravdanog straha i promjeni javne percepcije. Znanstveno utemeljeno znanje ključan je alat za donošenje odgovornih odluka – od primjene preciznih agrotehničkih mjera na terenu do oblikovanja informiranog javnog mnijenja.

Vjerujem da će radovi okupljeni u ovom broju „Glasila future“ biti nezaobilazan izvor informacija za znanstvenike, studente i stručnjake iz prakse. Neka ovo izdanje posluži kao platforma za daljnji, prijeko potrebni dijalog između znanosti i društva o svim izazovima i perspektivama koje donosi moderna poljoprivreda.

Izv. prof. dr. sc. Ivan Juran



Glasilo Future

Stručno-znanstveni časopis

FUTURA – stručno-znanstvena udruga za promicanje održivog razvoja, kulture i međunarodne suradnje, Bana Josipa Jelačića 13 a,
22000 Šibenik, Hrvatska

(2025) 8(3) 01–95

SADRŽAJ:

	Str.
<i>Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)</i>	
<i>B. Dorbić, Lucija Dorbić Jurlin, Denisa Žujo Zekić, E. Kajtaž</i> Stavovi i percepcije o fobiji prema kukcima Attitudes and perceptions about insect phobia	01–13
<i>Pregledni rad (scientific review)</i>	
<i>Maja Čačija, Vanja Smiljanić, Zrinka Drmić, Katarina Martinko, I. Juran</i> Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika u zaštiti bilja Molecular methods of pests detection and identification in plant protection	14–43
<i>I. Juran, Maja Mesić, Tanja Gotlin Čuljak, Katarina Martinko, Maja Čačija</i> Štetni kukci EPPO „Alert“ liste iz reda Lepidoptera Insect pests of EPPO „Alert“ list from order Lepidoptera	44–62
<i>Maja Čačija, Dora Badurina, Zrinka Drmić, Dinka Grubišić, I. Juran</i> Korisni kukci iz reda Diptera kao prirodni neprijatelji štetnih kukaca u poljoprivredi Insects of the order Diptera as natural enemies of agricultural insect pests	63–79
<i>Valentina Šoštarčić, Maja Šćepanović</i> Biologija i ekologija obične dikice (<i>Xanthium strumarium</i> L.) Biology and Ecology of the Common Cocklebur (<i>Xanthium strumarium</i> L.).....	80–92
<i>Obavijesti (notices)</i>	
<i>B. Dorbić</i> Obavijest o ispravcima Notice of corrections	93–93
<i>Upute autorima (instructions to authors)</i>	94–95

Stavovi i percepcije o fobiji prema kukcima

Attitudes and perceptions about insect phobia

Boris Dorbić^{1*}, Lucija Dorbić Jurlin², Denisa Žujo Zekić³, Esved Kajtaž³

Izvorni znanstveni rad (original scientific paper)

doi: 10.32779/gf.8.3.1

Citiranje/Citation⁴

Sažetak

Anksiozni poremećaji su česti među stanovništvom, a fobije su jedna od vrsta tih poremećaja. Većina odraslih i djece posjeduje neobjašnjivi strah od kukaca (entomofobija), a neovisno o navedenom kukci služe kao hrana milijardama ljudi diljem Zemlje. Kod nas se takva praksa koristi tek od nedavno i uzeta je s rezervom. Za nestajanje straha od kukaca potrebno je djecu od najmlađe životne dobi informirati o njima. U radu je pored teoretskog okvira korišteno anketno ispitivanje s ciljem ispitivanja percepcije i stavova o fobiji prema kukcima. Istraživanje je provedeno u drugoj polovici 2025. godine. U anketi je sudjelovalo 50 ispitanika. Rezultati su pokazali da ispitanici imaju umjereno jaku fobiju prema žoharima i stršljenima, umjerena je iskazana prema 3 vrste i slaba ostalih 14 kukaca. Iskazali su umjerenu fobiju prema vlastitom potencijalnom uzgoju kukaca i prema potencijalnim bolestima od kukaca. Kukce ne bi koristili za hranu, nakit i kao bojila odjeće i obuće. Rad daje izvorne rezultate te doprinos entomološkoj i pedagoškoj struci prema fobijama od kukaca te se može koristiti kao primjer za neka slična istraživanja.

Ključne riječi: kukci, fobija, stavovi i percepcije, uporaba, entomologija.

Abstract

Anxiety disorders are common among the population, and phobias are one of the types of these disorders. Most adults and children have an inexplicable fear of insects (entomophobia), and regardless of the aforementioned insects serve as food for billions of people around the world. In our country, such a practice has only been used recently and is taken with a grain of salt. In order to eliminate the fear of

¹ Sveučilište u Splitu, Agromediteranski fakultet, Zrinsko Frankopanska 38, 21000 Split, Republika Hrvatska.

* E-mail: bdorbic@unist.hr (dopisni autor).

² Studentica studija I-ciklusa Psihologija i Sociologija, Nastavnički fakultet, Univerzitet Džmal Bijedić u Mostaru, Bosna i Hercegovina.

³ Nastavnički fakultet, Univerzitet Džmal Bijedić u Mostaru, Sjeverni logor BB, 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina.

⁴ Dorbić, B., Dorbić Jurlin, L., Žujo Zekić, D., Kajtaž, E. (2025). Stavovi i percepcije o fobiji prema kukcima. *Glasilo Future*, 8(3), 01–13. / Dorbić, B., Dorbić Jurlin, L., Žujo Zekić, D., Kajtaž, E. (2025). Attitudes and perceptions about insect phobia. *Glasilo Future*, 8(3), 01–13.

insects, it is necessary to inform children about them from a young age. In addition to the theoretical framework, the paper used a survey to examine perceptions and attitudes about phobias towards insects. The research was conducted in the second half of 2025. Fifty respondents participated in the survey. The results showed that the respondents have a moderately strong phobia towards cockroaches and hornets, a moderate phobia towards 3 species and a weak phobia towards the other 14 insects. They expressed a moderate phobia towards their own potential breeding of insects and towards potential diseases caused by insects. They would not use insects for food, jewelry, or as dyes for clothing and footwear. The paper provides original results and a contribution to the entomological and pedagogical professions regarding insect phobias and can be used as an example for some similar research.

Key words: insects, phobia, attitudes and perceptions, use, entomology.

Uvod

Anksiozni poremećaji se vrlo često pojavljuju među stanovništvom. Anksioznost (tjeskoba, strah) normalna je reakcija na zabrinjavajuću ili prijeteću reakciju te svaka anksioznost nije patološkog karaktera (Štrkalj Ivezić, 2007). Postoji više vrsta anksioznih poremećaja (generalizirani anksiozni poremećaj, socijalni anksiozni poremećaj, fobije, panični poremećaj i agorafobija) (Kiris, 2024).

Način ispitivanja biofilije („*strasna ljubav*“ prema životu i prema svemu što je živo (Makaus, 2021., prema Fromm, 1973)) i biofobije (strah od prirode (Makaus, 2021., prema Wilson, 1984)) je važan za odgajatelje i učitelje da bi oni mogli ta znanja primijeniti u praksi za djecu koja će uvažavati dobrobiti prirodnog okruženja. Djeca u većini slučajeva pokazuju emocije sreće prema danim fotografijama domaćih životinja, a prema fotografijama kukaca i divljih životinja emocije su negativne. Prirodno i kulturno okruženje u kojem pojedinac raste formira znanje, percepciju i osjećaje koji su vezani s životinjama (Makaus, 2021).

Većina djece i odraslih posjeduje neobjašnjivi strah od kukaca. Od treće do pete godine u djece se javljaju strahovi od kukaca (entomofobija) i životinja, kao i osjet gađenja koji je povezan s dodiranjem. Za nestajanje straha od kukaca može pomoći držanje kukaca za kućne ljubimce (Trkulja, 2018). Informiranje učenika o kukcima tijekom osnovne škole je vrlo bitno. Tako je npr. Bogdan (2020) u svom ocjenskom radu prikazala da više od polovice učenika - mlađe učeničke dobi zna imenovati 12 od 16 prikazanih kukaca.

Prehrana kukcima kod nekih je možda bizarna, ali milijardama ljudi ta navika je u potpunosti normalna i poprilično učestala pojava uzduž zemaljske kugle, već tisućljećima (Lemić, 2019). Entomofagija (konzumiranje kukaca) rijetko se prakticira u zapadnim zemljama, ali je i dalje raširena u svijetu. Najčešće se konzumiraju: kornjaši (Coleoptera), gusjenice (Lepidoptera), pčele, ose i mravi (Hymenoptera) i skakavci i cvrčci (Orthoptera) (Članjak-Kudra et al., 2022). Koliko su neki kukci

prisutni u kulturološkoj baštini naroda tome svjedoči njihov prikaz na jednom općinskom grbu gdje je nacrtan mrav, a na općinskom grbu Ražanca prikazano je osam zlatnih pčela (Džaja et al., 2024). Leptiri se smatraju lijepim kukcima, a njihovo istraživanje u Bosni i Hercegovini veže se za prvi dostupni, pisani podatak iz Osmanskog razdoblja, tj. opis vrste *Lycaena dardanus* (danas u okviru roda *Plebejus* i podroda *Agrodietus Hübner*) dardanus od strane H. Freyera davne 1844. godine, prema materijalima s planine Čvravnice (Lelo, 2010).

Na Europskom kontinentu su sistematika i entomofaunistika tijekom 19. stoljeća bili u punom zamahu, a u Hrvatskoj na početku (Durbešić, 2012). Venecijanski opat, prirodoslovac i putopisac A. Fortis boravio je od Istre do Dubrovnika 11 puta tijekom 26 godina (1765.-1791). U svojim dijelima prikazao je manje poznate ili nepoznate zapise o kukcima i pojedinim srodnim životinjama s tog područja (Britvec, 1996). Takvi putopisi su objavljeni izvan Hrvatske i na stranim jezicima. Kasnije je Antun Kurir 1944. godine u Beču objavio cjelovitu entomološku bibliografiju od 1783. do 1943 godine (Britvec, 1995). Istraživanje bosanskohercegovačke entomofaune, također ima vrlo dugu tradiciju, a prvi pisani podaci mogu se pronaći u Osmanskom razdoblju, tj. prvoj polovini 19. stoljeća, a vezana su za istraživanja francuskog entomologa Dejeana (Lelo et al., 2011; Lelo, 2013). Sustavna istraživanja tvrdokrilaca Bosne i Hercegovine započela su tek osnivanjem Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu 1888. godine, tj. aktivnošću Victora Apfelbecka (Lelo, 2004).

Cilj ovog rada bio je ispitati percepcije i stavove ispitanika o fobiji prema kukcima.

Općenito o kukcima i njihovom suzbijanju u poljoprivredi

Kukci su najbrojnija skupina životinja na Zemlji (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Bogata nalazišta kukaca diljem svijeta potaknula su veliki broj znanstvenika na dublja istraživanja njihove povijesti, od nastanka do danas. Od fosila prvih člankonožaca do prvih letećih kukaca može se otkriti duboka povijest života i počeci leta i metamorfoze (Bodrožić, 2023). Kukci se ubrajaju u grupu najrasprostranjenijih i najbrojnijih životinja na Zemlji i predstavljaju dominantnu komponentu terestrične bioraznolikosti, a do sada ih je opisano oko 1.000.000 različitih vrsta. Ova ogromna skupina se razlikuje prema načinu života, ponašanju i građi. I pored velike raznovrsnosti kod kukaca se uočava specifični plan građe tijela. Tijelo kukaca se sastoji od tri izdvojena dijela: glava (caput), prsa (thorax) i zadak (abdomen) (Skenderović, 2021).

U Europi su prisutne i strane vrste kukaca koje se dijele u dvije kategorije: strane vrste s drugih kontinenata i one koje se počinju širiti Europom, i autohtone europske vrste, proširene u nova područja. Svaka strana vrsta nije automatizmom i invazivna. Strane vrste bez štete su egzotične ili alohtone. Ukoliko strana vrsta uspješno zauzme novo područje, ona nadjačava domaće vrste i čini štete pa se definira kao invazivna vrsta (Matošević, 2024). Kukci u globalu posjeduju veliki reproduktivni potencijali i jayne opne s vijabiletom jaja i do 10 godina (Skenderović, 2021).

U kontekstu suzbijanja kukaca u poljoprivredi, pesticidi se koriste diljem svijeta od kako je 1943. godine započela komercijalna proizvodnja DDT-a, zasigurno najpoznatijeg pesticida (Kipčić, 2007). Pesticidi omogućavaju velike prinose u poljoprivredi i neophodni su usprkos njihovim brojnim negativnim utjecajima na okoliš (Špelić et al., 2022). U cilju suzbijanja štetnih organizama koncem 20. stoljeća je diljem svijeta korišteno preko 3.000.000 tona pesticida (Čamprag, 2002., prema Kereši et al., 2018).

Stoga se u integriranoj zaštiti bilja od štetnika prednost daje agrotehničkim, mehaničkim, fizikalnim i biološkim mjerama koje ne dovode do pojave rezistentnosti i prihvatljivije su za okoliš (Juran et al., 2021). Prije više od 25 godina, akademik Maceljski (1999) u svom kapitalnom djelu „Poljoprivredna entomologija“ posvećuje veliku važnost nepesticidnoj zaštiti bilja. Tri godine kasnije Maceljski i Igrc Barčić (2001) napisali su sveučilišni udžbenik o ekološki prihvatljivoj zaštiti bilja od štetnika. Potom, Bjeliš (2005; 2009) izdaje vrijedno djelo o zaštiti masline u ekološkoj proizvodnji itd.

U pogledu problematike otpornosti kukaca prema pojedinim kemijskim pesticidima, a s ciljem proizvodnje hrane bez ostataka pesticida danas je biološka zaštita bilja sve više od važnosti. Biološke metode su zasnovane na aplikaciji prirodnih sredstava (Farić et al., 2018). Pojava rezistentnosti na insekticide kod kukaca ozbiljan je i rastući problem u poljoprivrednoj proizvodnji (Kadoić Balaško, 2021). Pored brojnih štetnih vrsta koje prave gospodarske štete nalaze se i korisni kukci, predatori, koji ih uništavaju i reguliraju njihovu populaciju. Uglavnom svaki štetni organizam ima vlastitog predatora za održavanje prirodne ravnoteže (Vuković et al., 2012).

Materijali i metode

Anketno ispitivanje kojem je cilj bio ispitati percepcije i stavove ispitanika o fobiji prema kukcima je provedeno tijekom druge polovine 2025. godine. U anketi je sudjelovalo 50 ispitanika. Spolna struktura ispitanika izražena je u omjeru 34 ispitanika ženskog spola (68%) i 16 ispitanika muškog spola (32%).

Anketa je bila u tiskanom obliku, anonimna i dobrovoljna. Ispitanici su bili upoznati kao i činjenicom te da će se njihovi odgovori koristiti isključivo u znanstvene svrhe, te su zamoljeni da budu što iskreniji i objektivniji u svojim odgovorima zbog preciznosti i objektivnosti samih rezultata istraživanja.

Prema životnoj dobi ispitanika podaci su bili sljedeći: 18-35 (22%), 35-50 (30%), 50-65 (16%), 65 i više (32%). Prema stupnju obrazovanja: SSS (68%), VŠS (12%), VSS (20%) te prema boravištu: Šibenik (56%), okolica Šibenika (4%), Drniš (8%), druga mjesta i gradovi (32%). Anketa se sastojala od tri dimenzije: percepcija ispitanika u pogledu fobije prema kukcima (19 čestica), percepcije i stavovi ispitanika prema fobiji od kukaca i njihovih karakteristika (10 čestica) i percepcije i stavovi o kukcima i njihovom korištenju (8 čestica).

Pitanja iz tablica 1 i 2 su vrednovana pomoću Likertove ljestice (1-5), gdje je: 1-nedovoljna fobija prema kukcima, 2-slaba, 3-umjerena, 4-umjereno jaka, 5-jaka, dok su u tablici 3 pitanja kvalitativnog tipa i

modalitetu prilagođeni su prirodni samog pitanja. Nakon provedenog istraživanja, podaci su registrirani i analizirani u IBM SPSS programu verzija 26 i za analizu su korišteni postupci deskriptivne statistike: aritmetička sredina, standardna devijacija, frekvencije i postotci.

Hipoteze rada

1. Ispitanici će pokazati umjerenu do jaku fobiju prema pojedinim kukcima.
2. Ispitanici će pokazati umjerenu do jaku fobiju prema karakteristikama kukaca.
3. Ispitanici bez obzira na narav i mjesto rođenja nisu spremni koristiti kukce u prehrani, kao nakit ili kao bojilo.

Rezultati i diskusija

U tablicama 1-3 prikazani su rezultati percepcija i stavova ispitanika prema fobiji od kukaca.

Tablica 1. Percepcije ispitanika u pogledu fobije prema pojedinim kukcima
Table 1. Respondents' perceptions regarding phobias towards certain insects

R. br.	Pitanja	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
1.	Bogomoljke (Mantodea)	2,00	1,088
2.	Uholaze (Dermaptera)	3,04	1,442
3.	Pčele (Apidae)	2,40	1,485
4.	Ose (Vespidae)	2,72	1,629
5.	Stršljeni (Vespidae)	3,58	1,579
6.	Muhe (Muscidae)	1,92	1,412
7.	Skakavci (Caelifera)	2,00	1,340
8.	Smrdljivi martin (<i>Nezara Viridula</i> L.)	2,42	1,458
9.	Lisne uši (Aphidoidea)	2,28	1,278
10.	Štitaste uši (Coccidae)	2,26	1,536
11.	Mravi (Formicidae)	1,80	1,245
12.	Obični jelenak (<i>Lucanus cervus</i> L.)	2,16	1,376
13.	Potkornjaci (Scolytinae)	2,30	1,403
14.	Crvi brašnari (<i>Tenebrio molitor</i> L.)	2,52	1,432
15.	Zlatna mara (<i>Cetonia aurata</i> L.)	2,04	1,355
16.	Cvrčci (Cicadidae)	1,60	1,178
17.	Komarci (Culicidae)	2,14	1,498
18.	Kućna stjenica (<i>Cimex lectularius</i> L.)	3,14	1,818
19.	Žohari (Blattodea)	4,12	1,534

Sukladno tablici 1. ispitanici su fobiju prema pojedinim kukcima vrednovali na sljedeći način: umjereno jaka: žohari (4,12) (slika 1) i stršljeni (3,58), umjerena: kućna stjenica (3,14) (slika 2), uholaže (3,04) i ose (2,72). Prema ostalim kukcima ispitanici su izrazili tek slabu fobiju (najslabija prema cvrčcima). Fobija ljudi prema žoharima je opravdana jer mogu prenositi razne mikroorganizme (Sabljak, 2017). Stršljenov ubod se percipira neugodnijim i bolnijim od uboda ostalih otrovnih opnokrilaca, razlog leži u debljem žalcu, a ukoliko se pacijentu na vrijeme ne pruži liječnička pomoć, moguć je smrtni ishod (Šebalj, 2019). Stjenice su dugoprисutne u ljudskim zajednicama i proširene diljem svijeta. Godinama su značajan javnozdravstveni problem i jedan su od najčešćih čovjekovih ektoparazita (Tomić Linšak et al., 2025).

Poseban značaj nekih kukaca npr. pčela navodi se u bibliji (Đukić i Stubičar, 2023). Bogomoljke su u Egiptu simbolizirale zagrobni život (Car, 2013).



Slika 1. Smeđi žohar (*Blatella germanica* L.) (Crtež: L. Dorbić Jurlin, 2025)

Figure 1. German Cockroach (*Blatella germanica* L.) (Crtež: L. Dorbić Jurlin, 2025)



Slika 2. Kućna stjenica (*Cimex lectularius* L.) (Crtež: L. Dorbić Jurlin, 2025)

Figure 2. Bed bug (*Cimex lectularius* L.) (Crtež: L. Dorbić Jurlin, 2025)

Tablica 2. Percepcije i stavovi ispitanika prema fobiji od kukaca i njihovih karakteristika

Table 2. Perceptions and attitudes of respondents towards insect phobia and its characteristics

R.br.	Pitanja	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
1.	Fobija prema ubodu od kukaca	2,56	1,280
2.	Fobija prema izgledu kukaca	2,64	1,509
3.	Fobija prema mirisu kukaca	2,18	1,304
4.	Fobija prema potencijalnim alergijama od kukaca	2,44	1,327
5.	Fobija prema potencijalnim bolestima od kukaca	3,02	1,622
6.	Procijenite vašu fobiju od kukaca	2,66	1,081
7.	Fobija prema vlastitom potencijalnom uzgoju kukaca	3,08	1,759

R.br.	Pitanja	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
8.	Fobija prema susretu s kukcima u kući gdje boravim	2,86	1,738
9.	Fobija prema susretu s kukcima na radnom mjestu	2,64	1,588
10.	Fobija prema susretu s kukcima u prirodi	2,44	1,798

Prema tablici 2. ispitanici imaju umjerenu fobiju prema vlastitom potencijalnom uzgoju kukaca (3,08), a tek nešto manje prema potencijalnim bolestima od kukaca (3,02). Nakon toga slijedi fobija prema susretu s kukcima u kući gdje boravim (2,86). U ovom ocjenskom razredu (2,50-3,50) imamo još 4 izražene fobije. Nakon toga slijede fobije od kukaca sa slabim izražajem (2,18-2,44).

Ljudi uglavnom gledaju na kukce kao na smetnju, ali su oni puno više od toga. Slijedom navedenog Dutković (2025) je u svom ocjenskom radu nastojala naglasiti pozitivan utjecaj poznavanja kukaca u okviru obrazovanja i odgoja djece.

Pojedini kukci mogu biti vrlo opasni. Tako, npr. ce-ce muha godišnje usmrti 66 000 ljudi, a kukac odgovoran za najviše ljudskih smrti je komarac (Car, 2013). U svijetu postoji 1900 vrsta jestivih kukaca koji su oduvijek bili uključeni u prehranu brojnih kultura (Piskač et al., 2020). Ni Hrvatska ne kaska za svjetskim trendovima. Gosp. Daniel Pikl vlasnik je prve hrvatske farme kukaca gdje proizvodi proteine od zrikavaca (Lemić, 2019).

Tablica 3. Percepcije i stavovi o kukcima i njihovom korištenju

Table 3. Perceptions and attitudes about insects and their use

R.br.	Pitanja	Ponudeni odgovori	Odgovori (%)
	Po naravi sam najviše	Društenjak	40%
		Humanist	16%
		Prirodnjak	18%
		Biotehničke struke	2%
		Tehničke struke	10%
		Umjetnik	10%
		Ništa od navedenog	4%
2.	Rođen/a sam na...	Selu	30%
		Gradu	60%
		Gradskom predgrađu	10%
		Ništa od navedenog	-
3.	U životu sam imao/la doticaj s prirodom i životinjama	Da	70%
		Ne	10%

R.br.	Pitanja	Ponudeni odgovori	Odgovori (%)
		Donekle	20%
4.	Negativna općenita slika prema kukcima mi je stvarana od roditelja, prijatelja, rodbine	Da	6%
		Ne	62%
		Donekle	32%
5.	Pojedini kukci mi djeluju zastrašujuće kao zvijeri	Da	16%
		Ne	58%
		Donekle	26%
6.	Konзумirao/la bih pojedine jestive kukce za jelo	Sirove	-
		Termički obrađene	30%
		Ništa od navedenog	70%
7.	Koristio/la bih pojedine kukce kao nakit	Da	6%
		Ne	94%
		Donekle	-
8.	Koristio/la bih pojedine kukce za bojila odjeće i obuće	Da	18%
		Ne	72%
		Donekle	10%

Iz tablice 3 je vidljivo da je (40%) ispitanika po naravi društvenjak. Ispitanici su u većom broju (70%) rođeni u gradu te su imali (70%) veći doticaj s prirodom i životinjama. Većina njih smatra da im negativna općenita slika prema kukcima nije stvarana od roditelja, prijatelja, rodbine. Nešto manje od (60%) ispitanika smatra da pojedini kukci ne djeluju zastrašujuće kao zvijeri. Malo manje od 1/3 ispitanika (30%) bi konzumiralo pojedine jestive kukce za jelo.

Interes za životinje koje su manje popularne npr. zmije, pčele, pauzi i slično treba vrlo rano poticati kod djece, razgovorima, izravnim kontaktom s životinjama i slično (Makaus, 2021). *Tako je u općoj populaciji prevalencija fobije od kukaca, zmija i ostalih životinja 4,7%, fobije od visina 4,5%, fobije od letenja 2,9%, a vožnje u autobusu, automobilu ili vlaku 0,7%* (Stinson et al., 2007., prema Šutić, 2018).

Preko 90 % ispitanika ne bi koristilo pojedine kukce kao nakit. I na koncu nešto manje od 1/5 ispitanika bi koristilo pojedine kukce za bojila odjeće i obuće. Pored navedenog u Dalmaciji i Hercegovini od polovine 19. stoljeća pa do iza Drugog svjetskog rata bio je organiziran uzgoj dudovog svilca za proizvodnju svilenih kokona (čahura) (Čavić, 2010; Blažević, 2018; Rotim, 2023). Iz povijesti slikarske tehnologije poznato je da se boja za ruž dobivala od organskog pigmenta karmina dobivenog isušivanjem jedne vrste štitastih uši koji se hrane opuncijom (Kraigher-Hozo et al., 1991).

Zaključak

Temeljem rezultata ispitanici su fobiju prema pojedinim kukcima vrednovali na sljedeći način: umjereno jaka: žohari (4,12) i stršljeni (3,58), umjerena 3 vrste i slaba ostalih 14 kukaca. Ispitanici imaju umjerenu fobiju prema vlastitom potencijalnom uzgoju kukaca (3,08), a nešto manju fobiju prema potencijalnim bolestima od kukaca. Ispitanici su u većom broju rođeni u gradu te su imali veći doticaj s prirodom i životinjama.

Većina ispitanika ne bi koristila kukce za hranu, nakit i kao bojila odjeće i obuće. Rad daje izvorne rezultate i doprinos struci prema fobijama od kukaca te se može koristiti kao ogledni primjer za buduća interdisciplinarna istraživanja na tematiku fobija i životinja.

Literatura

- Bjeliš, M. (2005). *Zaštita masline u ekološkoj proizvodnji*. Solin: Vlastita naklada-I-izdanje.
- Bjeliš, M. (2009). *Zaštita masline u ekološkoj proizvodnji*. Solin: Vlastita naklada-II-izdanje.
- Blažević, M. (2018). Crtice iz povijesti poljoprivrede, šumarstva i hortikulture Šibenika (1774.-1941.). *Glasilo Future*, 1(1-2), 15-29.
- Bodrožić, M. (2023). *Evolucija kukaca* (Završni rad), Sveučilište u Splitu. Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Bogdan, A. (2020). *Poznavanje kukaca kod učenika mlađe škole dobi* (Diplomski rad), Sveučilište Josip Juraj Strossmayer u Osijeku. Pedagoški fakultet.
- Britvec, B. (1995). Entomologija u Hrvatskoj – pregled događaja. *Entomologia Croatica*, 1(-), 49-58.
- Britvec, B. (1996). Zapisi o kukcima i paucima u Hrvatskoj u djelima Alberta Fortisa. *Entomologia Croatica*, 2(1-2), 31-43.
- Car, H. (2013). Kukci svuda oko nas. *Matka: časopis za mlade matematičare*, 21(84), 231-233.
- Čavić, E. (2010). Svilarstvo Zadarskog okružja u razdoblju od 1852. do 1860. godine. *Historijski zbornik*, 63(2), 421-435.
- Članjak-Kudra, E., Fazlović, N., Alagić, D. i Čaklovića, K. (2022). Potencijal kukaca kao izvora animalnih proteina. *Meso: Prvi hrvatski časopis o mesu*, 24(3), 271-280. <https://doi.org/10.31727/m.24.3.2>

Durbešić, P. (2012). Hrvatska entomofauna iz sadašnjosti pogled unatrag i planovi za budućnost. *Entomologia Croatica*, 16(1), 5-88.

Dutković, E. (2025). *Entomofauna u nastavi prirode i društva* (Diplomski rad). Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet.

Džaja, P., Heimer, Ž., Palić, M., Križek, I., Zemljak, I., Gašpar, A., Severin, K. (2024). Životinje prikazane na grbovima općina Republike Hrvatske (II. dio). *Hrvatski veterinarski vjesnik*, 32(1), 54-62.

Đukić, Z., Stubičar, R. (2023). Pčele kroz povijest. *Cris*, 25(1), 105-110.

Farić, N., Sarajlić, A., Vrandečić, K., Majić, I. (2018). Potencijal entomopatogenih gljiva *Metarhizium* spp. u suzbijanju štetnih kukaca. *Glasnik zaštite bilja*, 41(4), 22-30. <https://doi.org/10.31727/gzb.41.4.7>

Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2016). *Poljoprivredna entomologija - Sistematika kukaca*. Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Juran, I., Šumić, K., Čačija, M. (2021). Mogućnosti suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i botaničkim insekticidima. *Glasilo Future*, 4(4), 1-21. <https://doi.org/10.32779/gf.4.4.1>

Kadoić Balaško, M., Lemić, D., Mikac, K.M., Bažok, R. (2021). Multidisciplinarni pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca. *Glasilo Future*, 4(4), 22-36. <https://doi.org/10.32779/gf.4.4.2>

Kašić-Lelo, M., Lelo, S., Žujo Zekić, D. (2011). Fauna porodice Cetoniidae Leach, 1815 (Coleoptera, Scarabaeidae) na planini Ozren i široj okolini Sarajeva. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine, Sarajevo*, 7, 13-22.

Kereši, T., Sekulić, R., Konjević, A. (2018). *Posebna entomologija 1 (Deo-Insekti u ratarstvu)*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet. 267 str.

Kipčić, D. (2007). Pesticidi u modernom svijetu. *Hrvatski časopis za javno zdravstvo*, 3(9), 0-0.

Kiris, M. (2024). *Adaptivna funkcija anksioznosti* (Završni rad). Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Filozofski fakultet.

Kraigher-Hozo, M., Akšamija, M., Đurić, G. (1991). *Slikarstvo: metode slikanja: materijali*. Sarajevo: Svjetlost.

Lelo, S. (2004). Entomološka istraživanja u Bosni i Hercegovini – historijski pregled. *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 34(1), 1–15.

- Lelo, S. (2010). Rasprostranjenost gorušičinog bijelca, *Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758) (Insecta: Lepidoptera, Pieridae), u Bosni i Hercegovini. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 6, 1-9.
- Lelo, S. (2013). Biodiverzitet trčuljaka (Coleoptera: Carabidae) Bosne i Hercegovine. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 9, 45-65.
- Lemić, D. (2019). Kukci u prehrani ljudi. *Glasilo biljne zaštite*, 19(5), 598-603.
- Maceljki, M. (1999). *Poljoprivredna entomologija*. Čakovec: Zrinski d. d.
- Maceljki, M., Igrc Barčić, J. (2001). *Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika*. Čakovec: Zrinski d.d.
- Makaus, A. (2021). *Biofilija i biofobija djece predškolske dobi* (Završni rad). Sveučilište u Rijeci, Učiteljski fakultet.
- Matošević, D. (2024). Invazivne, neregulirane vrste kukaca i uzročnika bolesti - prijetnja opstanku šumskih ekosustava. *Glasilo biljne zaštite*, 24(4-5), 477-482.
- Piskač, M., Juran, I., Čačija, M., Lemić, D., Pajač Živković, I., Virić Gašparić, H., Kadoić Balaško, M. (2020). Kukci u prehrani ljudi. U 64. seminar biljne zaštite (HDBZ 2020) (str. 77–78).
- Rotim, N. (2023). Svilarstvo Hercegovine. *Glasnik Zaštite Bilja*, 46(5), 6-13. <https://doi.org/10.31727/gzb.46.5.1>
- Sabljak, D. (2017). *Žohari u Hrvatskoj i njihov javnozdravstveni značaj* (Završni rad), Zdravstveno veleučilište, Zagreb.
- Skenderović, I. (2021). *Poljoprivredna entomologija*. Tuzla: Printas d.o.o. Srebrenik., 302 str.
- Šebalj, S. (2019). *Stršljeni-biologija vrsta, koristi i štete* (Završni rad), Zdravstveno veleučilište, Zagreb.
- Špelić, I., Bažok, R., Piria, M. (2022). Pesticidi u vodama. *Hrvatske vode*, 30(119), 35-39.
- Štrkalj Ivezić, S., Folnegović Šmalc, V., Mimica, N. (2007). Dijagnosticiranje anksioznih poremećaja. *Medix: Specijalizirani medicinski dvomjesečnik*, 13(71), 56-58.
- Šutić, L. (2018). Evolucija anksioznosti. *Psychē: Časopis studenata psihologije*, 1(1), 45-47.
- Tomić Linšak, D., Zekić, L., Pavičić Žeželj, S., Glad, M., Broznić, D., Linšak, Ž. (2025). Kućna stjenica (*Cimex lectularius*): biologija, zdravstveni rizici i učinkovite metode kontrole. *Medicina Fluminensis*, 61(3), 270-279. https://doi.org/10.21860/medflum2025_332188

B. Dorbić, Lucija Dorbić Jurlin, Denisa Žujo Zekić, E. Kajtaž / Stavovi i percepcije o fobiji prema kukcima / Glasilo Future (2025) 8 (3) 01–13

Trkulja, D. (2018). *Insektarija paličnjaka u dječjem vrtiću* (Završni rad), Sveučilište Josip Juraj Strossmayer, Pedagoški fakultet.

Vuković, D., Tomaš, V., Dugalić, K. (2012). *Korisna entomofauna u voćnjacima*. *Glasnik Zaštite Bilja*, 35(5), 36-39.

Primljeno: 12. prosinca 2025. godine

Received: December 12, 2025

Prihvaćeno: 27. prosinca 2025. godine

Accepted: December 27, 2025

Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika u zaštiti bilja

Molecular methods of pests detection and identification in plant protection

Maja Čaćija^{1*}, Vanja Smiljanić¹, Zrinka Drmić², Katarina Martinko¹, Ivan Juran¹

Pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.8.3.2

Citiranje/Citation³

Sažetak

Štetnici predstavljaju velik izazov za poljoprivredu jer smanjuju prinose i kvalitetu usjeva, prenose bolesti, utječu na globalnu dostupnost hrane i prihode poljoprivrednika. Praćenje štetnika i njihova pravilna identifikacija najvažniji su preduvjeti za uspješnu integriranu zaštitu bilja. U svrhu uspješne procjene rizika od štetnika, te posljedično i njihovog suzbijanja, važno je osigurati brzu, ekonomičnu i točnu detekciju i identifikaciju štetnika. Velik broj klasičnih metoda detekcije i identifikacije nezamjenjive su i dandanas, no ne garantiraju apsolutnu točnost i često su fizički i vremenski zahtjevnije. Molekularne metode sve se više koriste u detekciji i proučavanju biljnih štetnika, jer omogućuju bržu, osjetljiviju i brojčano pouzdaniju detekciju ciljanog organizma. One se temelje na analizi genomske ili genetičke građe te omogućuju bolje razumijevanje i upravljanje populacijama štetnih kukaca, otkrivanje genetskih varijacija i istraživanje rezistentnosti na pesticide. Prednosti molekularnih metoda su te što su visoko osjetljive i omogućuju brzu identifikaciju malih količina uzoraka, čime se smanjuje rizik od pogrešne identifikacije vrsta. U usporedbi s klasičnim metodama detekcije i identifikacije štetnika, molekularne metode su skuplje zbog potrebe za specijaliziranom opremom te zahtijevaju visoku stručnost za primjenu i analizu rezultata.

Ključne riječi: detekcija, identifikacija, molekularne metode, rezistentnost, štetnici.

Abstract

Pests present a significant challenge to agriculture by reducing crop yields and quality, spreading diseases, affecting global food availability, and impacting farmers' incomes. Monitoring pests and their correct identification are the most important prerequisites for successful integrated plant protection. To

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: mcacija@agr.hr (dopisna autorica).

² Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja, Gorice 68b, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Prezime, I. (2025). Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika u zaštiti bilja. *Glasilo Future*, 8(3), 14–43. / Prezime, I. (2025). Molecular methods of pests detection and identification in plant protection. *Glasilo Future*, 8(3), 14–43.

successfully assess the risk of pests, and consequently their suppression, it is important to ensure fast, economical and accurate detection and identification of pests. Many classic methods of detection and identification are indispensable even today, but they do not guarantee absolute accuracy and are often physically and time-consuming. Molecular methods are increasingly used in the detection and study of plant pests, as they enable faster, more sensitive and more quantitative detection of the target organism. They are based on the analysis of genomic or genetic material and enable a better understanding and management of populations of harmful insects, detection of genetic variations and research on resistance to pesticides. The advantages of molecular methods are that they are highly sensitive and enable rapid identification of small amounts of samples, thus reducing the risk of misidentification of species. Compared to classical methods of detection and identification of pests, molecular methods are more expensive due to the need for specialized equipment and require high expertise for application and analysis of results.

Key words: detection, identification, molecular methods, resistance, insect pests.

Uvod

Štetnici predstavljaju konstantan izazov u zaštiti bilja koji ima utjecaj na produktivnost i kvalitetu usjeva širom svijeta. Štetnici mogu smanjiti prinose usjeva ili ih potpuno uništiti, što direktno utječe na prihod poljoprivrednika i na globalnu dostupnost hrane. Mnogi štetnici su prenositelji bolesti koje mogu prenijeti na biljke, što može dovesti do ozbiljnih bolesti biljaka i gubitaka usjeva. Putovanje i globalna trgovina mogu omogućiti brzo širenje štetnika na nove teritorije, što može izazvati ozbiljne probleme u novim sredinama (Turnock, 2012; Sheikha, 2019).

Da bi se štetnici suzbili, sve je veća uporaba pesticida što može imati utjecaj na zdravlje ljudi i bioraznolikost. Da bi se riješili problemi štetnika u zaštiti bilja, ključni su pravovremena detekcija i identifikacija štetnika. Uvođenje različitih metoda detekcije i identifikacije u zaštiti bilja omogućuje pravovremeno prepoznavanje prisustva štetnika, prije nego nastupe ozbiljne štete te omogućuje primjenu odgovarajućih mjera suzbijanja (Codling, 2014; Sheikha, 2019). Precizna identifikacija štetnika omogućuje poljoprivrednicima da primjene manje količine pesticida ili da poduzmu neke druge mjere zaštite. Identifikacija štetnika koji su nosioci bolesti omogućuje brzo prepoznavanje potencijalne prijetnje biljci. Zbog ograničenja klasičnih ili tradicionalnih metoda u razlikovanju vrsta štetnika, osjetljivosti, potrebnog vremena za analizu, mogućnosti propuštanja latentne infekcije i nedostatka mogućnosti za automatsku analizu, pri identifikaciji i praćenju štetnih kukaca u zaštiti bilja javlja se sve veća potreba za uporabom molekularnih metoda.

Molekularne metode su u posljednjih nekoliko desetljeća postale ključne u detekciji, identifikaciji i praćenju štetnika biljaka. Ove metode omogućuju brzu, osjetljivu i preciznu detekciju štetnika, što rezultira učinkovitijom kontrolom i upravljanjem štetnim organizmima u poljoprivrednoj proizvodnji

(Lazcka et al., 2007). One predstavljaju skup tehnika koje se baziraju na analizi genetskog materijala štetnika. Koristeći tehnike kao što su PCR (lančana reakcija polimeraze), sekvenciranje DNA, DNA barkodiranje i druge, moguće je identificirati štetnike na molekularnoj razini, čak i kada su u pitanju latentne infekcije ili su štetnici u vrlo maloj brojnosti. One omogućuju preciznu identifikaciju vrsta, podvrsta i varijacija štetnika. Molekularne metode pridonose učinkovitom suzbijanju i postale su neizostavan alat u integriranoj zaštiti bilja (Tedersoo et al., 2018). Cilj rada je pregledom literaturnih izvora opisati najvažnije molekularne metode koje se koriste u detekciji i identifikaciji štetnih kukaca, navesti mogućnosti primjene u zaštiti bilja te istaknuti njihove prednosti i nedostatke.

Detekcija i identifikacija štetnika klasičnim metodama

Praćenje štetnika i njihova pravilna identifikacija najvažniji su preduvjeti za uspješnu integriranu zaštitu bilja. Postoje različite metode detekcije i identifikacije štetnika. Klasične metode, poput pregleda tla i biljaka, uporabe lovki ili mamaca, feromona itd., neizostavni su alati i danas, ali nisu uvijek u mogućnosti dati potpuno kvantitativan i kvalitativan opis nekog štetnika. U novije vrijeme razvijaju se digitalni i automatski sustavi za praćenje štetnika koji bi omogućili bolju preciznost u detekciji i identifikaciji nekog štetnika (Pajač Živković et al., 2020). Identifikacija štetnika omogućuje procjenu visine populacije, odnosno napad štetnika što pomaže u predviđanju napada i potrebe suzbijanja. Poljoprivredne kulture napada velik broj štetnika. Zbog toga je točna identifikacija vrste složena i zahtjevna. Ipak, praktičar mora moći znati identificirati štetnika barem do porodice ili roda, što dovodi do mogućnosti pretpostavke o kojemu se štetniku radi. Nakon obavljanja preliminarnе identifikacije štetnika, koja uključuje pregled štetnika nađenog na biljci ili na alatu kojim je ulovljen, slijedi utvrđivanje štete. Sve to omogućuje točnu identifikaciju štetnika (Bažok et al., 2022).

Za identifikaciju glavnih skupina štetnika koristi se vizualna identifikacija, odnosno pregled biljaka ili drugih površina gdje se štetnici mogu nalaziti, te promatranjem morfoloških osobina štetnika. Da bi se štetnici izbliza identificirali, koriste se lovke za hvatanje. Korištenje referentnih materijala, mikroskopskih analiza i konzultacije sa stručnjacima, također mogu olakšati identifikaciju (Bažok et al., 2022).

Pregled tla na prisutnost štetnika moguć je kopanjem jama, uzimanjem uzoraka tla sondom, metodom „100 uboda“ i metodom ukopavanja zrnatih mamaca pod foliju. Utvrđivanje je moguće i pregledom podzemnih i nadzemnih dijelova biljke te primjenom entomološke mreže. Beskrilni oblici kukaca prate se pregledom biljnih organa, metodom „100 listova“ i metodom „100 buseva“. Utvrđivanje brojnosti štetnika različitim načinima lovljenja ili privlačenja moguće je prekrivanjem ili krčenjem tla, lovnim čašama, vizualnim mamacima i olfaktornim mamacima (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).

Olfaktorni atraktanti su hranidbeni mameci koji se rabe za praćenje pojave štetnika, ali i za njihovo suzbijanje. Za praćenje pojave rabe se kiselo vino, ocat, hidrolizirani proteini, mirisi sjemena biljke

angelike itd. Seksualni mamci, također su olfaktorni atraktanti tj., to su spojevi (feromoni) koje proizvode kukci radi reguliranja odnosa između jedinki istih vrsta. Mužjaci osjećaju miris ženki na velikim udaljenostima pa je to svojstvo iskorišteno. Kemijskim putem sintetizirani su mirisi ženki kojima se prati pojava štetnika. Feromoni su najčešće u obliku kapsula, stavljeni u klopke te su iznutra premazane nesušivim ljepljivom. U Hrvatskoj se rabe feromoni za praćenje velikog broja štetnika (jabukovog savijača, grozdovih moljaca, kukuruzne zlatice, sovice gama, kupusnog moljca, kupusne i povrtne sovice, klisnjaka i dr.) (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).

Primjena svjetla i obojenih atraktanata također je bitna za praćenje štetnika. Lovne lampe privlače kukce svjetlošću. Moguće je praćenje štetnih vrsta noćnih leptira, posebice sovice. Lampe se postavljaju na četiri metra visine i upale u sumrak. Leptiri koji su privučeni padaju u posudu s eterom. Koriste se živine, UV i fluorescentne lampe. Obojeni atraktanti rabe se u praćenju tako što štetnika privlače pojedine boje. Najčešće se koriste žute, plave i bijele ploče premazane nesušivim ljepljivom. Žute ljepljive ploče (slika 1.) rabe se za ulov trešnjine, maslinine i mediteranske voćne muhe, za praćenje lisnih uši, cvjetnog štitastog moljca, katkad kalifornijskog tripsa. Plave ploče privlače tripse, a bijele se koriste za praćenje malinova pupara i šljivine osice. Lovne ljepljive trake i daske starija su metoda, zamijenjene su ljepljivim pločama (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).



Slika 1. Žuta ljepljiva ploča (Izvor: Ubuy.hr, 2025)

Figure 1. Yellow sticky trap (Source: Ubuy.hr, 2025)

Pored klasičnih metoda, sve se više razvijaju inovativni uređaji („e-lovke“ ili „pametne lovke“) za automatsko praćenje štetnika čime se omogućava lakše i učinkovitije praćenje njihove populacije (Sciarretta i Calabrese, 2019; Pajač Živković et al., 2020). Prednosti ovih uređaja su te što mogu pratiti

populaciju štetnika 24 sata dnevno, svaki dan u godini, s različitih polja istovremeno te trajno spremite primljene podatke i fotografije (Potamitis et al., 2017; Pajač Živković et al., 2020). Pri pojavi štetnika automatski sustav za praćenje odmah ga identificira što omogućava ručni pregled snimljenih fotografija (Marić et al., 2016; Pajač Živković et al., 2020). Takvi sustavi unapređuju integriranu poljoprivredu tako što obavještavaju proizvođača o kritičnom broju štetnika putem računala ili mobilnog uređaja radi donošenja pravovremene odluke o zaštiti uzgajane kulture (Miresmailli et al., 2009; Pajač Živković et al., 2020). Uređaji za automatsko praćenje štetnika mogu slati podatke o brojnosti štetnika na središnje računalo koje pokreće model prognoziranja porasta populacije štetnika i obavještava korisnika o trenutku kada se očekuje da će populacija prijeći ekonomski prag štetnosti (Mul et al., 2016; Pajač Živković et al., 2020). Praćenje štetnika može pružiti uvid u učinkovitost primjene insekticidnog tretmana, smanjiti njihovu uporabu i pomoći pri boljem razumijevanju populacije štetnika u poljoprivredi (Potamitis et al., 2017; Pajač Živković et al., 2020).

Za praćenje jabukova savijača (*Cydia pomonella* L.) u istraživanju na Agronomskom fakultetu u Zagrebu koristila se Trapview-lovka. Trapview je automatizirani, digitalni sustav koji se koristi za praćenje različitih štetnika u ratarstvu, voćarstvu i vinogradarstvu. Ulov štetnika u ovome sustavu temeljen je na korištenju različitih atraktanata. Štetnici se fotografiraju i prebrojavaju u realnom vremenu. Svrha ovoga sustava je obavještavanje proizvođača o kritičnom broju štetnika putem računala ili mobilnog uređaja kako bi pravovremeno obavio tretiranje, tj. zaštitu kulture (Pajač Živković et al., 2020).

Također, brzina i učinkovitost detekcije mogu se povećati korištenjem tehnologije u automatskoj detekciji, poput termalnih kamera i akustičnih detektora. Primjer toga je *Rhynchophorus ferrugineus* (crvena palmna pipa) koji je bitan štetnik palmi u mediteranskoj regiji, Aziji, sjevernoj Africi i Bliskom istoku. Akustičnu aktivnost *R. ferrugineus* proučavalo je nekoliko istraživača koji su zaključili da se zvuk koji proizvodi štetnik može izolirati i razlikovati od zvukova okoliša i drugih kukaca. Utvrđeno je da štetnik u stadiju ličinke ima konstantan zvuk prilikom žvakanja i grizenja, a tijekom kretanja se razlikuje (Mankin et al., 2016).

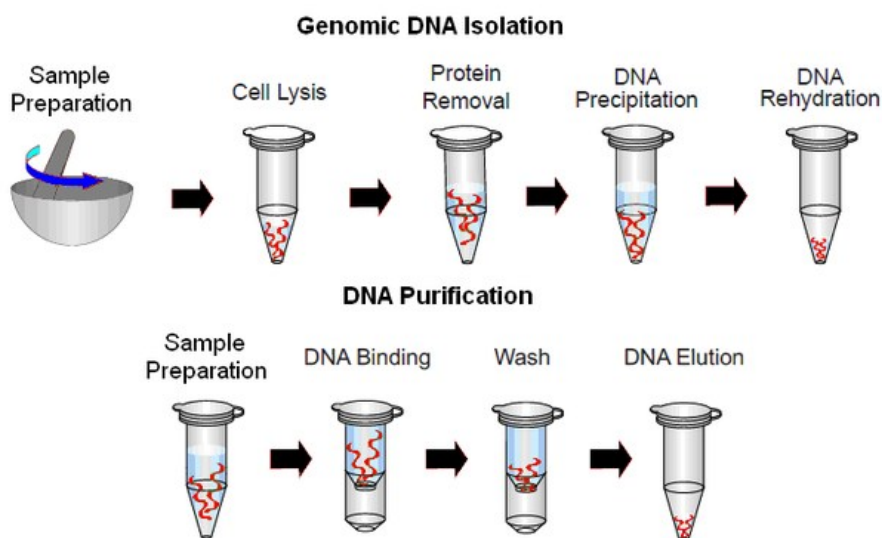
Tradicionalne metode detekcije i identifikacije štetnika imaju nekoliko prednosti. One su jednostavne, zahtijevaju samo osnovnu opremu bez potrebe za naprednom tehnologijom pa su time i lako dostupne. Cijena ovih metoda je niža u usporedbi sa primjericima molekularnim metodama i mogu se koristiti za identifikaciju širokog spektra štetnika. Postoji i nekoliko nedostataka klasičnih metoda. Vizualna inspekcija i morfološka analiza često ovise o iskustvu i vještini osobe, pa se mogu dobiti i netočni rezultati. One zahtijevaju puno vremena i radne snage, preciznost je ograničena i nije moguće otkriti niske populacije štetnika (Radhika et al., 2023).

Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika

Izolacija DNA

Deoksiribonukleinska kiselina (DNA) je molekula koja nosi genetske informacije o svim živim organizmima. Ona sadrži upute potrebne za razvoj, funkcioniranje, rast i reprodukciju organizma. Molekula DNA građena je od dva polinukleotidna lanca koji su spiralno obavijeni jedan oko drugoga. Svaki nukleotid građen je od šećera deoksiriboze, fosfatne skupine i dušične baze (adenin, gvanin, citozin, timin) (Plejić, 2021).

Izolirana DNA koristi se za različite molekularne analize, kao što su sekvenciranje gena, PCR (lančana reakcija polimeraze), DNA barkodiranje i druge tehnike koje pomažu u identifikaciji i proučavanju štetnih kukaca. Izolacija DNA kod štetnih kukaca provodi se u nekoliko koraka. Prvi korak je prikupljanje uzoraka štetnih kukaca. Uzorci se mehanički ili kemijski razbijaju kako bi se stanice razgradile i da bi se oslobodila DNA. Taj korak uključuje mljevenje kukaca u tekućem dušiku, korištenje homogenizatora ili uporabu kemikalija koje razgrađuju stanične stjenke. Uzorci se tretiraju liza puferom koji sadrži deterdžente i enzime za razgradnju staničnih membrana i otapanje proteina. Taj korak oslobađa DNA u otopinu. Otopina se tretira proteinazom K za daljnju razgradnju proteina i RNazom za uklanjanje RNA. DNA se pročišćava organskim otapalima. Tim korakom dolazi se do odvajanja DNA od ostatka staničnih komponenti. Pročišćena DNA se često taloži dodavanjem hladnog alkohola, te postaje vidljiva kao bijeli talog koji se sakuplja centrifugiranjem. Taložena DNA se ispire hladnim alkoholom kako bi se uklonile nečistoće. Na kraju se taložena DNA otapa u puferu ili destiliranoj vodi za daljnje analize (slika 2.) (Alberts et al., 2002).



Slika 2. Postupak izolacije DNA (Izvor: Indiamart, 2025)

Figure 2. Genomic DNA isolation (Source: Indiamart, 2025)

Lančana reakcija polimerazom (PCR)

Lančana reakcije polimerazom ili polimerazna lančana reakcija (engl. *Polymerase Chain Reaction*, PCR) metoda je kojom se kratki dio DNA umnožava u velik broj identičnih kopija. Ovu metodu je otkrio i opisao 1983. godine Karry Mullis. Navedena metoda je izvršila presudni utjecaj na primjenu molekularno-bioloških metoda u znanstvenim istraživanjima. PCR predstavlja oblik „in vitro kloniranja“ koji može generirati, kao i modificirati fragmente DNA definirane duljine i sekvence u reakciji. Reakcijska smjesa za PCR sadrži DNA polimerazu, deoksinukleotide, ciljano specifične oligonukleotidne početnice i odgovarajući pufer za optimalnu aktivnost i stabilnost DNA polimeraze (Erlich, 1989).

Faze PCR reakcije su (Erlich, 1989):

- 1) toplinska denaturacija dvolančane DNA na 94-96 °C, 20-30 sekundi,
- 2) spajanje početnica na temperaturi 50-60 °C, 20-40 sekundi,
- 3) produljenje početnica na temperaturi oko 72 °C, 30-60 sekundi.

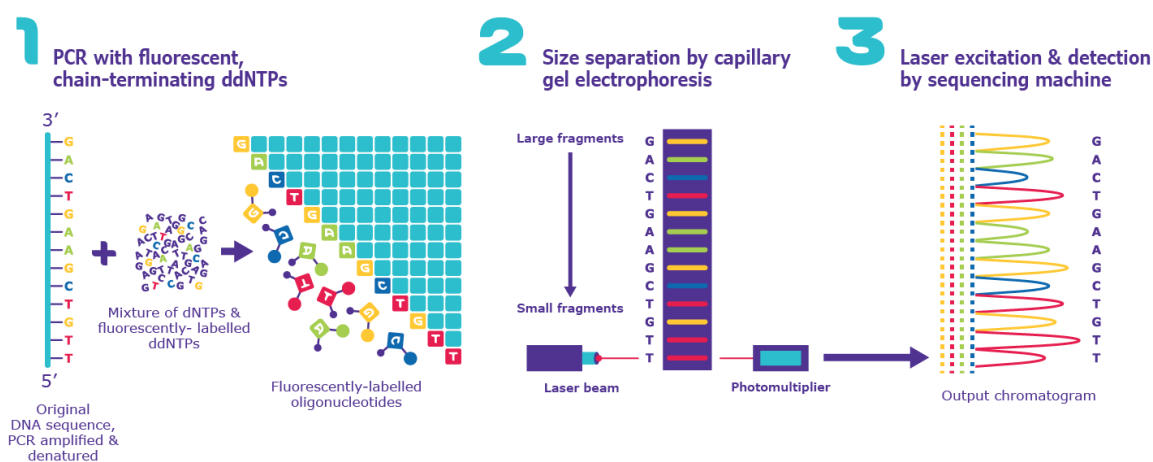
Tijekom toplinske denaturacije, dvolančana DNA denaturira se na dvije odvojene niti. Zatim se reakcijske smjese ohlade na temperaturi koja dopušta početnicama da se spajaju na ciljane sekvence odvijanih lanaca DNA. Tijekom produljenja početnica, DNA polimeraza tvori novi lanac produžujući vezane početnice s nukleotidima stvarajući komplementarnu kopiju ciljane DNA sekvence. Kod ponovljenog ciklusa, eksponencijalno dolazi do povećanja broja ciljanih sekvenci. Produkti PCR amplifikacije vizualiziraju se na gelu za elektroforezu, u obliku traka bojanjem etidij-bromidom (Erlich, 1989).

PCR kod štetnih kukaca koristi se za amplifikaciju specifičnih sekvenci DNA koje pomažu u identifikaciji vrsta, otkrivanju genetskih varijacija, istraživanju otpornosti na pesticide i drugim genetičkim analizama. Prednosti ove tehnike su te da daje brze i precizne podatke, a to omogućuje djelovanje u smislu sprečavanja daljnjeg širenja štete i bolesti. PCR može umnožiti traženu sekvencu nukleinske kiseline bilo kojeg porijekla velik broj puta u nekoliko sati. Nedostaci metode očituju se u mogućem dobivanju pogrešnih pozitivnih rezultata. Prilikom provođenja ove metode važno je voditi računa o apsolutnoj čistoći radnog prostora, aparata i potrošnog materijala (Strunjak Perović i Topić Popović, 1999).

Sekvenciranje DNA

Sekvenciranje DNA je metoda koja omogućuje određivanje redoslijeda nukleotida u DNA molekuli. Metoda je izrazito značajna kod štetnih kukaca jer predstavlja ključni alat u mnogim istraživanjima i aplikacijama, uključujući poljoprivredu i ekologiju. Kao i kod ostalih metoda, istraživači i poljoprivrednici bolje razumiju i upravljaju populacijama štetnih kukaca, što dovodi do učinkovitijih strategija suzbijanja. Precizno sekvenciranje gena omogućuje razlikovanje morfološki sličnih vrsta, razumijevanje i praćenje otpornosti na pesticide, te mogućnost uvida u dinamiku populacija. Metode su različite. Po brzini, preciznosti, propusnosti, veličini fragmenata, te načinu njihove detekcije i analize, dijele se u tri generacije. Prvu generaciju čine Sangerova metoda i Maxam-Gilbertova metoda, a u drugu generaciju ubrajaju se metode poput pirosekvenciranja i metode ligacijskog sekvenciranja, dok treću generaciju čine monomolekularno sekvenciranje u stvarnom vremenu i sekvenciranje pomoću nanopora (Trupković, 2018).

Sangerova metoda (slika 3.), koristi se za određivanje redoslijeda nukleotida. Prvi korak je priprema uzorka DNA, odnosno ciljanog fragmenta DNA. Kratki segment DNA se veže za početak ciljanog fragmenta DNA. Uzorak se razdijeli u četiri reakcijske smjese. Dobiveni fragmenti DNA se razdvajaju elektroforezom. Moguće je odrediti točnu poziciju svakog nukleotida jer svaki fragment završava različitim ddNTP-om. Fragmenti se detektiraju i redoslijed nukleotida se određuje pomoću veličine fragmenata i ugrađenih ddNTP-ova. Rezultati Sangerovog sekvenciranja su relativno jednostavni za interpretaciju, što omogućuje lakšu analizu i identifikaciju sekvenci (Russell, 2002; Trupković, 2018).



Slika 3. Sangerova metoda sekvenciranja DNA (Izvor: Sigma-Aldrich, 2025)

Figure 3. Sanger DNA sequencing method (Source: Sigma-Aldrich, 2025)

Maxam-Gilbertova metoda temelji se na nasumičnom cijepanju svih vrsta nukleotidnih baza ovisno o korištenom agensu (DMS, hidrazin i dr.). Fragmenti su također detektirani elektroforezom na poliakrilamidnom gelu (Trupković, 2018). Prednost ove metode je točnije očitavanje rezultata, bolje kontrolirani uvjeti izvedbe (Boland et al., 1994), kao i mogućnost korištenja u različite svrhe, primjerice sekvenciranje genoma (Church i Gilbert, 1984), lociranje rijetkih baza (Sayers i Waring, 1993) i detektiranje mutacija (Ferraboli et al., 1993; Trupković, 2018).

Metoda pirosekvenciranja temelji se na detekciji otpuštenog pirofosfata i emitiranog svjetla u reakcijama polimerizacije (Nyrén i Lundin 1985). Za razliku od prve generacije, brža je jer su koraci poput fluorescentnog označavanja primera i baza te gel elektroforeza potpuno izostavljeni (Ronaghi, 2001; Trupković, 2018).

Nadalje, razvijeno je monomolekularno sekvenciranje koje koristi samo jednu molekulu DNA. Za metodu je potreban poseban optički nanouređaj (ZMW) koji omogućuje uvjete za promatranje jednog nukleotida koji se veže na lanac DNA. Svaka baza označena je drugačijom fluorescentnom bojom, čime se olakšava analiza nastalih fragmenata (Rhoads i Au, 2015). Velika prednost ove metode je duljina očitavanja sekvenci. Uz dovoljne količine enzima, moguće je sekvenciranje oba lanca DNA molekule, što olakšava detektiranje i analizu fragmenata (Eid et al., 2009).

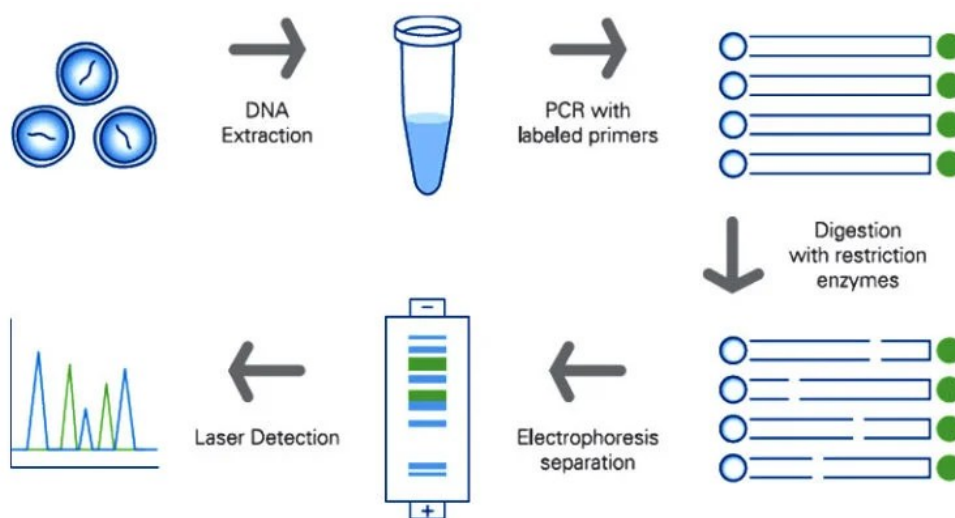
Razvijena je i novogeneracijska metoda, sekvenciranje nanoporama, koja ne koristi fluorescentno označavanje baza. Fragmenti DNA prolaze kroz nanopore i time stvaraju naboj u gustoći električnog strujanja koji se potom izračunava i analizira na uređaju (Greninger et al., 2015). Nanopore mogu biti biološke ili krute, a svaka vrsta ima svoje prednosti. Prednost bioloških nanopora je ujednačenija struktura i raznolikost membranskih proteina koji mogu detektirati pojedine baze (Stoddart et al., 2009), dok su krute nanopore dugotrajnije i izdržljivije (Chang et al., 2012).

Polimorfizam dužine restrikcijskih fragmenata (RFLP)

Polimorfizam dužine restrikcijskih fragmenata (engl. Restriction Fragment Length Polymorphism, RFLP) predstavlja najosjetljiviji alat za otkrivanje razlika DNA unutar ili između vrsta. RFLP je bio važan alat u istraživanju genetičkih varijacija prije pojave modernijih tehnika poput sekvenciranja DNA. Ova tehnika omogućuje analizu genetičke varijabilnosti unutar populacija ili između različitih vrsta štetnih kukaca. U ovoj metodi prvo se ekstrahira DNA iz kukaca, zatim se uzorak DNA reže restrikcijskim enzimima koji prepoznaju specifične nizove baznih parova i režu DNA na određenim mjestima. Nakon što su DNA fragmenti izrezani provodi se elektroforeza na agaroznom gelu. Fragmenti se odvajaju prema veličini. DNA fragmenti prenose se s gela na membranu pomoću tehnike *Southern blotting*. Membrana se inkubira s DNA sondom koja je komplementarna specifičnim sekvencama unutar fragmenta DNA. Sonda veže odgovarajuće fragmente. Nakon hibridizacije, membrana se izlaže autoradiografskom filmu ili nekoj drugoj metodi detekcije (slika 4.) (Beckmann i Soller, 1986).

Molekularna osnova RFLP-a leži u gubitku ili dobitku restrikcijskog mjesta zbog točkaste mutacije unutar sekvence prepoznavanja enzima, ili zbog molekularnog događaja poput umetanja, brisanja ili inverzije. Obje situacije rezultiraju razlikom u duljini genomskih restrikcijskih fragmenata koji se mogu otkriti na Southern blotovima (Beckmann i Soller, 1986).

RFLP markeri su genetski markeri s nekoliko prednosti u usporedbi s konvencionalnim markerima. Oni opisuju izravno genotip umjesto fenotipa i stoga nisu pod utjecajem okoliša. Broj RFLP markera koji se mogu mapirati ograničen je samo molekularnim razlikama koje postoje između dostupnih genotipova. RFLP donosi važan doprinos i molekularnoj genetici uzgoja biljaka (Beckmann i Soller, 1986).



Slika 4. Tijek provedbe metode RFLP (Izvor: Gowtham, 2025)

Figure 4. RFLP method implementation process (Source: Gowtham, 2025)

DNA barkodiranje

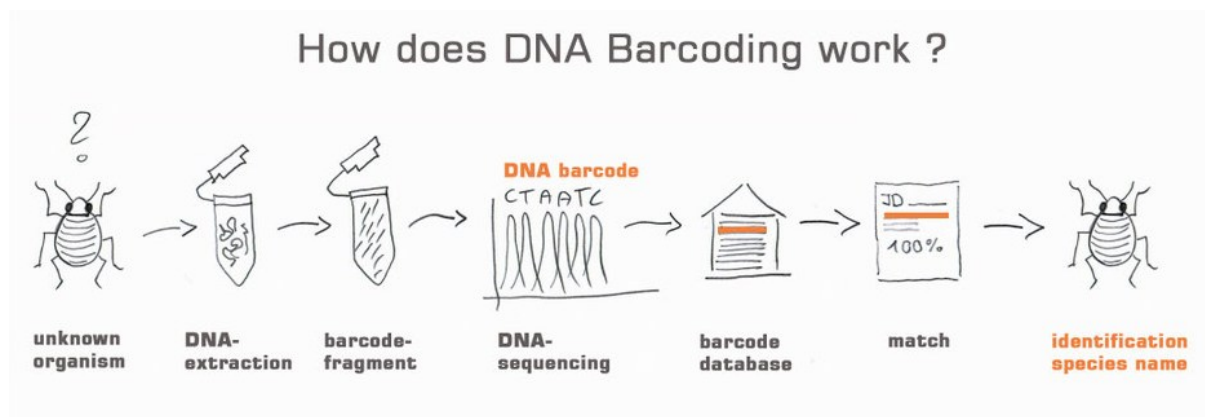
DNA barkodiranje ili genska identifikacija vrsta je standardizirani molekularni sustav identifikacije vrsta. Ova metoda ubrzano se počela razvijati tijekom 1990-ih godina (Polak, 2012). Pojedini dijelovi DNA omogućuju diskriminaciju između vrsta, populacija, odnosno jedinki. Najčešće se za identifikaciju vrsta koriste kratki odsjeci mitohondrijske DNA koji se nazivaju „barcode“. DNA barkodiranje je skup kratkih genetičkih markera koji se koristi za identifikaciju i klasifikaciju vrsta. Paul Hebert i ostali istraživači su u Kanadi 2002. godine predložili DNA barkodiranje kao nov način identifikacije vrsta, koji je baziran na kratkim sekvencama DNA. Ovo otkriće omogućuje identifikaciju vrsta čak i kada to nije moguće pomoću morfoloških karakteristika, kao što je slučaj kada se jedinka nalazi u nezreloj fazi razvoja ili kada se vrsta morfološki adaptirala u novoj sredini (Hebert et al., 2002).

Idealan sustav DNA barkodiranja treba ispunjavati sljedeće kriterije (Valentini et al., 2009):

- 1) Sekvencirana regija gena treba biti gotovo identična jedinki iste vrste, ali različita među vrstama;
- 2) Ciljana regija DNA treba sadržavati dovoljno filogenetičke informacije za dodjeljivanje nepoznatih ili još ne kodiranih vrsta u njihovu taksonomsku skupinu;
- 3) Ciljana regija treba biti dovoljno kratka da se dopusti umnožavanje degradirane DNA;
- 4) Treba biti standardiziran, s istom regijom DNA koja se koristi za različite taksonomske skupine;
- 5) Treba biti izuzetno robustan, s izrazito očuvanim početnim mjestima i visokim umnožavanjem i sekvenciranjem DNA.

Dakle, idealni marker za barkodiranje trebao bi biti varijabilan, standardiziran, filogenetski informativan, izuzetno robustan i kratak. Takav marker još ne postoji ili nije pronađen (Valentini et al., 2009).

Tipičan tijek barkodiranja (slika 5) jest da se prvo od uzorka koji treba biti barkodiran uzima uzorak tkiva (npr. noga kukca). Iz uzetog uzorka izolira se DNA, razbijanjem staničnih membrana pomoću različitih tehnika. Sljedeći korak je amplifikacija DNA pomoću polimerazne lančane reakcije (PCR). PCR omogućava umnožavanje odabranih dijelova DNA (Floyd et al., 2010). Za barkodiranje se obično koristi specifičan gen ili dio gena koji je dovoljno konzerviran unutar vrsta, kao što je COI gen (citokrom c oksidaza I) kod životinja (Hebert et al., 2002). Protein citokrom oksidaza označen kao podjedinica 1 (COI) dobro je očuvan kod svih aerobnih organizama i biokemijski dobro istražen. On sudjeluje u transportu elektrona i stoga je važan u procesu oksidativne fosforilacije i protona na unutarnjoj membrani mitohondrija. Upotrebom univerzalnih robusnih početnica moguće ga je umnožiti kod gotovo svih životinjskih koljena. Brzina molekularne evolucije ovog gena je i do tri puta veća u odnosu na gene za rRNA te omogućuje razlikovanje ne samo vrsta nego i divergentnih linija unutar vrsta (Hebert et al., 2002). Amplificirani fragmenti DNA se potom sekvenciraju. Dobivene DNA sekvence se uspoređuju s postojećim sekvencama u bazama podataka (*Barcode of Life Data Systems* - „BOLD“) analizom sličnosti i razlika u sekvencama, te se tako određuje identitet vrste i moguće je otkriti nove vrste (Floyd et al., 2010).



Slika 5. Tijek DNA barkodiranja (Izvor: Biome-id, 2025)

Figure 5. DNA barcoding process (Source: Biome-id, 2025)

Kako bi određivanje nepoznatih DNA barkodova funkcioniralo, za usporedbu je potrebna opsežna baza DNA barkodova poznatih vrsta s pridruženim morfološkim određenim primjercima. Ratnasingham i Hebert su 2007. godine uspostavili BOLD bazu. BOLD je baza DNA barkodova (za carstva Animalia, Plantae, Fungi i Protista) i bioinformatička platforma koja omogućuje korisnicima određivanje svojstava, upravljanje podacima, analizu sekvenci te korištenje statističkih metoda za rekonstrukciju filogenetskih stabala. BOLD baza komunicira između postojećih genetičkih repozitorija kao što je *National Center for Biotechnology Information* – NCBI i *Global Biodiversity Information Facility* - GBIF, odnosno povučene su i postojeće COI sekvence iz Banke gena – *GenBank* (Ratnasingham i Hebert 2007). U cilju stvaranja nacionalnih baza DNA barkod sekvenci pojedine države pokreću inicijative za barkodiranje života (npr. ABOL – Austrija, GBOL – Njemačka, FinBol – Finska itd.). Razvijaju se i kampanje s ciljem prikupljanja DNA barkodova svih vrsta unutar specifičnih taksonomskih grupa (npr. za mrave *Formicidae barcode of life*, za ptice *All Birds Barcoding Initiative*, za tulare *Trichoptera Barcode of Life* itd.). Cilj je stvoriti opsežu referentnu bazu podataka s DNA barkodovima živog svijeta, što je posebno korisno u slučajevima vrsta kojima prijete izumiranje (Waterton et al., 2013).

Prednosti DNA barkodiranja su višestruke. Primjeri su identifikacija vrste u bilo kojoj fazi rasta i razvoja, identifikacija prijenosnika bolesti, identifikacija štetnika u poljoprivredi u bilo kojem stadiju razvoja čime je omogućena kontrola nad njima i manja uporaba pesticida te zaštita prirodnih resursa kao i zaštita ugroženih vrsta (Rizvanović-Smajlović i Elez-Burnjaković, 2013). Nedostatak DNA barkodiranja je taj da ne može otkriti sve kandidate neopisanih vrsta, posebno za nedavno divergentne skupine (Ustugi et al., 2011).

DNA barkodiranje, osim u taksonomiji, koristi se i u (Kaur, 2015):

- a) suzbijanju poljoprivrednih štetnika – određivanje štetnika u bilo kojem razvojnom stadiju omogućuje bolju kontrolu i smanjuje troškove;
- b) određivanje vektora zaraze – omogućuje stručnjacima koji nisu biolozi da prepoznaju vektore patogena kao što su pojedine vrste komaraca;
- c) kontroli ilegalne trgovine – omogućuje određivanje bioloških materijala i tako omogućuje sprječavanje unosa nedozvoljenih proizvoda ili živih primjeraka skupina čija trgovina je zabranjena;
- d) zaštiti rijetkih životinja – omogućuje kontrolu podrijetla hrane i proizvoda od ugroženih životinja koji se mogu naći na tržištu;
- e) prehrambenoj i kozmetičkoj industriji – omogućuje određivanje sadržaja proizvoda i time kontrolu točnosti podataka navedenih na deklaraciji.

Polimorfizam pojedinačnog nukleotida (SNP)

Polimorfizam pojedinačnog nukleotida (engl. *Single Nucleotide Polymorphism*, SNP) je novija metoda koja provodi analizu cijeloga genoma. Ova se metoda koristi za identifikaciju i proučavanje genetskih varijacija na nivou jednog nukleotida u DNA. Kroz genotipizaciju pomoću SNP metode moguće je analizirati genetsku strukturu, diferencijaciju, protok gena, rasprostranjenost i sposobnost prilagodbe štetnika (Brumfield et al., 2003; Kadoić Balaško et al., 2022).

Prvi korak ove metode jest prikupljanje uzoraka. DNA se izolira iz uzorka pomoću ekstrakcije. Određuju se specifični SNP markeri koji će se analizirati. Ciljani dijelovi DNA koji sadrže SNP-ove amplificiraju se pomoću PCR-a. Slijedi sekvenciranje amplificiranih produkata i identifikacija SNP-ova (Hartl i Jones, 1992).

Prednosti ove metode su mogućnost detekcije malih genetskih varijacija sa visokom preciznošću. Metoda je brza i jednostavna te se može koristiti za širok spektar istraživačkih ciljeva (Brumfield et al., 2003; Kadoić Balaško et al., 2022).

Izotermalna amplifikacija posredovana petljom (LAMP)

Izotermalna amplifikacija posredovana petljom (*Loop-mediated isothermal amplification* (LAMP)) jedna je od metoda izotermalne amplifikacije nukleinskih kiselina. Prednosti ove metode su visoka specifičnost, što je posljedica uporabe 4-6 početnica, dizajniranih da prepoznaju 6-8 različitih regija u ciljanoj DNA sekvenci. Reakcija se odvija na jednoj temperaturi, obično 60-65 °C, pa za izvođenje LAMP-a nije potrebna upotreba termociklera za preciznu izmjenu temperature u zavisnosti od faze

reakcije, koji je neophodan za izvođenje PCR-a. LAMP metoda ne zahtjeva prethodno izdvajanje DNA ili RNA molekula (Ognjanović, 2022).

Reakcija LAMP metode najčešće je podijeljena na tri faze (Ognjanović, 2022):

- 1) Stvaranje početnog materijala za reakciju,
- 2) Ciklična amplifikacija,
- 3) Elongacija sa reciklizacijom,

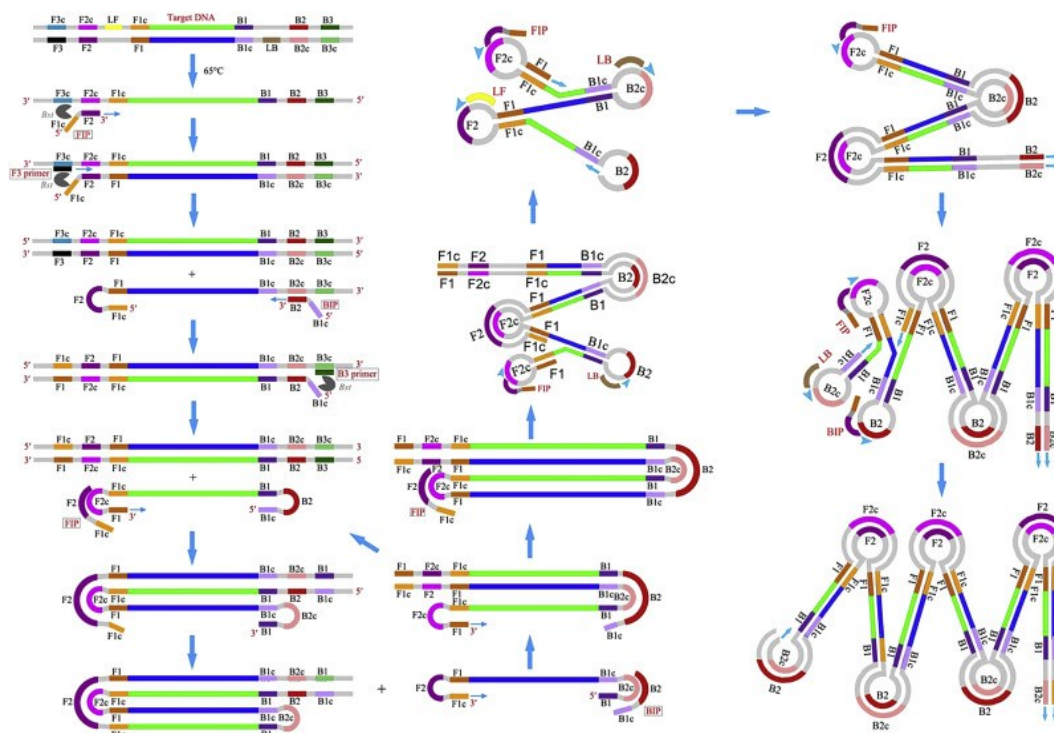
Najvažniji korak u prvoj fazi je stvaranje šablona u obliku jednolančane strukture nalik na petlju (slika 6.) (Ognjanović, 2022).



Slika 6. Shematski prikaz jednolančane DNA strukture nalik na petlju (Izvor: Ognjanović, 2022)

Figure 6. Schematic representation of a single-stranded DNA loop-like structure (Source: Ognjanović, 2022)

U ostalim fazama cilj je dobiti ekspanzionalnu amplifikaciju šablona i zamjenu lanaca, što dovodi do stvaranja dvolančane DNA. Na kraju nastaje kompleksna struktura (slika 7.) (Ognjanović, 2022).



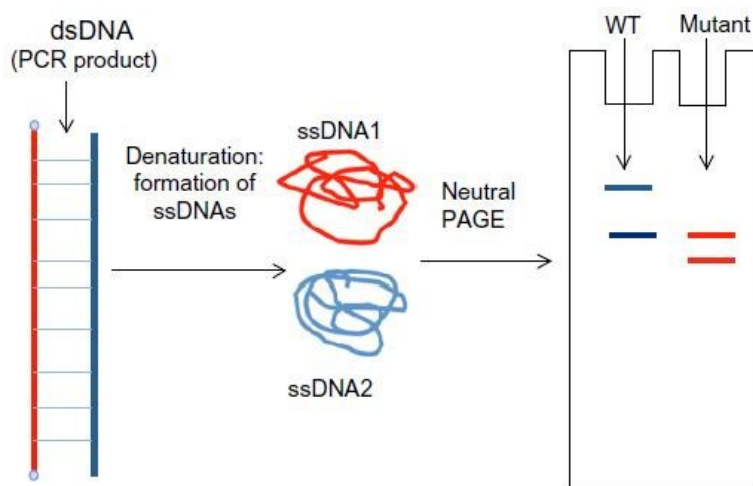
Slika 7. Krajnji proizvod LAMP amplifikacije sa šest petli (Izvor: Li et al., 2016)

Figure 7. The final product of six-loop LAMP amplification (Source: Li et al., 2016)

Jednočlani konformacijski polimorfizam (SSCP)

Jednočlani konformacijski polimorfizam (engl. *Single-Stranded Conformation Polymorphism*, SSCP) je tehnika koja služi za detekciju genetskih varijacija i mutacija u fragmentima DNA. Metoda može biti vrlo korisna zbog sposobnosti razlikovanja različitih genotipova na osnovu razlika u sekvencama DNA. Ona se zasniva na principu da jednočlane molekule DNA sa različitim sekvencama mogu formirati različite sekundarne strukture pod određenim uvjetima. Različite konformacije mogu se razdvojiti elektroforezom na poliakrilamidnom gelu, time se omogućuje detekcija i identifikacija štetnih genotipova (Hayashi, 1991).

Prvi korak SSCP metode je izolacija DNA. Ciljani fragmenti DNA se amplificiraju pomoću PCR metode. Amplificirani fragmenti DNA se denaturiraju da bi se dobili jednočlani fragmenti. Jednočlani fragmenti DNA se razdvajaju elektroforezom na poliakrilamidnom gelu (slika 8.). Različite konformacije će migrirati različitim brzinama. Gel se boji ili se koriste radioaktivne ili fluorescentne oznake da bi se vizualizirali fragmenti DNA (Hayashi, 1991).



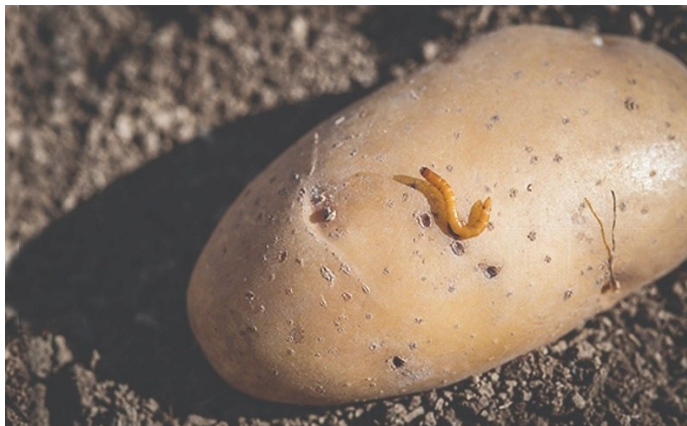
Slika 8. Shematski prikaz SSCP metode (Izvor: Bagyinszky et al., 2014)

Figure 8. Schematic representation of the SSCP method (Source: Bagyinszky et al., 2014)

Primjeri primjene molekularnih metoda u zaštiti bilja

Razvojem molekularnih metoda identifikacije vrsta otvorene su nove mogućnosti u rješavanju problema povezanih s tradicionalnim metodama identifikacije (Ivanović et al., 2004). Prema Šipek (2017), genomski DNA je kompletna genetska informacija koja se nalazi u jezgri svake žive stanice organizma. Ona sadrži sve genetičke upute potrebne za razvoj i funkcioniranje organizma. Žičnjaci roda *Agriotes* (slika 9.) prikupljeni na različitim lokacijama u Hrvatskoj uspješno su determinirani do vrste analizom

njihove genomske DNA. Za to su korišteni srednji dijelovi abdomena žičnjaka, veličine 1-2 mm. Svaki uzorak je uspješno sekvenciran te su sekvence uspoređene s bazom GenBank čime je napravljena identifikacija vrsta. Rezultati su pokazali brojnost pojedine vrste žičnjaka na lokalitetima Središnje Hrvatske (Šipek, 2017).



Slika 9. Žičnjak (Izvor: Šubić, 2022)

Figure 9. Wireworm (Source: Šubić, 2022)

Metoda PCR korištena je i kod krumpirovih cistolikih nematoda, *Globodera rostochiensis* i *Globodera pallida*, važnih ekonomskih štetnika krumpira. Sve identifikacije ovih vrsta temeljile su se na morfološkim karakteristikama. Metoda lančane reakcije polimerazom (PCR) provedena je prvi put u Hrvatskoj na ovim uzorcima kako bi se uvele brze i pouzdane molekularne metode analize tih vrsta. Cilj je bio utvrditi zastupljenost ovih nematoda u Hrvatskoj. Analizirano je 10 populacija uzorkovanih u tri županije. U svim analiziranim populacijama identificirana je vrsta *G. rostochiensis* (Grubišić et al., 2013).

RFLP metoda korištena je za identifikaciju i razlikovanje štetnih kukaca koji utječu na poljoprivredne usjeve. Istraživači su koristili DNA iz uzoraka kukaca i primijenili enzime za restrikciju koji režu DNA na specifičnim mjestima. Fragmenti su analizirani pomoću elektroforeze u agaroznom gelu, što je omogućilo identifikaciju različitih genetskih profila među kukcima (Narayanan, 1991).

Provedeno je istraživanje porodice Tachinidae (mušice). One parazitiraju u tisućama vrsta gusjenica Costa Rice, a mogu biti i opće parazitoidne ili specijalizirane za određenu vrstu ili rod gusjenica. Istraživanje je provedeno na 400 vrsta uzgojenih i 390000 u divljini ulovljenih jedinki koje su pripadnice 3500 vrsta na području Costa Rice. Smatra se da je barem 90% jedinki specijalizirano za jednu ili nekoliko blisko srodnih vrsta (Polak, 2012). Polak (2012) u svom radu navodi da je u istraživanju u kojemu bi se potpuno definirala parazitoidna svojstva, provedeno DNA barkodiranje na 2134 jedinke

koje su prvotno svrstane u 16 morfološki usporedivih vrsta sa najizraženijim opće parazitoidnim karakteristikama i dobivene su 73 mitohondrijske linije sa 4%-tnom razlikom u sekvencama. Te su linije testirane neovisnim markerima jezgre (28S i ITS1) i trenutno se smatraju odvojenim vrstama. Kako bi se opće parazitoidno svojstvo potpuno definiralo, provedene su analize COI sekvenci kao barkoda kod 16 najizraženijih opće parazitoidnih vrsta, uzgojenih na mnogo vrsta gusjenica, sve su uzgajane 10 - 100 puta. Te vrste parazitiraju u provjerenim, definiranim domaćinima. Dobivene su 64 vrste specijaliziranih parazitoida i devet opće parazitoidnih vrsta.

Ovaj rezultat pridaje još veći značaj istraživanju barkoda provedenog kod 20 morfološki različitih vrsta roda *Belvosia*, drugog pripadnika Tachinida koji obitava na istom staništu. Potvrđene su sumnje o podcijenjenoj bioraznolikosti parazitoida. Uspješno su provedene analize barkoda. Uzeta je po jedna mušica iz svakog od 2134 uzgojena legla i 14 od 16 vrsta bilo je moguće pouzdano razlikovati putem barkodova. Svaka od 14 vrsta pripala je u zaseban, nepreklopljivi klaster sekvenci u NJ stablu. Klasteri barkodova među vrstama razlikovali su se >5 %, ali je intraspecijska divergencija bila visoka, kod nekih čak preko 10 %, što ukazuje na postojanje više kriptičnih vrsta. Uključen je niz ekoloških faktora kao što su gusjenice domaćini, njihova ishrana i 12 ekosustav te neovisni genetički markeri, da bi se ispitalo da li ovi podaci u cijelosti podupiru hipotezu da svaki klaster sekvenci predstavlja morfološki prikrivene vrste. Hipoteza se pokazala ispravnom i 16 vrsta je raspoređeno u 73 kriptične vrste. Dvije su vrste *Hyphantrophaga virilis* i *Lespesia aletiae*, pouzdano odgovarale već dodijeljenim imenima. Klasterima vrsta su pridodana alfanumerička privremena imena, gdje ime odražava rod u koji su svrstane u inventaru, makar ta imena nisu čvrsta mjerila determinacije. Činilo se i da klaster unutar jedne od 16 vrsta nije odgovarao ekološkim podacima ili je pak bilo samo malih razlika u odnosu na sekvence susjednih klastera. Zbog ovoga su analizirana i dva neovisna markera jezgre. Kao i kod *Belvosia*, analizirane su ITS1 i D2 regije 28S. Ove dodatne analize nisu provedene kod svih jedinki, za koje postoje barkodovi, jer je svrha bila identifikacija vrsta i otkrivanje prikrivenih vrsta među opće parazitoidnim vrstama. Spajanjem ovih rezultata (COI barkodovi, ekološki čimbenici i jezgrine sekvence), 73 vrste je bilo moguće rasporediti u četiri uzorka (Polak, 2012):

1. Barkodirani opće parazitoidni organizmi ostaju opći parazitoidi;
2. Barkodirana opće parazitoidna vrsta postaje dvije opće parazitoidne vrste;
3. Barkodirani opći parazitoid postaje nekoliko specijaliziranih i jedan opći parazitoid;
4. Barkodirani opći parazitoid je kompleks specijaliziranih parazitoida.

Ono što je smatrano da obuhvaća 16 vrsta, barkodiranjem je utvrđeno da se radi o 73 vrste, te se sve osim dvije mogu identificirati putem barkoda (Polak, 2012).

Leptiri iz porodice Hesperidae široko su rasprostranjeni. Vrsta *Astrartes fulgurator* veliki je leptir iz ove porodice. Uzgojem ove vrste u velikim količinama iz gusjenica ulovljenih u divljini utvrđeno je da je polifagan (hrani se velikim brojem vrsta), čime je potaknuta sumnja da se ne radi o samo jednoj vrsti. Otkriveno je 6 do 7 malih morfoloških varijacija s razlikama u ishrani u stadiju ličinke te u spolu. Analiza COI gena provedena je na 446 uzgojenih odraslih jedinki. Time su otkrivena tri nova klastera te klasteri koji kovariraju s već utvrđenim. Ukupno je 10 prikriivenih vrsta koje variraju od parapatrijskih do simpatrijskih. Druga analiza na uzgojenim leptirima iz ACG (Area de Conservacion Guanacaste) u Costa Rici pokazala je da unutar roda gdje je jedna vrsta, postoje i četiri nove, slične vrste. Te vrste razlikuju se u odraslim stadijima, reproduktivnim organima mužjaka i ženki te u uzorcima boja. Blisko srodne vrste poput *Polyctor* spp., *Cobalus* spp. i *Neoxeniades* spp., nisu uspješno razdvojene DNA barkodiranjem. Nemogućnost razdvajanja ovih vrsta je zbog prekratkog fragmenta u koji nisu uključene dijagnostičke regije, dok su cjeloviti barkodovi (650 pb) pouzdano razdvojili vrste u svakom paru leptira. U početku, program sistematičnog barkodiranja svake ACG vrste Macrolepidoptera sadržavao je nekoliko primjeraka vrste *Perichares philates*, koji je bio opisan kao politipski i paneotropski. Prva dva uzorka pokazala su divergenciju unutar njihovog konspecifičnog klastera u NJ stablu, što je potaklo potragu za gusjenicama *P. philates* i detaljnije ispitivanje svih stadija životnog ciklusa. Daljnje NJ statističke analize sve većih uzoraka otkrile su četiri klastera. Iz toga proizlazi pitanje koji dodatni dokazi opravdavaju razdvajanje vrsta *Perichares* na čije postojanje ukazuju DNA barkodovi. Jedna je potvrda prehrana ličinki. Morfološke karakteristike su varljive, teško ih je točno definirati. Trenutna klasifikacija temelji se na analizama iz sredine 20. stoljeća, gdje su srodne vrste često, bez opravdana razloga, klasificirane kao podvrste. Mnogo tih tropskih vrsta za koje se smatra da se hrane različitim biljkama, obuhvaćaju setove prehrambeno specijaliziranih vrsta. Barkodiranjem 422 morfološki slične vrste, utvrđeno je postojanje dvije ili više bioloških vrsta. Analize su nepotpune, zbog toga što je barkodiranje provedeno samo kod vrsta unutar ACG-a. Potrebno je uložiti trud u prikupljanje više vrsta ACG jedinki kad god se pojavi odstupanje u NJ stablu (Polak, 2012).

Identifikacija DNA barkodiranjem pokazala se uspješnom za pet redova kukaca koji imaju najveći broj štetnika (Ashfaq i Hebert, 2016): Coleoptera (Woodcock et al., 2013), Diptera (Nagy et al., 2013), Hemiptera (Park et al., 2011), Lepidoptera (Janzen et al., 2005) i Thysanoptera (Rebijith et al., 2014). Od 3541 vrsta europskih kornjaša, 92,2 % dodijeljeni su različitim BIN-ovima koji su se podudarali s poznatom morfološkom vrstom, dok je većina drugih vrsta dodijeljena u dva ili tri BIN-a, što pokazuje da predstavljaju kriptične komplekse vrsta (Hendrich et al., 2015). Kod ispitivanja 1849 kanadskih rilčara dodijeljeno je 1849 BIN-ova, ali je otkriveno i 27 vrsta s velikim razlikama koje upućuju na kriptične vrste (Gwiazdowski et al., 2015). Leptiri su najintenzivnije proučavan red, zastupljen je sa više od 100000 BIN-ova (Wilson et al., 2013). Kod dvokrilaca je također potvrđena učinkovitost DNA barkodiranja (Virgilio et al., 2012). Vrsta *Liriomyza langei* (Diptera), štetnik lisni miner porijeklom iz Kalifornije, morfološki se ne razlikuje od invazivne vrste *L. huidobrensis*. Međutim, te se vrste lako

razlikuju pomoću crtičnog koda, što je čimbenik koji je omogućio analizu njihove distribucije (Scheffer et al., 2014). Slično tome, ličinke *Camptomyia corcitalis* i *C. heterobia*, koje uzrokuju teške štete u proizvodnji Shitake gljiva lako se razlikuju pomoću crtičnog koda (Shin et al., 2013). Lisne uši su globalno važni štetnici i glavni prijenosnici mnogih biljnih bolesti, ali ih je teško identificirati jer većina posjeduje nevjerojatnu fenotipsku plastičnost i raznolikost stadija. DNA barkodiranje pokazalo se kao učinkovit alat za razlikovanje vrsta jer je intraspecifična udaljenost mala kod većine vrsta, dok su kongenerične udaljenosti velike (Footit et al., 2008).

DNA barkodiranje ima široku primjenu u programima integriranog upravljanja štetnim organizmima (Etzler et al., 2014) i biološkog nadzora (Jones et al., 2013). Budući da DNA barkodiranje pouzdano identificira i nezrele i odrasle jedinke (Shin et al., 2013), te može razlikovati domaće i unesene štetnike (Chown et al., 2008), koristi se za pomoć pri upravljanju kompleksima vrsta u poljoprivrednim sustavima (Frewin et al., 2014). Te su primjene važne zbog otpornosti na insekticide koja može varirati između blisko srodnih vrsta, pa čak i između genotipova iste vrste (Toor et al., 2008).

Tijekom 2017. i 2018. godine u Hrvatskoj su provedene analize genetske strukture populacija jabukina savijača (*Cydia pomonella*), ekonomskog štetnika jabuke diljem svijeta. Korišten je jabukin savijač integriranih i ekoloških voćnjaka uporabom SNP metode (Kadoić Balaško et al., 2022). Rezultati analize genetske strukture populacija štetnika iz integriranih i ekoloških sustava uzgoja jabuke iz Hrvatske pokazali su nisku genetsku varijabilnost istraživanih populacija. Ipak, utvrđeno je da se jedinke iz ekološkog i iz integriranog uzgoja značajno razlikuju u odnosu na populaciju uzgojenu u laboratoriju, koja nikada nije bila izložena utjecaju insekticida (Kadoić Balaško et al., 2022).

Glavni štetnici roda *Spodoptera*: *S. exigua* (mali kukuruzni moljac), *S. frugiperda* (jesenska sovica), *S. litura* (lisna sovica) i *S. littoralis* (mediteranski kukuruzni moljac), uzrokuju ozbiljne štete na različitim poljoprivrednim kulturama širom svijeta. Da bi se štetnici mogli razlikovati, korištena je LAMP metoda. Metoda je bila učinkovita za širok raspon koncentracija DNA i pružila je točne rezultate u roku od 70 minuta. Uzorci su sakupljeni u Koreji i drugim zemljama. DNA je ekstrahirana iz tkiva ličinki ili odraslih jedinki metodom inkubacije na 95 °C tijekom 5 minuta. Specifične početnice su dizajnirane za ciljane sekvence mitohondrijske DNA i optimizirane za LAMP reakciju na 61 °C tijekom 60 minuta. Reakcija je provedena na četiri osnovne početnice, uz dodatak početnice za povećanje učinkovitosti reakcije kod *S. exigua*. Proizvodi LAMP reakcije detektirani su vizualno korištenjem boje SYBR Green I, gdje su pozitivni rezultati pokazivali fluorescenciju pod UV svjetlom (Nam et al., 2021).

Za identifikaciju štetnih kukaca korištena je i SSCP metoda koja omogućuje analizu varijacija u genetskom materijalu na temelju promjena u konformaciji jednolančanih DNA. Istraživači su koristili specifične genske regije za izolaciju DNA iz uzorka kukaca, a zatim su analizirali konformaciju jednolančanih DNA pomoću SSCP metode kako bi otkrili varijacije koje odgovaraju različitim vrstama.

SSCP metode je uspješno identificirala nekoliko vrsta kukaca poput *S. frugiperda* i *Helicoverpa armigera* (žuta kukuruzna sovica). Metoda je pokazala visoku rezoluciju u razlikovanju sličnih vrsta kukaca koje je teško razlikovati drugim metodama (Song et al., 2023).

Primjena molekularnih metoda u istraživanju rezistentnosti

Štetnici razvijaju rezistentnost na insekticide čime uzrokuju ozbiljne posljedice za sve sudionike u lancu poljoprivredne proizvodnje. Rezistentnost se definira kao postupni porast otpornosti jedne populacije štetnika na insekticid koji se koristi za suzbijanje tog štetnika. Glavni uzrok pojave rezistentnosti je učestala primjena insekticida istog mehanizma djelovanja. Zbog pojave rezistentnosti kod sojeva štetnika u poljoprivredi nastaju ozbiljne posljedice. Dolazi do ugrožavanja prodaje i plasmana pojedinog insekticida, ugrožavanja poslovnih uspjeha kompanija koje se bave njihovom proizvodnjom i plasmanom, poljoprivredni proizvođači ne uspijevaju zaštititi poljoprivredne kulture od štetnih vrsta zbog smanjene učinkovitosti insekticida čime dolazi do značajnih gubitaka. Također, koriste se skuplji insekticidi čime dolazi do smanjene rentabilnosti proizvodnje (Bažok i Lemić, 2017).

Postoje različiti tipovi rezistentnosti. Fiziološki uvjetovana rezistentnost definira se kao svojstvo organizma da biokemijskim reakcijama umanjuje djelovanje insekticida. Morfološki uvjetovana rezistentnost očituje se u sprečavanju prodora insekticida u tijelo. Psihofizički uvjetovana rezistentnost očituje se u promijenjenom ponašanju kukca što dovodi do smanjenog kontakta s insekticidom. Odredišno-položajna uvjetovana rezistentnost teži sprečavanju djelovanja insekticida na mjestu njegova specifična djelovanja (Bažok i Lemić, 2017).

Da bi se rezistentnost spriječila, potrebno je poznavati čimbenike koji utječu na njezinu pojavu. Čimbenici mogu ovisiti o čovjeku, odnosno o primjeni agrotehničkih mjera i mjerama zaštite bilja. Pojedine vrste kukaca različito su sklone mutacijama pa time i razvoju rezistentnosti. Genetska svojstva vezana na učestalost mutacija i neke druge osobine kukaca važne su jer utječu na brzinu razvoja rezistentnosti. To uključuje broj generacija koje kukac razvije tijekom godine, broj potomaka, način razmnožavanja i pokretljivost. Kod kukaca koji imaju više generacija genetski se materijal više izmjenjuje, veći je broj tretiranja pa je vjerojatnost da se rezistentnost brže razvije. Na taj način djeluje i broj potomaka u generaciji. Kukci koji se razmnožavaju nespolno izravno prenose genetički materijal na potomstvo pa se brže razvija rezistentnost. Kod manje osjetljivih stadija rezistentnost se javlja brže. Također, važni su mehanizam djelovanja insekticida. Rezistentnost se sprečava primjenom nepesticidnih mjera, mehaničkim mjerama, uzgojem otpornih sorata i hibrida. Najbolja strategija jest prevencija, tj. pratiti razvoj populacije štetnika u polju ili na terenu (Bažok i Lemić, 2017).

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera*), krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata*) i jabukin savijač (*C. pomonella*) najvažniji su štetnici ratarskih i voćarskih kultura u svijetu i u Hrvatskoj. Sve tri vrste razvile su rezistentnost na insekticide ili na strategije suzbijanja. Poznavanjem evolucijskih

promjena i ukupne genetske raznolikosti populacije nekog štetnika moguće je pružiti korisne informacije za razumijevanje genetskih uzoraka povezanih sa svakim stupnjem razvoja otpornosti štetnika, time se praćenje i suzbijanje mogu prilagoditi rezistentnosti pojedinačne vrste štetnika. SNP je vrlo pristupačna i dostupna metoda koja služi za generiranje važnih podataka o brojnim vrstama jer se analizira cijeli genom. Upotreba SNP-a je važna za bolje razumijevanje populacijske genetike kukuruzne i krumpirove zlatice te jabukinog savijača. Takvi podaci, koji uključuju utvrđivanje promjene genoma povezane s razvojem rezistentnosti ključni su za provedbu antirezistentnih programa kao sastavnog dijela integrirane zaštite bilja od štetnika (Kadoić Balaško et al., 2021).

Molekularne metode istraživanja rezistentnosti temeljene su na genotipizaciji mutacija karakterističnih kod određenog tipa rezistentnosti (Delye et al., 2016; Štivičić et al., 2020). Tako je moguće dovoljno rano otkriti rezistentne genotipove u populaciji čime se omogućuje praćenje i uvođenje antirezistentnih programa. Potrebne su detaljne analitičke procedure, skupa oprema i osposobljeno osoblje za izvođenje ispitivanja (Bass et al., 2007; Štivičić et al., 2020). Molekularnim se metodama istražuju deoksiribonukleinska kiselina (DNA) i ribonukleinska kiselina (RNA) i otkrivaju geni ili mutacije koje su povezane s rezistentnošću. Materijal koji se koristi jest živo ili mrtvo tkivo, iz jednoga ili skupnih genotipova (npr. populacije). Za molekularna istraživanja mora se ekstrahirati dovoljna količina DNA ili RNA.

Molekularni testovi klasificiraju se u dvije skupine koje se temelje na prirodi tehnologije koja se koristi. Prva skupina su robusne (*rugged*) analize gdje se koristi jednostavna oprema i tehnika za otkivanje svega nekoliko mutacija u limitiranom broju uzoraka, a potencijalno su pogodne za uporabu u polju. Druga kategorija su metode gdje se koristi oprema visoke tehnologije (*hi-tech*) za istraživanje rezistentnosti. Korištenje specijalizirane visoke tehnologije i opreme ima potencijal za istovremeno otkrivanje rezistentnosti uzrokovane mutacijama u velikim uzorcima. Ovakvi se testovi još ne koriste dovoljno za utvrđivanja rezistentnosti štetnika na insekticide (Barres et al., 2016; Štivičić et al., 2020).

Molekularne metode pružaju detaljniji uvid u sam mehanizam nastanka rezistentnosti na razini stanice, molekule ili gena. To je važno za primjenu odgovarajuće antirezistentne strategije (Štivičić et al., 2020).

Zaključak

Molekularne metode u detekciji i identifikaciji štetnika imaju brojne prednosti. Visoko su osjetljive što omogućuje identificiranje štetnika u vrlo malim količinama. Ove metode često omogućuju bržu detekciju i identifikaciju štetnika u usporedbi s tradicionalnim metodama. Moguće je precizno identificirati određene vrste ili sojeve štetnika, čime se smanjuje mogućnost pogrešne identifikacije. Ove metode omogućuju praćenje genetičkih promjena koje su povezane sa rezistentnosti. Moguća je identifikacija novih ili nepoznatih vrsta, što je korisno u istraživačke svrhe ili u situacijama kada su

tradicionalne metode nedostatne (Hulten et al., 2003). Mnoge molekularne metode mogu se automatizirati, što olakšava analizu većeg broja uzoraka u kratkom vremenu (Marković et al., 2021).

Pored prednosti, molekularne metode imaju i određene nedostatke. Velik nedostatak su troškovi, oprema i reagensi molekularnih metoda mogu biti skupi, što ograničava njihovu primjenu. Primjer su termociklari za PCR ili sekvencirajući uređaji (Mareković et al., 2014). Za izvedbu molekularne metode potrebno je određeno znanje i vještine. Iako su molekularne metode brže od tradicionalnih metoda identifikacije, one i dalje zahtijevaju određeno vrijeme za obradu uzoraka i analizu rezultata. Analize su složene. Kao i kod svih laboratorijskih tehnika, postoji potencijal za pogreške u pripremi uzoraka, manipulaciji opremom ili interpretaciji rezultata, što može dovesti do netočnih rezultata. Često zahtijevaju čiste i dobro očišćene uzorke kako bi se osigurala točna analiza (Mareković, 2008).

Napomena

Ovaj rad proizašao je iz završnog rada Vanje Smiljanić, naslova „Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika u zaštiti bilja”, studentice prijediplomskog studija Fitomedicina na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu (vidi literaturu).

Literatura

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Keith, R., Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition. New York: Garland Science.

Ashfaq, M., Hebert, P. D. N. (2016). DNA barcodes for bio-surveillance: regulated and economically important arthropod plant pests. *Genome*, 59(11), 933–945. <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0024>.

Bagyinszky, E., Youn, Y. C., An, S. S., Kim, S. (2014). The genetics of Alzheimer's disease. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 535-551. <https://doi.org/10.2147/CIA.S51571>.

Barres, B., Corio-Costet, M. F., Debieu, D. D., Délye, C., Fillinger-David, S., Grosman, J., Micoud, A., Siegwart, M., Walker, A. S. (2016). Trends and Challenges in Pesticide Resistance Detection. *Trends in Plant Science*, 21 (10), 834-853. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.06.006>.

Bass, C., Nikou, D., Donnelly, M. J., Williamson, M. S., Ranson, H., Ball, A., Vontas, J., Field, L. M. (2007). Detection of knockdown resistance (*kdr*) mutations in *Anopheles gambiae*: a comparison of two new high throughput assays with existing methods. *Malaria Journal*, 6(111), 1-14. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-6-111>.

Bažok, R., Čačija, M., Karoglan Kontić, J., Kramarić, M., Lemić, D., Stolz, M., Székács, A., Takács, E. (2022). *Zaštita bilja u ekološkoj poljoprivredi - Priručnik za edukatore*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. <https://topplantportal.eu/mod/book/view.php?id=1064&chapterid=501> (pristupljeno 28. ožujka 2024.).

Bažok, R., Lemić, D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*, 17(5), 429-438.

Beckmann, J. S., Soller, M. (1986). Restriction Fragment Length Polymorphisms in Poultry Breeding. *Poultry Science*, 65(8), 1474-1488. <https://doi.org/10.3382/ps.0651474>.

Biome-id (2025). DNA Barcoding Service. <https://www.biome-id.com/english-1/dna-barcoding/> (pristupljeno 22. prosinca 2025).

Boland, E. J., Pillai, A., Odom, M. W., Jagadeeswaran, P. (1994). Automation of the Maxam-Gilbert chemical sequencing reactions. *Biotechniques*, 16(6), 1088-1095.

Brumfield, R. T., Beerli, P., Nickerson, D. A., Edwards, S. V. (2003). The utility of single nucleotide polymorphisms in inferences of population history. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(5), 249-256. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00018-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00018-1).

Chang, S., Huang, S., Liu, H., Zhang, P., Liang, F., Akahori, R., Li, S., Gyarfás, B., Shumway, J., Ashcroft, B., He, J., Lindsay, S. (2012). Chemical recognition and binding kinetics in a functionalized tunnel junction. *Nanotechnology*, 23(23), 235101. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/23/23/235101>.

Chown, S., Sinclair, B., Vuuren, B. (2008). DNA barcoding and the documentation of alien species establishment on sub-Antarctic Marion Island. *Polar Biology*, 31(5), 651-655. <https://doi.org/10.1007/s00300-007-0402-z>.

Church, G. M., Gilbert, W. (1984). Genomic sequencing. *PNAS*, 81(7), 1991-1995. <https://doi.org/10.1073/pnas.81.7.199>.

Codling, E. A. (2014). Pest insect movement and dispersal as an example of applied movement ecology: Comment on “Multiscale approach to pest insect monitoring: Random walks, pattern formation, synchronization, and networks“ by Petrovskii, Petrovskaya and Bearup. *Physics of Life Reviews*, 11 (3), 533-535. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2014.06.011>.

Delye, C., Causse, R., Michel, S. (2016). Genetic basis, evolutionary origin and spread of resistance to herbicides inhibiting acetolactate synthase in common groundsel (*Senecio vulgaris*). *Pest Management Science*, 72, 89-102. <https://doi.org/10.1002/ps.4058>.

Eid, J., Fehr, A., Gray, J., Luong, K., Lyle, J., Otto, G., Peluso, P., Rank, D., Baybayan, P., Bettman, B., Bibillo, A., Bjornson, K., Chaudhuri, B., Christians, F., Cicero, R., Clark, S., Dalal, R., DeWinter, A., Dixon, J., Foquet, M., Gaertner, A., Hardenbol, P., Heiner, C., Hester, K., Holden, D., Kearns, G., Kong, X., Kuse, R., Lacroix, Y., Lin, S., Lundquist, P., Ma, C., Marks, P., Maxham, M., Murphy, D., Park, I.,

Pham, T., Phillips, M., Roy, J., Sebra, R., Shen, G., Sorenson, J., Tomaney, A., Travers, K., Trulson, M., Vieceli, J., Wegener, J., Wu, D., Yang, A., Zaccarin, D., Zhao, P., Zhong, F., Korlach, J., Turner, S. (2009). Real-time DNA sequencing from single polymerase molecules. *Science*, 323(5910), 133-138. <https://doi.org/10.1126/science.1162986>.

Erlich, H. A. (1989). *PCR Technology: Principles and Applications for DNA Amplification*. London: Palgrave Macmillan.

Etzler, F. E., Wanner, K. W., Morales-Rodriguez, A., Ivie, M. A. (2014). DNA barcoding to improve the species-level management of wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*, 107(4), 1476-1485. <https://doi.org/10.1603/EC13312>.

Ferraboli, S., Negri, R., Mauro, E., Barlati, S. (1993). One-lane chemical sequencing of 3' fluorescent-labeled DNA. *Analytical biochemistry*, 214(2), 566-570. <https://doi.org/10.1006/abio.1993.1539>.

Floyd, R., Lima, J., Waard, J., Humble, L., Hanner, R. (2010). Common goals: policy implications of DNA barcoding as a protocol for identification of arthropod pests. *Biological Invasions*, 12, 2947-2954. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9709-8>.

Footitt, R. G., Maw, H. E. L., Von Dohlen, C. D., Hebert, P. D. N. (2008). Species identification of aphids (Insecta: Hemiptera: Aphididae) through DNA barcodes. *Molecular Ecology Resources*, 8(6), 1189-1201. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2008.02297.x>.

Frewin, A. J., Scott-Dupree, C., Murphy, G., Hanner, R. (2014). Demographic trends in mixed *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) cryptic species populations in commercial poinsettia under biological control and insecticide-based management. *Journal of Economic Entomology*, 107(3), 1150-1155. <https://doi.org/10.1603/EC13521>.

Gowtham, B. (2025). Mitochondrial DNA analysis as a forensic tool. *Microbe Notes*. <https://microbenotes.com/mitochondrial-dna-analysis/> (pristupljeno 22. prosinca 2025.).

Greninger, A. L., Naccache, S. N., Federman, S., Yu, G., Mbala, P., Bres, V., Stryke, D., Bouquet, J., Somasekar, S., Linnen, J. M., Dodd, R., Mulembakani, P., Schneider, B. S., Muyembe-Tamfum, J. J., Stramer, S. L., Chiu, C. Y. (2015). Rapid metagenomic identification of viral pathogens in clinical samples by real-time nanopore sequencing analysis. *Genome medicine*, 7, 99. <https://doi.org/10.1186/s13073-015-0220-9>.

Grubišić, D., Pajač Živković, I., Gotlin Čuljak, T., Brmež, M., Benković Lačić, T., Mešić, A. (2013). First molecular detection of Croatian potato cyst nematode (PCN) populations using the polymerase chain reaction (PCR). *Entomologia Croatica*, 17(1), 35-40.

Gwiazdowski, R. A., Foottit, R. G., Maw, H. E. L., Hebert, P. D. N. (2015). The Hemiptera (Insecta) of Canada: constructing a reference library of DNA barcodes. *PLoS ONE*, 10(4), e0125635. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125635>.

Hartl, D. L., Jones, E. W. (1992). *Genetics Principles and Analysis. Fourth Edition*. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers.

Hayashi, K. (1991). PCR-SSCP: a simple and sensitive method for detection of mutations in the genomic DNA. *PCR Methods and Applications*, 1(1), 34-38. <https://doi.org/10.1101/gr.1.1.34>.

Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. A., Waard, J. R. (2002). Biological identifications through DNA barcodes. *The Royal Society*, 270 (1512), 313-321. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>.

Hendrich, L., Moriniere, J., Haszprunar, G., Hebert, P. D. N., Hausmann, A., Kohler, F., Balke, M. (2015). A comprehensive DNA barcode database for Central European beetles with a focus on Germany: adding more than 3500 identified species to BOLD. *Molecular Ecology Resources*, 15(4), 795-818. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12354>.

Hulten, M. A., Dhanjal, S., Pertl, B. (2003). Rapid and simple prenatal diagnosis of common chromosome disorders: advantages and disadvantages of the molecular methods FISH and QF-PCR. *Reproduction*, 126(3), 279-297. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1260279>.

Indiamart (2025). Transiom Genomics DNA Extraction Kit. <https://www.indiamart.com/proddetail/dna-extraction-kit-21293661691.html> (pristupljeno 22. prosinca 2025.).

Ivanović, M., Koprivica, M., Milijašević, S., Dukić, N., Duduk, B. (2004). Primena molekularnih metoda u dijagnostici bolesti. *Pesticidi i fitomedicina*, 19(4), 223-231.

Janzen, D. H., Hajibabaei, M., Burns, J. M., Hallwachs, W., Remigio, E., Hebert, P. D. N. (2005). Wedding biodiversity inventory of a large and complex Lepidoptera fauna with DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360(1462), 1835-1845.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1715>.

Jones, Y. L., Peters, S. M., Weland, C., Ivanova, N. V., Yancy, H. F. (2013). Potential use of DNA barcodes in regulatory science: Identification of the U.S. Food and Drug Administration's "Dirty 22," contributors to the spread of foodborne pathogens. *Journal of Food Protection*, 76(1), 144-149. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-168>

Kadoić Balaško, M., Lemić, D., Mikac, K. M., Bažok, R. (2021). Multidisciplinirani pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca. *Glasilo Future*, 4(4), 22-36. <https://doi.org/10.32779/gf.4.4.2>

Kadoić Balaško, M. (2022). *Genomic changes associated with insecticide resistance in economically important insect pests in Croatia* (Disertacija). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Kaur, S. (2015). DNA Barcoding and Its Applications. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(2), 602-604.

Lazcka, O., Del Campo, J., Munoz, F. X. (2007). Pathogen detection: A perspective of traditional methods and biosensors. *Biosensors and Bioelectronics*, 22(7), 1205-1217. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2006.06.036>.

Li, J.-j., Xiong, C., Liu, Y., Liang, J.-s., Zhou, X.-w. (2016). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): Emergence as an alternative technology for herbal medicine identification. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1956. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01956>.

Mankin, R. W., Ayedh, H., Aldryhim, Y., Rohde, B. (2016). Acoustic Detection of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) and *Oryctes elegans* (Coleoptera: Scarabaeidae) in *Phoenix dactylifera* (Arecaceae: Arecaceae) Trees and Offshoots in Saudi Arabian Orchards. *Journal of Economic Entomology*, 109(2), 622-628. <https://doi.org/10.1093/jee/tov398>.

Mareković, I. (2008). *Značenje molekularnih metoda u dijagnostici izvanbolničkih pneumonija uzrokovanih bakterijama* (Disertacija). Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet.

Mareković, I., Bošnjak, Z., Plečko, V. (2014). Evaluacija real-time PCR metode za izravnu identifikaciju mikobakterija u kliničkim uzorcima. Knjiga sažetaka, CROCMID 2013, 10. hrvatski kongres kliničke mikrobiologije i 7. hrvatski kongres o infektivnim bolestima, Rovinj, Hrvatska.

Marić, M., Orović, I., Stanković, S. (2016). Compressive Sensing based image processing in Trapview pest monitoring system. 39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, Hrvatska, 508-512. <http://dx.doi.org/10.1109/MIPRO.2016.7522197>.

Marković, E. (2021). *Mračna strana evolucije - Kako evoluiraju špiljske životinje* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet.

Miresmailli, S., Badulescu, D., Mahdavian, M., Zamar, R. H., Isman, M. B. (2009). Integrating plant chemical ecology, sensors and artificial intelligence for accurate pest monitoring. U: Tomatoes:

Agricultural Procedures, Pathogen Interactions and Health Effects (Aube, E. D., Poole, F. H., ur.). New York: Nova Science Publishers, Inc., 1-17.

Mul, M. F., Ploegaert, J. P. M., George, D. R., Meerburg B. G., Dicke M., Groot Koerkamp P. W. G. (2016). Structured design of an automated monitoring tool for pest species. *Biosystems Engineering*, 151, 126-140. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.08.023>.

Nagy, Z. T., Sonet, G., Mortelmans, J., Vandewynkel, C., Grootaert, P. (2013). Using DNA barcodes for assessing diversity in the family Hybotidae (Diptera, Empidoidea). *ZooKeys*, 365, 263-278. <https://doi.org/10.3897/zookeys.365.6070>.

Nam, H. Y., Kim, J. H., Lee, S. H., Heckel, D. G., Kim, J. (2021). Development of a LAMP-Based Molecular Species Diagnosis Method for Four Major Agricultural Pests in the Genus *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 12(10), 883. <https://doi.org/10.3390/insects12100883>.

Narayanan, S. (1991). Applications of restriction fragment length polymorphism. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 21(4), 291-296.

Nyrén, P., Lundin, A. (1985). Enzymatic method for continuous monitoring of inorganic pyrophosphate synthesis. *Analytical Biochemistry*, 151(2), 504-509. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(85\)90211-8](https://doi.org/10.1016/0003-2697(85)90211-8).

Ognjanović, M. (2022). LAMP metoda - budućnost jednostavnije amplifikacije nukleinskih kiselina? https://issuu.com/supha.450/docs/supha_12/s/17181102 (pristupljeno 08. svibnja 2024.).

Oštrec, L.J., Gotlin Čuljak, T. (2005). *Opća entomologija*. Čakovec: Zrinski d. d.

Pajač Živković, I., Miklečić, I., Kapuđija, D., Škorić, M., Lemić, D. (2020). Učinkovitost „Trapview“ sustava za automatsko praćenje jabukova savijača. *Fragmenta phytomedica*, 34(6), 1-15.

Park, D.-S., Suh, S. J., Hebert, P. D. N., Oh, H. W., Hong, K.-J. (2011). DNA barcodes for two scale insect families, mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) and armored scales (Hemiptera: Diaspididae). *Bulletin of Entomological Research*, 101(4), 429-434. <https://doi.org/10.1017/S0007485310000714>.

Plejić, E. (2021). *Infracrvena spektroskopija nukleinskih kiselina* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet.

Polak, B. (2012). *Barkodiranje života* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Prirodoslovno-matematički fakultet.

- Potamitis, I. (2017). Automated Remote Insect Surveillance at a Global Scale and the Internet of Things. *Robotics*, 6(3), 1-19. <https://doi.org/10.3390/robotics6030019>.
- Radhika, R., Unhelkar, B., Chakrabarti, P., Shankar, S. S. (2023). A Novel Deep Learning Models for Efficient Insect Pest Detection and Recommending an Organic Pesticide for Smart Farming. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 12(9), 15-31. <https://ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/4197>.
- Ratnasingham, S., Hebert, P. D. N. (2007). The Barcode of Life Data System. *Molecular Ecology*, 7(3), 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>.
- Rebijith, K. B., Asokan, R., Krishna, V., Ranjitha, H. H., Kumar, N. K. K., Ramamurthy, V. V. (2014). DNA barcoding and elucidation of cryptic diversity in thrips (Thysanoptera). *The Florida Entomologist* 97(4), 1328-1347.
- Rhoads, A., Au, K. F. (2015). PacBio Sequencing and Its Applications. *Genomics Proteomics Bioinformatics*, 13(5), 278–289. <https://doi.org/10.1016/j.gpb.2015.08.002>.
- Rizvanović-Smajlović, A., Elez-Burnjaković, N. (2013). DNA barcoding - Način identifikacije odabranih vrsta leptira kupusara iz Bosne i Hercegovine. *Prilozi fauni Bosne i Hercegovine*, 9, 37-43.
- Ronaghi, M., Karamohamed, S., Pettersson, B., Uhlén, M., Nyren, P. (2001). Real-time DNA sequencing using detection of pyrophosphate release. *Analytical biochemistry*, 242(1), 84-89. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0432>.
- Russell, P. (2002). *iGenetics*. San Francisco: Benjamin Cummings.
- Sayers, E. W., Waring, M. J. (1993). Footprinting titration studies on the binding of echinomycin to DNA incapable of forming Hoogsteen base pairs. *Biochemistry*, 32(35), 9094-9107. <https://doi.org/10.1021/bi00086a014>.
- Scheffer, S. J., Lewis, M. L., Gaimari, S. D., Reitz, S. R. (2014). Molecular survey for the invasive leafminer pest *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in California uncovers only the native pest *Liriomyza langei*. *Journal of Economic Entomology*, 107(5), 1959-1964. <https://doi.org/10.1603/EC13279>.
- Sciaretta, A., Calabrese, P. (2019). Development of Automated Devices for the Monitoring of Insect Pests. *Current Agriculture Research Journal*, 7(1), 19-25. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.7.1.03>.
- Sheikha, A.F. (2019). Tracing insect pests: is there new potential in molecular techniques? *Insect Molecular Biology*, 28(6), 759-772. <https://doi.org/10.1111/imb.12601>.

Shin, S., Jung, S., Lee, H., Lee, S. (2013). Molecular identification of dipteran pests (Diptera: Sciaroidea) from shiitake mushroom. *Molecular Ecology Resources*, 13(2), 200-209. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12057>.

Sigma-Aldrich (2025). Sanger Sequencing Steps & Method. Merck KGaA. <https://www.sigmaaldrich.com/HR/en/technical-documents/protocol/genomics/sequencing/sanger-sequencing> (pristupljeno 22. prosinca 2025.).

Smiljanić, V. (2024). *Molekularne metode detekcije i identifikacije štetnika u zaštiti bilja* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Song, Y., Li, H., He, L., Zhang, H., Zhao, S., Yang, X., Wu, K. (2023). Interspecific Competition between Invasive *Spodoptera frugiperda* and Indigenous *Helicoverpa armigera* in Maize Fields of China. *Agronomy*, 13 s(3), 911. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030911>.

Stoddart, D., Heron, A. J., Mikhailova, E., Maglia, G., Bayley, H. (2009). Single-nucleotide discrimination in immobilized DNA oligonucleotides with a biological nanopore. *PNAS*, 106(19), 7702-7707. <https://doi.org/10.1073/pnas.0901054106>.

Strunjak Perović, I., Topić Popović, N. (1999). PCR kao dijagnostička metoda u akvakulturi. *Croatian Journal of Fisheries*, 57(4), 181-188.

Šipek, M. (2017). *Usporedba morfološke i genetske identifikacije ličinki vrsta roda Agriotes* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Štivičić, A., Pajač Živković, I., Lemić, D. (2020). Metode utvrđivanja rezistentnosti u entomološkim znanostima. *Fragmenta phytomedica*, 34(6), 27-38.

Šubić, M. (2022). Kako suzbijati žičnjake u povrtnjaku. *Gospodarski list*. <https://gospodarski.hr/rubrike/povrcarstvo-rubrike/kako-suzbijati-zicnjake-u-povrtnjaku/> (pristupljeno 22. prosinca 2025.).

Tedersoo, L., Sanchez-Ramirez, S., Koljalg, U., Bahram, M., Doring, M., Schigel, D., May, T., Ryberg, M., Abarenkov, K. (2018). High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. *Fungal Diversity*, 90, 135-159. <https://doi.org/10.1007/s13225-018-0401-0>.

Toor, R. F., Foster, S. P., Anstead, J. A., Mitchinson, S., Fenton, B., Kasprowicz, L. (2008). Insecticide resistance and genetic composition of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) on field potatoes in New Zealand. *Crop Protection*, 27(2), 236-247. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.05.015>.

Trupković, R. (2018). *Nove metode sekvenciranja DNA* (Završni rad). Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Turnock, W. J. (2012). Insect Pests. The Canadian Encyclopedia. <https://thecanadianencyclopedia.ca/en/article/insect-pests> (pristupljeno 18. svibnja 2024.).

Ubuy.hr (2025). Walbest yellow sticky traps 20 pack gnat trap gnat killer fruit fly paper fly traps indoor sticky fungus gnat sticky traps insects. <https://www.ubuy.hr/en/product/1PT9DOL1C-walbest-yellow-sticky-traps-20-pack-gnat-trap-gnat-killer-fruit-fly-paper-fly-traps-indoor-sticky-fungus-gnat-sticky-traps-insects> (pristupljeno 22. prosinca 2025.).

Ustugi, J., Toshihide, K., Motomi, I. (2011). Current progress in DNA barcoding and future implications for entomology. *Entomological Science*, 14(2), 107-124. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2011.00449.x>.

Valentini, A., Pompanon, F., Taberlet, P. (2009). DNA barcoding for ecologists. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(2), 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.09.011>.

Virgilio, M., Jordaens, K., Breman, F. C., Backeljau, T., De Meyer, M. (2012). Identifying insects with incomplete DNA barcode libraries, African fruit flies (Diptera: Tephritidae) as a test case. *PLoS ONE*, 7(2), e31581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031581>.

Waterton, C., Ellis, R., Wynne, B. (2013). *Barcoding nature: shifting cultures of taxonomy in an age of biodiversity loss*. London: Routledge.

Wilson, J. J., Sing, K. W., Sofian Azirun, M. (2013). Building a DNA barcode reference library for the true butterflies (Lepidoptera) of Peninsula Malaysia: What about the subspecies? *PLoS ONE*, 8(11), e79969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079969>.

Woodcock, T. S., Boyle, E. E., Roughley, R. E., Kevan, P. G., Labbee, R. N., Smith, A. B. (2013). The diversity and biogeography of the Coleoptera of Churchill: insights from DNA barcoding. *BMC Ecology*, 13(40), 1472-6785. <https://link.springer.com/article/10.1186/1472-6785-13-40>.

Primljeno: 4. studenoga 2025. godine

Received: November 4, 2025

Prihvaćeno: 27. prosinca 2025. godine

Accepted: December 27, 2025

Štetni kukci EPPO „Alert“ liste iz reda Lepidoptera

Insect pests of EPPO „Alert“ list from order Lepidoptera

Ivan Juran^{1*}, Maja Mesić^{1,2}, Tanja Gotlin Čuljak¹, Katarina Martinko¹, Maja Čačija¹

Pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.8.3.3

*Citiranje/Citation*³

Sažetak

Glavna uloga „Alert“ liste, koju izrađuje Europska i mediteranska organizacija za zaštitu bilja (EPPO), jest rano upozorenje zemalja članica na potencijalni rizik od unosa invazivnih štetnih organizama na područje gdje do sada nisu bili prisutni. Lista se redovito ažurira te pojedini štetni organizmi mogu biti uklonjeni s iste, dok se neki drugi štetni organizmi mogu dodati na listu, ovisno o procjeni stručnjaka. Jedan od najvažnijih redova štetnih kukaca jesu leptiri koji imaju sposobnost aktivno se širiti na veće udaljenosti čime proširuju svoj areal rasprostranjenosti. U radu su prikazane morfološke značajke, životni ciklusi, odnos prema biotičkim čimbenicima, biljke domaćini, mogućnosti suzbijanja te fitosanitarni rizik svih vrsta leptira koji se trenutno nalaze na „Alert“ listi EPPO-a.

Ključne riječi: introdukcija, invazivni štetnici, *Chloridea virescens*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Lambdina fiscellaria*.

Abstract

The main purpose of the "Alert" list, developed by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) is to give Member States early warning of the potential risk of the introduction of invasive harmful organisms into an area where they were not previously present. The list is updated regularly and certain harmful organisms can be removed from the list, while other harmful organisms can be added to the list according to expert judgment. One of the most important orders of insect pests are butterflies, which can actively disperse over long distances and thus expand their range. The paper describes the morphological characteristics, life cycles, relationship to biotic factors, host plants, control options and phytosanitary risk of all butterfly species currently on the EPPO "Alert" list.

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: ijuran@agr.hr (dopisni autor).

² Studentica prijediplomskog studija Fitomedicina.

³ Juran, I., Mesić, M., Gotlin Čuljak, T., Martinko, K., Čačija, M. (2025). Štetni kukci EPPO „Alert“ liste iz reda Lepidoptera. *Glasilo Future*, 8(3), 44–62. / Juran, I., Mesić, M., Gotlin Čuljak, T., Martinko, K., Čačija, M. (2025). Insect pests of EPPO „Alert“ list from order Lepidoptera. *Glasilo Future*, 8(3), 44–62.

Key words: introduction, invasive pests, *Chloridea virescens*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Lambdina fiscellaria*.

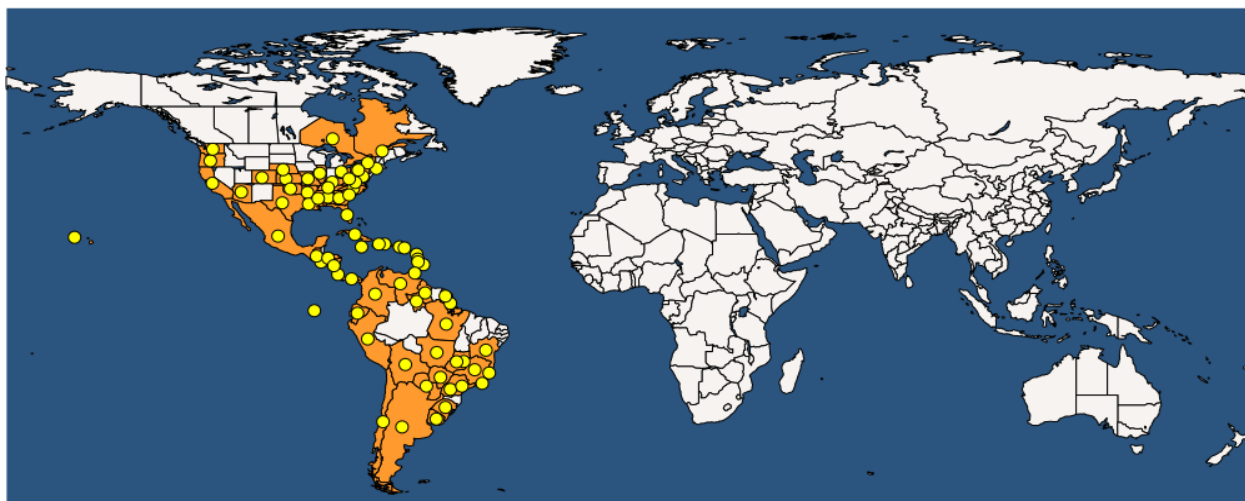
Uvod

Intenzivni međunarodni promet robe i ljudi te sve izraženije posljedice klimatskih promjena neki su od ključnih čimbenika koji olakšavaju širenje invazivnih vrsta živih organizama širom svijeta (Hulme, 2009). Od svih skupina životinja invazivni kukci predstavljaju najveću opasnost zbog sposobnosti brze prilagodbe novim staništima kao i potencijala za izazivanje znatnih ekoloških i ekonomskih šteta (Simberloff, 2013). Unutar razreda Insecta (kukci), red Lepidoptera (leptiri) obuhvaća brojne vrste čije su ličinke (gusjenice) izrazito fitofagne i nanose ozbiljne štete poljoprivrednim kulturama (Haile et al., 2021). Zbog uzgoja poljoprivrednih kultura u monokulturi i često smanjene razine prirodne otpornosti biljaka, agroekosustavi su posebno osjetljivi na unos invazivnih vrsta štetnika (Gentili et al., 2021). Invazivne vrste leptira vrlo se brzo mogu širiti novim područjima gdje nema njihovih prirodnih neprijatelja koji bi utjecali na njihovu populaciju. Zbog toga ekonomske posljedice mogu biti vrlo velike, a uključuju povećane troškove zaštite, smanjenu konkurentnost na tržištu i ugrožavanje egzistencije poljoprivrednih proizvođača (Pimentel et al. 2005). Klimatske promjene predstavljaju dodatnu komponentu u razumijevanju kompleksa unosa invazivnih štetnika. Povećanje temperature na godišnjoj razini može produljiti razdoblja aktivnosti štetnika, omogućiti im razvijanje više generacija godišnje te proširiti njihove areale prema dijelovima zemlje gdje prije nisu obitavali (Parmesan, 2006; Walther et al., 2002). Promjene u rasporedu oborina mogu utjecati na preživljavanje i razvoj ličinki, ali i na otpornost biljaka domaćina na ishranu štetnika (Bale et al., 2002). Ekstremne vremenske prilike, koje su zadnjih godina učestalije, mogu oslabiti biljne zajednice i stvoriti preduvjete za razvoj i širenje invazivnih vrsta (Hobbs et al., 2013). Promjene u rasprostranjenosti i razvojnim ciklusima biljaka domaćina, pod utjecajem klimatskih promjena, mogu olakšati invazivnim vrstama (osobito leptirima) pronalazak novih izvora hrane te širenje na nova područja (Hill et al., 2021). Hrvatska, zbog intenzivne poljoprivredne proizvodnje i povoljnih klimatskih prilika, potencijalno je izložena riziku od unosa i uspostave raznih invazivnih vrsta leptira, a putevi unosa mogu biti višestruki. Oni uključuju međunarodnu trgovinu biljkama i biljnim materijalom (Liebhold et al., 2012), transport drvene građe, prijenos putem vjetra ili aktivnim širenjem, ali i nenamjerni unos putem transportnih sredstava. Za uspješno smanjenje potencijalnih šteta od ključnog značaja je rana detekcija novih invazivnih vrsta štetnika (Early et al., 2016). Zbog toga je neophodno uspostaviti učinkovite sustave nadzora, provoditi fitosanitarne mjere te podizati svijest o rizicima među svim zainteresiranim dionicima (poljoprivredni proizvođači, stručnjaci i šira javnost). U radu će biti prikazane vrste leptira koje je EPPO uvrstio na „Alert“ listu, a koji predstavljaju najveći rizik za unos na područje Hrvatske. Opisat će se njihova morfologija te će se analizirati njihove biološke značajke, biljke domaćini, štete i simptomi te mogućnosti suzbijanja, ako i kada budu prisutni na našem području. Također će se navesti i mogući

fitosanitarni rizik sa ciljem zaštite poljoprivrednih kultura i očuvanja bioraznolikosti u uvjetima promjenjive klime.

***Chloridea virescens* (Fabricius, 1777)**

C. virescens ubraja se u podred Frenatae, grupu Macrofrenatae, grupu Heterocera (noćni leptiri) i porodicu Noctuidae (sovice) (EPPO Global Database, 2024a; Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Ova vrsta, prije poznata kao *Heliothis virescens*, široko je rasprostranjena diljem američkog kontinenta (slika 1). Autohtona za Sjevernu Ameriku i nalazi se u istočnom te jugozapadnom dijelu SAD-a. U SAD-u nalazi se u gotovo svim istočnim i jugozapadnim saveznom državama, a također je moguća pojava u sjevernim saveznom državama SAD-a i jugu Kanade (Ontario). Također se javlja u Srednjoj i Južnoj Americi te Karibima (EPPO Alert List, 2024). Pronađena je na Havajima (Dutch NPPO, 2020; JKI, 2022) te Galapagosu (JKI, 2022). *C. virescens* je odsutna u EPPO regiji (EPPO Alert List, 2024).



Slika 1. Rasprostranjenost vrste *Chloridea virescens* (izvor: EPPO, 2025)

Figure 1. Distribution of the *Chloridea virescens* (source: EPPO, 2025)

Identifikacija štetnika

Jaja su okrugla, s plosnatim dnom, dimenzija od 0,51 do 0,60 mm u širini i od 0,50 do 0,61 mm u visini. Na početku su bjelkaste do žućkasto bijele boje, ali s vremenom postaju sivkaste. Jaja imaju uske grebenaste strukture koje se šire od vrha jaja i broj im varira između 18 i 25 (Capinera, 2001). Mladi stadiji gusjenica su obično žućkasti ili žućkasto zeleni sa žućkasto smeđom glavom. Kako gusjenice sazrijevaju, prelaze u starije stadije koji su zelenkasti s bijelim dorzalnim i lateralnim prugama, dok glava postaje smeđa. Tjelesna boja može varirati od blijedo zelene do ružičaste, crvenkaste ili smečkaste, ovisno o okolišu i uvjetima (Capinera, 2001; Edde, 2018). Od trećeg stadija, na gusjenicama su vidljiva proširenja (tuberkule) s mikrotnovima na prvom, drugom i osmom abdominalnom segmentu (Capinera, 2001). Gusjenice zadnjeg stadija dostižu dužinu od 25,5 do 38,5 mm (Edde, 2018; EPPO Alert List, 2024a). Kukuljice su sjajne, crvenkasto smeđe boje koja potamni neposredno prije izlaska odraslog

oblika. Prosječna duljina kukuljice je 18,2 mm, a širina 4,7 mm (Capinera, 2001). Odrasli oblici *C. virescens* su smečkasti s blagim zelenim tonom (slika 2) i dugi od 28 do 35 mm (EPPO Alert List, 2024a). Prednja krila imaju tri tamne pruge, svaka s bijelom ili kremastom granicom. Stražnja krila su bjelkasta s tamnom rubnom prugom. Ženke su obično tamnije boje od mužjaka. Raspon krila odraslih leptira iznosi od 28 do 38 mm (Capinera, 2001; Edde, 2018).



Slika 2. Odrasli oblik vrste *Chloridea virescens* (Reago i McClarren, 2021)

Figure 2. Adult form of *Chloridea virescens* (source: Reago and McClarren, 2021)

Životni ciklus

C. virescens u južnim dijelovima SAD-a može imati četiri do pet generacija godišnje (Capinera, 2001; EPPO Alert List, 2024). Odrasli oblici u južnim dijelovima SAD-a izlaze iz kukuljica u proljeće, od ožujka do svibnja. Životni vijek odraslih leptira je između 15 i 25 dana, ovisno o temperaturi. Ženke leptira obično polažu između 300 i 500 jaja po ciklusu, a u kontroliranim uvjetima mogu položiti i do 1500 jaja (Blanco et al., 2025). Jaja polažu na cvjetove, plodove i terminalne dijelove biljaka domaćina. Gusjenice prolaze kroz pet do sedam stadija, s najčešće šest stadija. Razvoj traje od dva do 10 dana po stadiju, ovisno o temperaturi. Pri temperaturi od 20 °C razvoj od prvog do šestog stadija traje otprilike 33,9 dana, dok pri 25 °C traje 17,3 dana. Od trećeg stadija, gusjenice pokazuju kanibalizam, ali nisu agresivne kao neki srodnici. *C. virescens* prezimljuje u stadiju kukuljice. Trajanje stadija kukuljice ovisi o temperaturi: pri 20 °C traje oko 22 dana, dok pri 30 °C traje oko 11 dana (Rodriguez-Espinosa et al., 2018). Može doći do dijapauze, posebno pri niskim temperaturama ili kratkim danima, što omogućuje preživljavanje u nepovoljnim uvjetima (Capinera, 2001). Razvoj *C. virescens* značajno ovisi o temperaturi. U južnim dijelovima SAD-a, gdje su temperature više, ova vrsta može imati više generacija godišnje i prezimiti, dok se u sjevernim područjima broj generacija smanjuje zbog kraćeg vegetacijskog razdoblja i nižih temperatura te ne može prezimiti zbog hladnih uvjeta, ali može preživjeti u staklenicima

i zaštićenim područjima. Dijapauza se javlja i zimi i ljeti, omogućujući vrsti preživljavanje hladnih i toplih razdoblja (Capinera, 2001).

Biljke domaćini

C. virescens je polifagan štetnik s velikim brojem biljaka domaćina. Ova vrsta je poznata po sposobnosti da napada širok spektar kultiviranih i divljih biljaka, što je čini ozbiljnom prijetnjom za poljoprivredu. *C. virescens* napada više od 100 vrsta iz različitih porodica biljaka (Dutch NPPO, 2020; Edde, 2018), a preferira određene kultivirane biljke, međutim, može se pronaći na mnogim vrstama korova i divljih biljaka. *C. virescens* napada brojne poljoprivredne kulture uključujući pamuk (*Gossypium* spp.), duhan (*Nicotiana tabacum*), kukuruz (*Zea mays*), soju (*Glycine max*), lan (*Linum sativum*), lucernu (*Medicago sativa*) i djetelinu (*Trifolium* spp.) (Capinera, 2001; Dutch NPPO, 2020; Edde, 2018; EPPO Alert List, 2024). Može napasti i voće i povrće kao što su rajčica (*Solanum lycopersicum*), krumpir (*Solanum tuberosum*), šparoge (*Asparagus officinalis*), grašak (*Pisum sativum*), dinja (*Cucumis melo*) i salata (*Lactuca sativa*), tikve (*Cucurbita* spp.), loze (*Vitis* spp.) i kupusnjače (*Brassica* spp.) (Capinera, 2001; Dutch NPPO, 2020; Edde, 2018; EPPO Alert List, 2024). Također Dutch NPPO (2020) navodi kako napada vrste iz rodova ekonomski važnih usjeva kao što su *Abelmoschus*, *Allium*, *Apium*, *Aster*, *Capsicum*, *Citrus*, *Ocimum*, *Origanum*, *Phaseolus* te *Tulipa*. Ova vrsta također predstavlja prijetnju ukrasnim biljkama uključujući krizanteme (*Chrysanthemum* spp.), gardenije (*Gardenia* spp.), pelargonije (*Pelargonium* spp.), petunije (*Petunia* spp.), verbene (*Verbena* spp.), cinije (*Zinnia* spp.), hibiskus (*Hibiscus* spp.), kadife (*Tagetes* spp.) te veliku zijevalicu (*Antirrhinum majus*) (Capinera, 2001; Edde, 2018; Dutch NPPO 2020; EPPO Alert List, 2024). Velik broj korova i divljih biljaka također služe kao alternativni domaćini ovoj vrsti, a uključuje biljne vrste poput rascjepkane iglice (*Geranium dissectum*), japanske kozokrvine (*Lonicera japonica*), hmeljaste vije (*Medicago lupulina*) (Capinera, 2001; Edde, 2018; EPPO Alert List, 2024). Kao domaćini ove vrste ističu se i kiselice (*Rumex* sp.), *Sida spinosa*, *Penstemon laevigatus*, *Desmodium* spp., *Lespedeza bicolor*, *Rhexia* spp., mjehurice (*Physalis* spp.), vučike (*Lupinus* spp.), *Ipomoea* spp., *Jacquemontia tamnifolia*, *Passiflora* sp., suncokreti (*Helianthus* spp.), *Linaria canadensis* i europski mračnjak (*Abutilon theophrasti*) (Capinera, 2001; Edde, 2018).

Simptomi i štete

Gusjenice se hrane na pupoljcima, cvjetovima, cvatovima, plodovima i mahunama svojih domaćina što doprinosi njihovoj štetnosti i može značajno smanjiti prinos usjeva (Edde, 2018). Gusjenice prodiru u pupove i cvjetove, uzrokujući značajne gubitke u prinosu i kvaliteti budućeg ploda (Capinera, 2001; Dutch NPPO, 2020; EPPO Alert List, 2024). Osim hranjenja na pupoljcima i cvjetovima, gusjenice se mogu hraniti i na terminalnim izbojima, peteljka i stabljikama biljaka. U nedostatku drugih organa, gusjenice se mogu hraniti i na listovima uzrokujući dodatnu štetu na biljci (Capinera, 2001; EPPO Alert

List, 2024). Gusjenice hranjenjem mogu oslabiti biljku, smanjiti fotosintetsku površinu i posljedično smanjiti prinos. Jedan od ozbiljnijih problema uzrokovanih ovim štetnikom je sposobnost gusjenica da ulaze u plodove. Kada gusjenice prodru u plodove, oni postaju podložniji sekundarnim infekcijama patogena, što dodatno smanjuje kvalitetu i prinos (Capinera, 2001; Dutch NPPO, 2020). U stakleničkim uvjetima, ulazak ličinki u plodove rajčice, paprike i drugih usjeva može značajno smanjiti njihov prinos i tržišnu vrijednost. Štetnost te vrste nije ograničena samo na poljoprivredne usjeve, već može negativno utjecati i na divlje biljke i korove (Dutch NPPO, 2020). Ukupne posljedice šteta uzrokovanih hranjenjem *C. virescens* uključuju smanjenje prinosa, gubitak kvalitete plodova, povećanje osjetljivosti biljaka na bolesti i smanjenje estetske vrijednosti ukrasnog bilja.

Fitosanitarni rizik

C. virescens predstavlja značajnu prijetnju za EPPO regiju zbog svoje sposobnosti da napada mnoge ekonomski važne usjeve poput pamuka, kukuruza, duhana i rajčice, kao i ukrasne biljke. Klimatske sličnosti između područja gdje se štetnik već pojavljuje i EPPO regije povećavaju rizik od uspostave populacija na otvorenom i u stakleničkim uvjetima. Kako bi se spriječila pojava i minimizirali mogući ekonomski i ekološki utjecaji, Europska unija je usvojila mjere za prevenciju unosa ove vrste i naglasila potrebu za dodatnim istraživanjima i kontrolama. Pravovremena kontrola i praćenje od ključne su važnosti kako bi se zaštitila poljoprivreda, očuvala ekološka ravnoteža i spriječili ekonomski gubici uzrokovani ovim štetnikom. Kontinuirano praćenje i implementacija učinkovitih mjera kontrole su ključne za očuvanje integriteta poljoprivrednih usjeva i ukrasnih biljaka u EPPO regiji (EPPO Alert List, 2024).

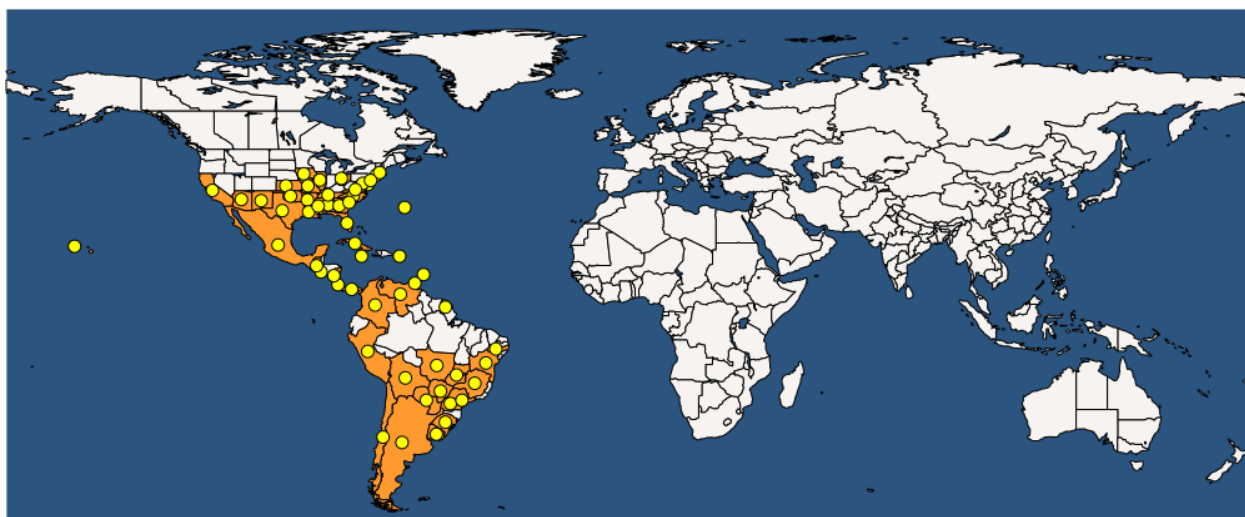
Mogućnosti suzbijanja

Primjena integriranih mjera je ključna za učinkovito suzbijanje ove vrste. Mjere poput ranog uništavanja korova i tretmana s herbicidima ili košnje kao i uništavanje gusjenica na korovima s insekticidima mogu pomoći u smanjenju početne populacije *C. virescens* i sprječavanju kasnijih šteta. Ove metode mogu smanjiti brojnost gusjenica na usjevima i posljedično smanjiti potrebu za intenzivnijim kemijskim tretmanima. Za učinkovito suzbijanje važno je provoditi redovito praćenje i evaluaciju populacija štetnika. Prirodni neprijatelji koriste se kako bi se smanjila populacija štetnika. Prirodni neprijatelji kao što su ose iz roda *Polistes*, vrsta *Geocoris punctipes*, *Nabis* spp., *Orius* spp. te pauzi mogu značajno smanjiti brojnost štetnika. Osim predatora, važni su i parazitoide poput *Trichogramma pretiosum*, *Cardiochiles nigriceps* i *Cotesia marginiventris* koji specifično ciljaju jaja i gusjenice, čime smanjuju sposobnost razmnožavanja i preživljavanja. Ostale vrste uključuju parazitoide *Archytas marmoratus*, *Meteorus autographae*, *Campoletis flavicincta*, *Campoletis perdistinctus*, *Campoletis sonorensis*, *Netelia sayi* i *Pristomerus spinator*. Patogeni poput mikrosporidija *Nosema* spp., gljiva *Spicaria rileyi* i virusa također igraju važnu ulogu u suzbijanju štetnika, uzrokujući smrtnost. Mikrobnii insekticidi, poput

Bacillus thuringiensis i virus nuklearne poliedroze, učinkovito uništavaju populacije *C. virescens* (Capinera, 2001). Ove metode koriste specifične mikroorganizme koji su učinkoviti protiv štetnika, dok istovremeno imaju minimalan utjecaj na druge organizme i okoliš. Prema istraživanju Davidson et al. (1992) *Bacillus thuringiensis* je učinkovit u vrtovima i staklenicima kada se primijeni na biljkama čim se uoče jaja ili oštećenja. Značajno smanjenje štete može se vidjeti ubrzo nakon primjene. Korištenje feromonskih lovki i drugih metoda za praćenje omogućuje pravovremeno otkrivanje zaraza i primjenu odgovarajućih mjera. Insekticidi namijenjeni za folijarnu primjenu se često koriste kao metoda suzbijanja, ali uz brojne izazove. Upotreba insekticida može biti učinkovita u trenutnom suzbijanju štetnika, ali može dovesti do uništavanja korisnih organizama i stvaranja rezistentnosti na insekticide (Capinera, 2001, Zilnik i Burrack, 2021, Junior et al., 2022). Stoga, kemijski pristupi trebaju biti pažljivo primjenjivani u kombinaciji s drugim metodama suzbijanja kako bi se minimizirao njihov negativan utjecaj na ekosustav. Primjena integriranih mjera omogućava optimizaciju suzbijanja *C. virescens* i minimiziranje štete koju ovaj štetnik može prouzročiti, uz očuvanje ekološke ravnoteže i dugoročnu održivost poljoprivredne proizvodnje.

***Elasmopalpus lignosellus* Zeller, 1848**

Ova vrsta pripada podredu Frenatae, grupi Microfrenatae i porodici Pyralidae (plamenci) (EPPO Global Database, 2024a; Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Štetnik je autohton u Americi i nalazi se u SAD-u u mnogim saveznom državama, Meksiku, srednjoj Americi i Južnoj Americi te je prisutan na Havajima (slika 3). Trenutno nije prisutan u EPPO regiji (EPPO Alert list, 2024b).



Slika 3. Rasprostranjenost vrste *Elasmopalpus lignosellus* (izvor: EPPO, 2025)

Figure 3. Distribution of *Elasmopalpus lignosellus* (source: EPPO, 2025)

Identifikacija štetnika

Jaja su ovalnog oblika, dužine oko 0,6 mm i širine oko 0,4 mm. Kada su tek položena, jaja su zelenkasta, a zatim postaju ružičasta i na kraju crvenkasta (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Kod različitih domaćina

različite su veličina, boja i trajanja razvoja (Sandhu, 2010). Gusjenice su zelene sa crvenkastim pigmentima na dorzalnoj strani, a kako stare, razvijaju se bijele longitudinalne pruge. Gusjenice zadnjih stadija razvoja su plavo-zelene te mogu ići prema crveno-smeđoj boji s jasno izraženim žućkastim prugama dorzalno. Dužina gusjenica se kreće od 1,7 mm u prvom stadiju do 16,2 mm u šestom stadiju (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Kukuljice su u početku žućkaste, a zatim postaju smeđe i na kraju gotovo crne, neposredno prije nego se pojave odrasli kukci. Kukuljice su duge oko 8 mm i široke 2 mm, a na vrhu abdomena nalazi se red sa šest bodlji (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Veličina i trajanje kukuljenja razlikuju se ovisno od domaćina i temperature (Sandhu, 2010). Odrasli oblici su relativno mali s rasponom krila od 17 do 22 mm (Gill et al., 2000). Spolni dimorfizam je izražen kod ove vrste. Mužjaci imaju žućkasta prednja krila sa širokom tamnom trakom koja sadrži ljubičaste ljuskice (slika 4), dok su kod ženki prednja krila potpuno tamna, ponekad gotovo crna, sa crvenkastim ili ljubičastim ljuskicama. Dok miruje, ženka je često crne boje s krilima koja su položena ravno uz tijelo, dok je mužjak žuto-smeđe boje sa crnim prugama na krilima. Stražnja krila su prozirna kod mužjaka i ženki. Prsa su kod mužjaka svijetla, a kod ženki tamna (Gill et al., 2000; Bragard et al., 2021).



Slika 4. Mužjak vrste *Elasmopalpus lignosellus* (izvor: USDA Forest Service, 2011)

Figure 4. *Elasmopalpus lignosellus* male (source: USDA Forest Service, 2011)

Životni ciklus

Razvoj i broj generacija godišnje varira ovisno o geografskom položaju i klimatskim uvjetima (Sandhu, 2010). Jaja su položena uglavnom u tlo, do dubine od 2 mm, ali se mogu naći i na donjim listovima i stabljikama biljaka. Ženka može položiti oko 200 jaja. Polaganje jaja zabilježeno je u kasno ljeto i ranu jesen, a južnije već u proljeće i rano ljeto (Gill et al., 2000). Temperatura značajno utječe na trajanje embrionalnog razvoja: na temperaturi od 18 °C, trajanje je 428 sati, dok je na 33 °C samo 52 sata (Sandhu, 2010). Odmah nakon izlaska iz jaja, gusjenice grade tunele od zemlje, izmeta i svile na korjenovom vratu biljke, gdje provode većinu vremena. Gusjenice prolaze kroz pet do devet stadija,

ovisno o uvjetima okoline, a uglavnom imaju šest stadija (EPPO Alert list, 2024b; Gill et al., 2000). Ukupno trajanje stadija je između 15,6 i 33 dana, ovisno o temperaturi i izvoru hrane (Sandhu, 2010). Nakon završetka razvoja, gusjenice se kukulje unutar omotača od pijeska i svile, obično na kraju svojih tunela ili u tlu. Razvoj traje između sedam i 21 dan, ovisno o temperaturi (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Razvoj kukuljice varira, na temperaturi od 13 °C traje oko 29,5 dana, dok na 33 °C traje samo 5,9 dana (Sandhu, 2010). Odrasli oblici aktivni su noću, posebno kada temperatura prelazi 27 °C, relativna vlažnost je visoka, a zrak miran, što su optimalni uvjeti za kopulaciju i polaganje jaja. Životni vijek odraslih oblika u prirodnim uvjetima je oko 10 dana (Gill et al., 2000). *E. lignosellus* ima tri do četiri generacije godišnje u SAD-u, s aktivnošću od lipnja do studenog. Prezimljuje kao gusjenica ili kukuljica (Gill et al., 2000; EPPO Alert list, 2024b). Cijeli životni ciklus traje od 30 do 60 dana (Gill et al., 2000). Prilagođen je pjeskovitim tlima te toplim i suhim klimatskim uvjetima (EPPO Alert list, 2024b). Optimalna temperatura za reprodukciju i preživljavanje je između 27 °C i 30 °C. Vlažnost tla također igra ključnu ulogu jer povećana vlažnost tla smanjuje polaganje jaja i preživljavanje gusjenica (Sandhu, 2010).

Biljke domaćini

Ova vrsta je polifagan štetnik koji napada ekonomski važne kulture kao što su kikiriki (*Arachis hypogaea*), soja (*Glycine max*), grah (*Phaseolus vulgaris*), šećerna trska (*Saccharum officinarum*), sirak (*Sorghum bicolor*), pšenica (*Triticum aestivum*) i kukuruz (*Zea mays*). Napada i druge biljke kao što su zob (*Avena sativa*), šećerna repa (*Beta vulgaris*), repa (*Brassica rapa*), kupus (*Brassica oleracea var. capitata*), paprika (*Capsicum annuum*), dinja (*Cucumis melo*), šilj (*Cyperus esculentus*), pamuk (*Gossypium* spp.), ječam (*Hordeum vulgare*), batat (*Ipomoea batatas*), lan (*Linum usitatissimum*), rajčica (*Solanum lycopersicum*), riža (*Oryza sativa*), grah (*Phaseolus* spp.), grašak (*Pisum sativum*), raž (*Secale cereale*) i *Vigna* spp. (Gill et al., 2000; EPPO Alert List, 2024b). Zabilježen je kao uzročnik velikih šteta u rasadnicima šumskih sadnica na Floridi (SAD) na biljkama poput cvjetnog drena (*Cornus florida*), arizonskog čempresa (*Cupressus arizonica*), *Juniperus silicicola*, bora (*Pinus* spp.), platana (*Platanus occidentalis*), bagrema (*Robinia pseudoacacia*) i močvarnog čempresa (*Taxodium distichum*) (EPPO Alert List, 2024b). *E. lignosellus* se može hraniti i mnogim vrstama korova kao što su *Aristida stricta*, divlja zob (*Avena fatua*), prstasti troskot (*Cynodon dactylon*), *Cyperus rotundus*, svračica (*Digitaria sanguinalis*), eleuzina (*Eleusine indica*), *Hydrochloa carolinensis* i divlji sirak (*Sorghum halepense*) (Gill et al., 2000; EPPO Alert List, 2024b).

Simptomi i štete

Gusjenice ove vrste glavni su uzročnici štete. Ulaze u stabljike biljaka u bazalnom dijelu ili neposredno ispod površine tla i kreću se prema gore. Tijekom hranjenja, piljevina djelomično ispunjava hodnik koji naprave gusjenice (Gill et al., 2000; EPPO Alert List, 2024b). U ranim fazama napada, biljke često

pokazuju znakove venuća koje može biti praćeno deformacijama i usporenim rastom. Ove promjene mogu dovesti do smrti biljaka, posebno kod mladih sadnica i biljaka u razvoju (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010; Zorzetti et al., 2017; EPPO Alert List, 2024b). Oštećene biljke podložne su sekundarnim bakterijskim ili gljivičnim infekcijama (Gill et al., 2000; EPPO Alert List, 2024b). *E. lignosellus* koristi svilene niti za izgradnju tunela u tlu, gdje se gusjenice odmaraju i presvlače, pružajući im zaštitu dok ne napadaju biljke i oštećuju njihove stabljike i listove (Sandhu, 2010). Ovi tuneli otežavaju suzbijanje jer ih štite od predatora i vanjskih utjecaja (Zorzetti et al., 2017). Na nekim usjevima, kao što su grah i kikiriki, ovaj štetnik može napadati plodove (Sandhu, 2010). Štetnost *E. lignosellus* ima ozbiljne posljedice na poljoprivredu. Smanjenje broja sadnica i ozbiljna oštećenja stabljika mogu rezultirati značajnim ekonomskim gubitcima. Prema istraživanjima, ova vrsta može uzrokovati visoke gubitke u usjevima kukuruza, graha, pšenice, soje, kikirikija i šećerne trske (Zorzetti et al., 2017).

Fitosanitarni rizik

E. lignosellus je dodan na EPPO “Alert” listu zbog velike opasnosti kao štetnik brojnih ekonomski važnih kultura. Ovaj polifagni štetnik može uzrokovati ozbiljnu štetu na usjevima poput žitarica, kukuruza, šećerne trske i mahunarki koji se nalaze i u EPPO regiji. S obzirom na njegov skriveni način života važno je spriječiti njegov ulazak u EPPO regiju kako bi se zaštitile poljoprivredne kulture i očuvala ekonomska stabilnost (EPPO Alert List, 2024b).

Mogućnosti suzbijanja

Suzbijanje ovog štetnika složen je proces te uključuje različite mjere kontrole obuhvaćaju kombinaciju nekemijskih i kemijskih mjera. Nekemijske mjere suzbijanja uključuju pravovremenu sjetvu, obradu tla, malčiranje, temeljitu pripremu tla prije sjetve, pravovremeno navodnjavanje, uklanjanje i uništavanje zaraženih biljaka i korova prije sjetve. Konzervacijska obrada tla, koja uključuje zadržavanje ostataka usjeva na površini tla, smanjuje oštećenja mladih biljaka jer se gusjenice hrane ostacima biljaka i štete mlade biljke (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Biološko suzbijanje uključuje korištenje prirodnih neprijatelja ovog štetnika za smanjenje njegove populacije. Dominantni parazitoidi uključuju vrste *Orgilus elasmopalpi*, *Chelonus elasmopalpi*, *Pristomerus spinator* i *Stomatomyia floridensis*. Ponekad su prisutni i parazitoidi *Bracon gelechia*, *Geron aridus* i *Invreia* spp. Parazitoidi rijetko mogu uzrokovati mortalitet gusjenica više od 10%. Važni predatori uključuju vrste *Plilophuga viridicolis*, *Geocoris* spp. i ličinke muha iz porodice Therevidae. Najvažniji patogen je granulovirus no nađeni su i patogeni gljiva *Beauveria* sp., mikrosporidije i nematode iz porodice Mermithidae (Gill et al., 2000, Magnabosco et al., 2020). Prema istraživanju Zorzetti et al. (2017) određeni izolati bakterije *Bacillus thuringiensis* uzrokuju visoki mortalitet (preko 85%) ovog štetnika. Za praćenje populacije *E. lignosellus* mogu se koristiti feromonske lovke za odrasle oblike što omogućava predviđanje pojave i broja ličinki u narednim tjednima (Gill et al., 2000; Sandhu, 2010). Odrasli se mogu privući i svjetlosnim

lovkama, ali ih je teško pratiti ovom tehnikom jer su ženke manje prepoznatljive od mužjaka (Gill et al., 2000). Kemijsko suzbijanje *E. lignosellus* je zahtjevno jer mnogi insekticidi koji su se koristili na području SAD-a više nisu odobreni za ovu namjenu (Sandhu, 2010). Zorzetti et al. (2017) navode kako su preventivno kemijsko suzbijanje i tretman sjemena najšire korištene metode u zaštiti kultura od ovog štetnika. Gill et al. (2000) navode kako se insekticidi primjenjuju u granuliranom obliku u brazdu ili u traku, dok je u primjeni tekućih formulacija važna usmjerenost prema zoni korijena.

***Lambdina fiscellaria* (Guenée, 1857)**

Štetnik *L. fiscellaria* ubraja se u podred Frenatae, grupu Macrofrenatae i grupu noćnih leptira Heterocera te porodicu Geometridae (grbice) (EPPO Global Database, 2024a; Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Unutar ove vrste, tri su poznate podvrste koje se razlikuju prema prehranbenim afinitetima ličinačkih stadija, dok se morfološki ne razlikuju značajno. Te podvrste su *Lambdina fiscellaria fiscellaria* (eng. *eastern hemlock looper*), *Lambdina fiscellaria lugubrosa* (eng. *western hemlock looper*) i *Lambdina fiscellaria somnaria* (eng. *western oak looper*). Ovaj štetnik prisutan je u Sjevernoj Americi (Kanada i SAD) (slika 5) i trenutno nije prisutan drugdje u svijetu (EPPO Alert List, 2024c).



Slika 5. Rasprostranjenost vrste *Lambdina fiscellaria* (izvor: EPPO, 2025)

Figure 5. Distribution of *Lambdina fiscellaria* (source: EPPO, 2025)

Identifikacija štetnika

Jaja su vrlo mala, od 0,75 do 1 mm u dužini, ovalnog oblika i sivozelene boje. Gusjenice prvog stadija su male, dugačke oko 3 mm, sa crnim glavama i prugastim tijelom u svijetlosivoj i crnoj boji. S napredovanjem kroz stadije, boja tijela se mijenja, dok se pojavljuju tamne točke na svakom segmentu zatka. U zadnjem stadiju, gusjenice dosežu dužinu od oko 33 mm i variraju u boji od gotovo crne do svijetlozelene i žute (Maine DACF, 2001). Kukuljica ne stvara kokon oko sebe. Duljina kukuljica varira od 11 mm do 15 mm i šarena je u nijansama smeđe i zelenosmeđe s tamnim točkama. Kukuljice su sužene prema kraju te završavaju oštrim vrhom (Dickinson i Kohler, 2020). Odrasli oblik ima tijelo

dužine oko 12 mm s rasponom krila od približno 35 mm. Krila su svijetlosmeđa do siva te imaju dvije tamne pruge ocrtane žutom bojom na prednjim krilima te jednom sličnom prugom na stražnjim krilima (slika 6). Na svakom prednjem krilu između pruga nalazi se mala, tamna točka. Kad su u mirovanju, prednja krila djelomično su preklopljena preko stražnjih krila.



Slika 6. Odrasli oblik vrste *Lambdina fiscellaria* (izvor: Bugguide, Mike Boone, 2006)

Figure 6. Adult form of *Lambdina fiscellaria* (source: Bugguide, Mike Boone, 2006)

Životni ciklus

L. fiscellaria ima jednu generaciju godišnje i prezimljuje u stadiju jaja. Ženke polažu jaja od kraja kolovoza do listopada. Jaja su obično položena pojedinačno ili u grupama od dva do tri, na različitim mjestima uključujući grančice, iglice, koru drveća, mahovinu i lišajevne na deblima stabala, grančicama i drvenim ostacima te grmlju i na šumskom tlu (Dickinson i Kohler, 2020; Tuffen, 2018). Jaja prolaze kroz dijapauzu od tri mjeseca, tijekom koje se njihov razvoj zaustavlja, a zatim ulaze u post-dijapauznu fazu gdje nastavljaju razvoj kada proljetne temperature postanu povoljne, što rezultira masovnim izlijeganjem (Tuffen, 2018). Gusjenice se pojavljuju od kasnog svibnja ili početka lipnja sve do rujna i prolaze kroz četiri do pet stadija, ovisno o geografskoj regiji. Prvi i drugi stadij su manje primjetni, dok kasniji stadiji postaju vrlo aktivni i lako se mogu prepoznati zbog svog destruktivnog hranjenja. Kasni stadiji često padaju s drveća na tlo putem svilastih niti i potom se penju na obližnja stabla, bez obzira na veličinu i vrstu drveća (Tuffen, 2018). Štete na crnogorici vidljive su tijekom epidemija krajem srpnja i početkom kolovoza (Natural Resources of Canada, 2015). Kukuljenje započinje krajem srpnja i traje do početka rujna i traje oko 10 do 14 dana (Natural Resources of Canada, 2015; Tuffen, 2018). Kukuljice se najčešće nalaze u pukotinama kore, u suhim, trulim panjevima, među mahovinom i lišajevima te ispod različitih ostataka na tlu (Dickinson i Kohler, 2020; Tuffen, 2018). Odrasli leptiri se počinju pojavljivati krajem kolovoza, a njihova prisutnost traje do sredine rujna (Tuffen, 2018)). Prema nekim izvorima, odrasli oblici aktivni su i u listopadu (Dickinson i Kohler, 2020; Maine DACF, 2001; Natural

Resources of Canada, 2015). Kopulacija obično započinje ubrzo nakon što se ženke izlegnu, a polaganje jaja počinje unutar 24 sata od izlaska ženke. Ženke tijekom života mogu izleći 100-300 jaja (Tuffen, 2018).

Biljke domaćini

L. fiscellaria izraziti je polifag te napada široki raspon drveća, uključujući crnogorične i listopadne vrste (EPPO Alert List, 2024c; Tuffen, 2018). Svaka podvrsta ima specifično područje rasprostranjenosti i domaćine koje preferira. *L. fiscellaria fiscellaria*, rasprostranjena je u istočnom dijelu SAD-a i Kanade. Ova podvrsta napada balzamastu jelu (*Abies balsamea*), bijelu smreku (*Picea glauca*), kanadsku čugu (*Tsuga canadensis*) i različito listopadno drveće (Iqbal et al., 2011; Tuffen, 2018). Iqbal et al. (2011) navode kako u Kanadi napada i šećerni javor (*Acer saccharum*), papirastu brezu (*Betula papyrifera*) i crnu smreku (*Picea mariana*). Štete su zabilježene i na vrstama iz rodova tuje (*Thuja*) i borovice (*Juniperus*) (Tuffen, 2018). *L. fiscellaria lugubrosa* prisutna je na Pacifičkom sjeverozapadu, uključujući područja poput Washingtona, Oregona i Britanske Kolumbije. Ova podvrsta preferira zapadnoameričku čugu (*Tsuga heterophylla*). Zabilježeni su i slučajevi napada na sitkansku smreku (*Picea sitchensis*). Kao domaćine, Natural Resources of Canada (2015) navodi i *Abies amabilis*, Engelmanovu smreku (*Picea engelmannii*), gorostasnu jelu (*Abies grandis*), *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, sitkansku smreku (*Picea sitchensis*), *Abies lasiocarpa*, *Tsuga heterophylla*, ariš (*Larix occidentalis*), golemu tuju (*Thuja plicata*) i *Picea glauca*. Dickinson i Kohler (2020) navode štete na američkoj duglaziji (*Pseudotsuga menziesii*). Gotovo svaka vrsta listopadnog drveća ili grmlja može biti napadnuta. Uobičajeni listopadni domaćini uključuju vrste javora (*Acer* spp.), crvenu johu (*Alnus rubra*), drijen (*Cornus nuttallii*), vrbu (*Salix* spp.) i divlju jabuku (*Malus fusca*). Grmlje koje može služiti kao domaćin uključuje *Gaultheria shallon*, *Rubus parviflorus*, vrste borovnice (*Vaccinium* spp.) i *Spiraea* spp. *Lambdina fiscellaria somnaria* prisutna je u Oregonu, Washingtonu i južnoj obali Britanske Kolumbije. Ova vrsta napada *Quercus garryana*. Ponekad se širi i na plantažama *Pseudotsuga menziesii* (Natural Resources of Canada, 2015; Tuffen, 2018). Utvrđene su štete od ishrane ličinki na vrstama *Abies grandis*, *Acer macrophyllum*, *Fraxinus latifolia* i *Pseudotsuga menziesii* (Tuffen, 2018).

Simptomi i štete

Vrsta je poznata po svojoj sposobnosti da uzrokuje masivne štete na stablima, posebno na crnogoričnim vrstama kao što su čuga, smreka i jela. Gusjenice ovog štetnika hrane se iglicama i lišćem, uzrokujući njihovo isušivanje i opadanje. Gusjenice djelomično jedu iglice, ostavljajući ih oštećenima, ali ne potpuno uništenima. Ove djelomične ozljede uzrokuju odumiranje iglica, čime se povećava ukupna šteta zajedno s drugim defolijatorima koji jedu cijeli list (Burleigh, 2014; Tuffen, 2018). Gusjenice se prvo hrane novim iglicama, ali brzo prelaze na stare i to traje sve dok ima starih iglica, a tada se ponovno vraćaju na hranjenje mladim iglicama. Stabla pogođena *L. fiscellaria* poprimaju crvenkastu boju zbog

odumiranja iglica, koje se kasnije osuše i otpadnu (Natural Resources of Canada, 2015). Kada ova stabla izgube više od 70 % svojih iglica zbog hranjenja gusjenica, često trpe dugoročne negativne posljedice. Te posljedice mogu uključivati smrt pojedinih grana, vrhova stabala ili čak cijelih stabala. U slučajevima kada gubitak iglica premašuje 90%, uobičajeno se opaža značajna smrtnost zahvaćenih stabala (Maine DACF, 2001). Osim toga, teška defolijacija čini stabla ranjivima na sušu, bolesti i druge štetnike. Stabla postaju osjetljivija na sekundarne stresne uvjete, što može ubrzati njihov postupni pad i smrt (Dickinson i Kohler, 2020). Tijekom intenzivnih napada moguća je smrt drveća u samo jednoj godini (Maine DACF, 2001; Burleigh et al., 2014; Natural Resources of Canada, 2015). Razvoj vrste *L. fiscellaria* je vrlo brz, što otežava predviđanje šteta (Natural Resources of Canada, 2015). Defolijacija može uzrokovati promjene u strukturi šuma i sastavu vrsta (Dickinson i Kohler, 2020). Smanjenje rasta, smrtnost drveća i smanjenje kvalitete drvenog materijala mogu utjecati na komercijalnu vrijednost proizvoda, dok visoki troškovi suzbijanja mogu dodatno opteretiti ekonomski sektor i uzrokovati značajne ekonomske gubitke za šumarsku industriju (Maine DACF, 2001). Ovaj štetnik mogao bi predstaviti prijetnju plantažama *Picea sitchensis* u Irskoj, kao i nordijskim crnogoričnim šumama (Tuffen, 2018).

Fitosanitarni rizik

Ova vrsta predstavlja ozbiljan ekološki i ekonomski problem za šumske ekosustave u Sjevernoj Americi.

S obzirom na sposobnost da uzrokuje tešku defolijaciju i smanjenje rasta i kvalitete drvne mase, EPPO Panel za fitosanitarne mjere preporučio je dodavanje *Lambdina fiscellaria* na EPPO ‘Alert’ listu (EPPO Alert List, 2024d).

Mogućnosti suzbijanja

Brojni prirodni neprijatelji, uključujući parazitoide, imaju ključnu ulogu u reguliranju populacije ovog štetnika. Vrste *Telenomus dalmani* i *Trichogramma minutum* najčešći su parazitoide jaja, dok su *Apanteles* sp., *Hyposoter* sp., *Winthemia* sp., *Chaetophlepsis* sp., *Omotoma* sp. i *Hyphantrophaga* sp. značajni parazitoide gusjenica, a *Aoplus cestus*, *Aoplus velox*, *Apechthis ontario* i *Itopectis quadricingulatus* parazitiraju kukuljice (Dickinson i Kohler, 2020). Osim parazitoide, virusi poput virusa nuklearne poliedroze (NPV) također igraju značajnu ulogu u kontroli populacije. NPV uzrokuje bolest kod gusjenica koje prestaju jesti te na kraju umiru, čime se smanjuje populacija štetnika. Gljivični patogeni, kao što su *Empusa rhizospora*, *Sporotrichum globuliferum*, *Beauveria bassiana* i *Entomophthora* sp. mogu uzrokovati smrt gusjenica, iako njihova relativna uloga u smanjenju populacije nije u potpunosti istražena (Dickinson i Kohler, 2020). Kemijske metode često se koriste u slučajevima kada je populacije štetnika vrlo visoka i prijeti ozbiljnom defolijacijom. Biološki insekticid *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* najčešće se koristi za suzbijanje populacija *L. fiscellaria*, a posebno je učinkovit kada se primijeni u ranim stadijima razvoja kukca, prije nego što dođe do masovne defolijacije. U Kanadi se ovaj insekticid koristi za prskanje iz zraka u svrhu suzbijanja velikih

populacija, dok se u SAD-u primjenjuje na manje površine ili na pojedinačna stabla (Maine DACF, 2001; Natural Resources of Canada, 2015; Dickinson i Kohler, 2020). U područjima gdje je potrebna brza reakcija zbog visoke vrijednosti drveća ili komercijalnih nasada, kao što su plantaže božićnih drva, mogu se koristiti i drugi insekticidi, uključujući azadiraktin, ciflutrin, piretrin i spinosad (Maine DAFC, 2001). Međutim, primjena insekticida zahtijeva pažljivo planiranje i konzultacije sa stručnjacima kako bi se osiguralo pravilno vrijeme i način primjene. Detekcija i praćenje populacija *L. fiscellaria* ključni su za rano otkrivanje i učinkovito suzbijanje. Praćenje pojave jaja, gusjenica i kukuljica koristi se za procjenu gustoće populacije i praćenje njihovog razvoja. Razvijeni su modeli za procjenu smrtnosti stabala na temelju postotka defolijacije i prema drugim ekološkim faktorima koji pomažu u planiranju sanitarne sječe i drugih mjera suzbijanja (Dickinson i Kohler, 2020).

Zaključak

Polifagnost opisanih štetnika kao i njihova prilagodljivost različitim klimatskim uvjetima čine ozbiljnu prijetnju poljoprivrednim kulturama kao i produktivnosti agroekosustava. Globalizacija trgovine i transporta, kao glavnih puteva unosa i širenja ovih vrsta jedan je od ključnih čimbenika njihove invazivnosti. Određene slabosti u fitosanitarnim mjerama na nacionalnoj i međunarodnoj razini olakšavaju kretanje zaraženog biljnog materijala stoga je od ključne važnosti jačanje inspeksijskih postupaka, provedba strožih karantenskih mjera i razvoj učinkovitijeg sustava rane detekcije. Buduća istraživanja trebala bi se usmjeriti na detaljniju procjenu rizika od unosa i uspostave ovih vrsta u specifičnim klimatskim uvjetima. Razumijevanje ekoloških zahtjeva invazivnih vrsta kao i njihove interakcije s autohtonim vrstama te potencijalnih ekonomskih posljedica ključno je za razvoj specifičnih mjera prevencije i suzbijanja. Proaktivnim pristupom, međunarodnom suradnjom i kontinuiranim znanstvenim naporima moguće je smanjiti rizik od unosa tih štetnika i zaštititi poljoprivredne kulture od značajnijih šteta.

Literatura

Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., ... & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>

Blanco, C. A., Hernandez, G., Corona, M., Finkenbinder, C., García-Gutiérrez, C., Morris, ... & Winters, H. (2025). Survivorship of *Chloridea virescens* under Storage and Transportation. *Southwestern Entomologist*, 49(4), 1494-1506. <https://doi.org/10.1111/epp.13079>

Bragard, C., Dehnen-Schmutz, K., Di Serio, F., Gonthier, P., Jacques, M.-A., Jaques Miret, J. A., ... & MacLeod, A. (2021). Pest categorisation of *Elasmopalpus lignosellus*. *EFSA Panel on Plant Health (PLH)*. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6663>

BugGuide (2025). Identification, Images, & Information For Insects, Spiders & Their Kin For the United States & Canada. Preuzeto 25. svibnja 2025. s <https://bugguide.net>

Burleigh, J., Ebata, T., White K., Kope, H., Rusch, D. (2014). *Field guide to forest damage in British Columbia*. Crown Publications, Queen's Printer

Capinera, J. L. (2001). Tobacco Budworm, *Heliothis virescens* (Fabricius)(Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Preuzeto 12. svibnja 2025. s <https://journals.flvc.org/edis/article/download/108312/103592/150116>. <https://doi.org/10.32473/edis-in376-2001>

Davidson, N., Kinsey, M., Ehler, L., Frankie, G. (1992). Tobacco budworm, pest of petunias, can be managed with Bt. *California Agriculture*, 46(4), 7-9.

Dickinson, D., Kohler, G. R. (2020). Western hemlock looper. Preuzeto 13. svibnja 2025. s <https://www.fs.usda.gov/foresthealth/docs/fidls/FIDL-186-WesternHemlockLooper.pdf>

Dutch NPPO (2020). Quick scan on *Chloridea virescens*. Preuzeto 13. svibnja 2025. s <https://english.nvwa.nl/documents/plant/plant-health/pest-risk-analysis/documents/quickscan-chloridea-virescens>

Early, R., Bradley, B., Dukes, J., Lawler, J., Olden, J., Blumenthal, D., ... & Tatem, A. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications*, 7, 1-9. <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>

Edde, P. A. (2018). Principal insects affecting tobacco plants in the field. *Contributions to Tobacco & Nicotine Research*, 28(3), 117-165. <https://doi.org/10.2478/cttr-2018-0013>

EPPO Alert List (2024). *Atherigona orientalis*. Preuzeto 13. svibnja 2025. s https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/atherigona_orientalis

EPPO Alert List (2024a). *Chloridea virescens*. Preuzeto 14. svibnja 2025. s https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/chloridea_virescens

EPPO Alert List (2024b). *Atherigona reversura* Preuzeto 13. svibnja 2025. s https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/atherigona_reversura

EPPO Alert List (2024c). *Elasmopalpus lignosellus*. Preuzeto 13. svibnja 2025. s
https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/elasmopalpus_lignosellus

EPPO Alert List (2024d). *Lambdina fiscellaria*, Preuzeto 15. svibnja 2025. s
https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/lambdina_fiscellaria

EPPO (2025). European and Mediterranean Plant Protection Organization. Preuzeto 14. svibnja 2025. s
<https://eppo.int>

EPPO Global Database (2024a). *Lambdina fiscellaria*, preuzeto 12. svibnja 2025. s
<https://gd.eppo.int/taxon/LAMBF1>

Gentili, R., Schaffner, U., Martinoli, A., Citterio, S. (2021). Invasive alien species and biodiversity: impacts and management. *Biodiversity*, 22(1–2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/14888386.2021.1929484>

Gill, H. K., Capinera, J. L., McSorley, R. (2000). Lesser Cornstalk Borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). Document EENY-155. Preuzeto 13. svibnja 2025 s
https://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/lesser_cornstalk_borer.htm. <https://doi.org/10.32473/edis-in312-2000>

Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2016). *Poljoprivredna entomologija- sistematika kukaca*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Haile, F., Nowatzki, T., Storer, N. (2021). Overview of Pest Status, Potential Risk, and Management Considerations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) for U.S. Soybean Production. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa030>

Hill, G. M., Kawahara, A. Y., Daniels, J. C., Bateman, C. C., Scheffers, B. R. (2021). Climate change effects on animal ecology: butterflies and moths as a case study. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 5, 2113-2126. <https://doi.org/10.1111/brv.12746>

Hobbs, R. J., Higgs, E. S., Hall, C. (2013). *Novel Ecosystems: Intervening in the New Ecological World Order*. London: Wiley-Blackwell.

Hulme, P. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>

Iqbal, J., MacLean, D. A., Kershaw Jr, J. A. (2011). Impacts of hemlock looper defoliation on growth and survival of balsam fir, black spruce and white birch in Newfoundland, Canada. *Forest Ecology and Management*, 261(6), 1106-1114. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.12.037>

JKI (2022). Express PRA zu *Chloridea virescens* (Express PRA on *C. virescens* - import for research and breeding purposes). Preuzeto 15. svibnja 2025. s https://pflanzenengesundheit.julius-kuehn.de/dokumente/upload/Chloridea-virescens_exprPRA.pdf

Junior, C. B., Correa, F., da Silva, A. R., Siqueira, A. P. S., Nascimento, W. M., de Sousa Almeida, A. C., de Jesus, F. G. (2022). Resistance of chickpea cultivars to *Chloridea virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Scientiarum*, 44, 2-8. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v44i1.54619>

Liebholt, A., Brockerhoff, E., Garrett, L., Parke, J., Britton, K. (2012). Live plant imports: The major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 135–143. <https://doi.org/10.1890/110198>

Magnabosco, M. E. B., Adalo, V., Carvalho, F. J. (2020). Susceptibility of *Elasmopalpus lignosellus* pupae to entomopathogenic nematodes in maize. *Brazilian Journal of Maize and Sorghum*, 19, 1115-1121. <https://doi.org/10.1590/0034-737X2024710028>

Maine DACF (2001). Department of Agriculture, Conservation and Forestry. Hemlock looper. Preuzeto 15. svibnja 2025. s https://www.maine.gov/dacf/mfs/forest_health/insects/hemlock_looper.htm

Natural Resources of Canada (2015). Trees, insects and diseases of Canada's forests. Preuzeto 14. svibnja 2025. s <https://tidcf.nrcan.gc.ca/en/home>

Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual review of ecology, evolution and systematics*, 34, 637-669. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>

Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the *United States*. *Ecological Economics*, 52(3), 273-288. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>

Rodríguez-Espinosa, F. Martínez-Rivero, M., Gómez, L, Juan, F. (2018). Biological parameters and life table of two populations of *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) associated with the black tobacco. *Revista de Proteccion Vegetal*, 33(2), 1-7.

Sandhu, H. S. (2010). Biology and cultural control of lesser cornstalk borer on sugarcane. University of Florida. Preuzeto 15. svibnja 2025. s https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/UF/E0/04/14/72/00001/sandhu_h.pdf

Simberloff, D. (2013). *Invasive species: what everyone needs to know*. Oxford University Press

Tuffen, M. G. (2018). *Rapid Pest Risk Analysis (PRA) for *Lambdina fiscellaria**. Preuzeto 20. svibnja 2025. s <https://pra.eppeo.int/pr/657f45b5-1227-4da9-ba2e-e5ca0fad788d>

Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416, 389–395. <https://doi.org/10.1038/416389a>

USDA Forest Service (2025). Forest service U.S. Department of Agriculture. Preuzeto 16. svibnja 2025. s <https://fs.usda.gov>

Zilnik, G., Burrack, H. J. (2021). Susceptibility of North Carolina *Chloridea (Heliothis) virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations From Flue Cured Tobacco to Chlorantraniliprole. *Journal of Economic Entomology*, 11, 1166-1172. <https://doi.org/10.1093/jee/toab055>

Zorzetti, J., Ricietto, A. P. S., Fazon, F. A. P., Meneguim, A. M., Neves, P. M. O. J., Vilas-Bôas, G. T. (2017). Isolation and characterization of *Bacillus thuringiensis* strains active against *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Pyralidae). *Acta Scientiarum Agronomy*, 39(4), 417-425. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v39i4.32707>

Primljeno: 17. lipnja 2025. godine

Received: June 17, 2025

Prihvaćeno: 27. prosinca 2025. godine

Accepted: December 27, 2025

Korisni kukci iz reda Diptera kao prirodni neprijatelji štetnih kukaca u poljoprivredi

Insects of the order Diptera as natural enemies of agricultural insect pests

Maja Čačija^{1*}, Dora Badurina¹, Zrinka Drmić², Dinka Grubišić¹, Ivan Juran¹

Pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.8.3.4

Citiranje/Citation³

Sažetak

Red Diptera (dvokrilci) jedan je od redova kukaca najbogatijih različitim vrstama. Najpoznatije su štetne vrste poput voćnih muha, lisnih minera, mušica šiškarica i drugih vrsta koje štete poljoprivrednim kulturama. No postoji i velik broj vrsta čije su ličinke karnivorni predatori, paraziti i parazitoidi koji napadaju druge organizme i njima se hrane. Najčešći domaćini su im drugi kukci, ali napadaju i puževe, gujavice, stonoge i pauke. Najpoznatije korisne vrste dvokrilaca pripadaju porodicama Syrphidae (pršilice), Tachinidae (muhe gusjeničarke), Cecidomyiidae (mušice šiškarice) i Dolichopodidae (dugonoge muhe). Neke od njih su dostupne i kao komercijalni proizvodi koji se koriste u biološkom suzbijanju štetnika. U radu su pregledom relevantne znanstvene literature opisani prirodni neprijatelji iz reda Diptera koji predstavljaju važne predatore, parazite ili parazitoide različitih štetnih kukaca u poljoprivredi.

Ključne riječi biološko suzbijanje, dvokrilci, prirodni neprijatelji.

Abstract

The order Diptera (Diptera) is one of the most species-rich insect orders. The most well-known are harmful species such as fruit flies, leaf miners, gall midges and other species that damage agricultural crops. However, there are also many species whose larvae are carnivorous predators, parasites and parasitoids that attack and feed on other organisms. Their most common hosts are other insects, but they also attack snails, earthworms, millipedes and spiders. The best-known beneficial species of Diptera belong to the families Syrphidae (hoverflies), Tachinidae (tachinid flies), Cecidomyiidae (gall midges)

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska

* E-mail: mcacija@agr.hr (dopisna autorica).

² Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu, Centar za zaštitu bilja, Gorice 68b, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

³ Čačija, M., Badurina, D., Drmić, Z., Grubišić, D., Juran, I. (2025). Korisni kukci iz reda Diptera kao prirodni neprijatelji štetnih kukaca u poljoprivredi. *Glasilo Future*, 8(3), 63–79. / Čačija, M., Badurina, D., Drmić, Z., Grubišić, D., Juran, I. (2025). Insects of the order Diptera as natural enemies of agricultural insect pests. *Glasilo Future*, 8(3), 63–79.

and Dolichopodidae (long-legged flies). Some of them are also available as commercial products used in biological pest control. This paper reviews the relevant scientific literature to describe natural enemies of the order Diptera that are important predators, parasites or parasitoids of various insect pests in agriculture.

Key words: biological control, dipterans, natural enemies.

Uvod

Donedavna poljoprivredna praksa nije uključivala sustavan pristup zaštiti okoliša, što je rezultiralo opadanjem bioraznolikosti, degradacijom zemljišta te ozbiljnim posljedicama po ljudsko zdravlje (Deiss, 2025). Primjenom kemijskih mjera postiže se uglavnom visoka učinkovitost u suzbijanja štetnika, no postoje i određeni nedostaci. Primjena sredstava za zaštitu bilja negativno utječe na okoliš te dovodi do pojave rezistentnosti štetnika na primijenjene aktivne tvari. Rezistentnost je pojava kada štetnik postaje otporan na određenu aktivnu tvar koja se protiv tog štetnika primjenjuje. Pojava rezistentnosti uvelike utječe na poljoprivrednu proizvodnju (Bažok i Lemić, 2017). Iz tog razloga u današnje vrijeme sve više se prihvaćaju ekološki prihvatljiviji načini zaštite od štetnika, odnosno sve se više koriste razne biološke mjere (Puđa, 2013). Biološka zaštita podrazumijeva korištenje različitih organizama ili njihovih proizvoda kako bi se suzbili štetni organizmi. Ova mjera koristi prirodne neprijatelje poput predatora, parazita i parazitoida, mikroorganizme (viruse, bakterije, mikoplazme) te nematode (Gotlin Čuljak et al., 2019).

Kukci iz reda Diptera (dvokrilci) velika su skupina kukaca, i neke vrste dobro su poznati štetnici na poljoprivrednim kulturama. Međutim postoje i brojne vrste koje su prirodni neprijatelji različitih štetnika, kao i mnoge druge vrste koje imaju specifične uloge u agroekosustavima. Primjerice, dvokrilci svojim sudjelovanjem u sustavima i mrežama oprašivanja značajno doprinose održavanju raznolikosti biljaka (Courtney et al., 2017). Dvokrilci su bogati vrstama sa specifičnim zahtjevima za mikrostanište ili mjesto razmnožavanja, što daje veliki potencijal za procjenu kvalitete staništa i planiranje njegovog očuvanja. Budući da su kozmopolitska skupina s različitim navikama te obitavaju u različitim staništima, dvokrilci su od velike ekonomske važnosti. Štetne vrste mogu imati značajne učinke na poljoprivredu, zdravlje životinja i ljudi te šumarstvo. Druge skupine mogu predstavljati opću „smetnju“ kada su prisutne u velikom broju (molestanti) ili zbog izazivanja alergijskih reakcija kod čovjeka i životinja. Unatoč tim negativnim učincima, muhe imaju vrijednu ulogu kao „čistači“, parazitoidi i predatori drugih kukaca, oprašivači, hrana za predatore, bioindikator kvalitete vode, ali i alati za znanstvena istraživanja (primjerice, *Drosophila melanogaster* Meigen uvedena je kao model organizam za genetska istraživanja prije otprilike jednog stoljeća, a i danas je jedna od najvažnijih vrsta na kojima se provode razna genetska istraživanja) (Courtney et al., 2017). Cilj ovog rada je pregledom dostupne literature opisati pripadnike reda Diptera koji su značajni predatori, paraziti ili parazitoidi različitih štetnih kukaca u poljoprivredi.

Red Diptera

Red Diptera ili dvokrilci predstavlja jedan od najvećih i najraznolikijih skupina kukaca. Dvokrilci su dio razreda Insecta i koljena Arthropoda (GBIF, 2023). Unutar ovog reda poznato je oko 150 000 vrsta, a pretpostavlja se da ih je oko 250 000 vrsta, unutar 150 porodica (Cranston i Gullan, 2009). O sistematskoj podjeli reda Diptera idanas se raspravlja. Tradicionalno se dijele u dva podreda, Nematocera i Brachycera, koja se razlikuju prvenstveno po ticalima. Nematocere se prepoznaju po delikatnim, izduženim tijelima i višesegmentnim, često dlakavim ticalima, kakve primjerice imaju komarci, mušice i komari. Brachycera imaju kompaktnija, okruglija tijela i mnogo kraća ticala, u njih ubrajamo kućne muhe, voćne muhe, konjske muhe (obadi), muhe grabljivice i pršilice (osolike muhe) (Mendonça et al., 2024). Karakteristično za red Diptera je da imaju prednji par krila opnaste strukture za let, dok je stražnji par krila reduciran u tzv. mahalice, poznate kao halterae. Tijelo im varira u veličini, obično je sitne do srednje veličine. Imaju usni ustroj za bodenje, sisanje i lizanje. Dvokrilci su holometabolni kukci, što znači da prolaze kroz potpunu preobrazbu (jaje, ličinka, kukuljica, odrasla jedinka). Ličinke dvokrilaca mogu biti apodne, što znači da nemaju ni prsne ni trbušne noge. Postoje i eucefalne ličinke koje imaju dobro razvijenu glavu, kao što su ličinke komaraca iz porodice Culicidae. Drugi oblici ličinki, poput onih kod muha, nemaju razvijenu vidljivu glavu, a usni organ im je uvučen u prsa te se nazivaju acefalne. Postoje dva osnovna oblika kukuljice. Pupa obsecta je pokrivena kukuljica koja se javlja nakon stadija ličinke kod podreda Nematocera. Kod muha se javlja i bačvasta kukuljica ili pupa coarctata, gdje se koža ličinke ne odbacuje već se stvrdne u bačvicu ili puparij u kojem se nalazi kukuljica (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).

Muhe se hrane raznovrsnom hranom, uključujući nektar, cvijeće, detritus i krv sisavaca, ptica i gmazova. Hranjenje krvlju posebno je karakteristično za ženke porodice Culicidae, ali i nekih drugih porodica poput Tabanidae, Phlebotominae i Rhagionidae. Staništa dvokrilaca su raznovrsna, prisutni su u tropskim, subarktičkim, morskim i planinskim područjima (Perveen i Khan, 2021).

Važno je napomenuti da unutar reda Diptera postoje i korisne i štetne vrste. Korisne vrste imaju važnu ulogu u ekosustavu kao hrana za druge organizme, oprašivači, raznositelji sjemena, te pomažu u razgradnji biljnog i životinjskog materijala, čime doprinose povećanju plodnosti tla. Mnoge ličinke korisnih vrsta su predatori ili parazitoidi koji kontroliraju populacije štetnika. Štetne vrste iz reda Diptera mogu prouzročiti štetu na usjevima i biti vektori raznih bolesti. Ličinke štetnih vrsta muha se hrane biljnim tkivom, poput lisnih minera iz porodice Agromyzidae koji prave hodnike (mine) u listu, mušica šiškarica iz porodice Cecyidomiidae koje uzrokuju pojavu šiški na listu i voćnih muha iz porodice Tephritidae koje oštećuju plodove. Neke vrste muha mogu širiti bolesti i nanijeti velike ekonomske štete, posebno u stočarstvu (Perveen i Khan, 2021).

Porodica Syrphidae – pršilice, lebdjelice, osolike muhe

Pršilice brzo lete i često se mogu vidjeti blizu cvijeća (Schuh, 2023). Zbog svog kratkog usnog organa lete blizu oko žutog ili bijelog cvijeća. Lebde oko jednog mjesta te su zbog toga dobile i drugo ime, lebdjelice. Izgledom ovi kukci podsjećaju na pčele ili ose, budući da su obično žute ili crne, ili bijele s crnim abdomenom pa ih neki nazivaju i trećim imenom, osolike muhe. Taj primjer zovemo mimikrija, odnosno način prilagodbe koji im služi kao obrana od potencijalnih prirodnih neprijatelja (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Iako su po bojama slične, od pčela i osa se razlikuju po tome što pršilice imaju samo jedan par krila, dok pčele i ose imaju dva para krila (red Hymenoptera, opnokrilci). Također, za razliku od pčela i osa, pršilice nemaju žalac. Još jedna karakteristika razlikuje ih od opnokrilaca, a to je pojava vene, tzv. *Vena spuria*, na krilu (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Pršilice su različitih veličina, od 3 mm do 25 mm. Mogu biti žute, narančaste, smeđe, metalne ili crne boje. Upravo ove karakteristike ih čine jako zanimljivima za istraživanje. Prvi ih je znanstveno opisao Linnaeus 1758. godine (Thompson et al., 1982). Postoji velik broj korisnih vrsta iz porodice Syrphidae kao što su *Episyrphus alternans* (Macquart), *Episyrphus (Episyrphus) arcifer* (Sack), *Episyrphus balteatus* (De Geer), *Episyrphus (Episyrphus) circularis* (Hull), *Episyrphus (Episyrphus) divertens* (Walker), *Episyrphus viridaureus* (Wiedemann) i brojne druge vrste (Myers et al., 2025a).

Vrsta Episyrphus balteatus

Sistematska pripadnost i rasprostranjenost

Vrsta *Episyrphus balteatus* pripada u red Diptera, porodicu Syrphidae, rod *Episyrphus* (Royal Entomological Society, 2024). Rasprostranjena je diljem Palearktičke regije koja obuhvaća Europu, sjevernu Aziju i sjevernu Afriku. Smatra se najbrojnijom domaćom muhom pršilicom u srednjoj Europi (Alhmedi et al., 2010). Može se naći tijekom cijele godine u raznim staništima, uključujući gradske vrtove, gdje posjećuju cvijeće radi peludi i nektara. Imaju karakterističan način leta kojim idu od cvijeta do cvijeta. Često formiraju guste migracijske rojeve, što može izazvati paniku među ljudima zbog sličnosti s osama. Pripada među rijetke vrste muha koje su sposobne zdrobiti peludna zrnca i hraniti se njima. Sredinom proljeća ličinke se mogu pronaći u kolonijama lisnih uši ili tripsa. Lako ih se može uočiti jer ostavljaju crni izmet kod plijena kojeg napadaju (Cannon et al., 2024).

Morfologija

Odrasla jedinka je vrlo sitna, veličine od devet do 12 mm (slika 1). Oči su joj velike, tamnocrvene boje. Abdominalni nastavci su tamnožute boje s crni debljim i tanjim prugama koje izgledom podsjećaju na brkove. Prsni kolutići su metalnog sjaja te izgledaju kao da su tamno zlatne boje (Royal Entomological Society, 2024).



Slika 1. Muha pršilica *Episyrphus balteatus*

(Izvor: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/episyrphus-balteatus/?lang=en>)

Figure 1. Hoverfly *Episyrphus balteatus*

(Source: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/episyrphus-balteatus/?lang=en>)

Ličinke su veličine od 10 do 12 mm. Mogu biti žute ili zelene boje. Suženog su tijela te oblikom podsjećaju na puževe ili gusjenice. Kreću se oko biljaka u potrazi za hranom. Jaja su crne boje nalik zrcima riže (Schuh, 2023).

Biologija i ekologija

Episyrphus balteatus prolazi kroz potpunu preobrazbu koju čine četiri stadija: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka. Ličinke ili odrasli prezime u skrovitom mjestu. U proljeće odrasli lete oko cvijeća u potrazi za peludi te polažu jaja. U potrazi za hranom, a to su uglavnom lisne uši, pomažu im mirisi koje ispuštaju same biljke i lisne uši. Ličinka se kukulji u zemlji. Životni ciklus traje dva do četiri tjedna. Godišnje imaju dvije do tri generacije (Cannon et al., 2024). Ličinke su predatorne i hrane se lisnim ušima, tripsima i cvrčcima. Hrane se noću dok se tijekom dana sakrivaju. Ličinka može pojesti 100 do 400 lisnih uši (slika 2). Za razliku od karnivornih ličinki, odrasli se hrane peludom cvijeća (Schuh, 2023).



Slika 2. Ličinka vrste *Episyrphus balteatus* (lijevo) se hrani lisnom uši (desno) (Izvor: Schuh, 2023)

Figure 2. Larvae of species *Episyrphus balteatus* (left) feeding on an aphid (right) (Source: Schuh, 2023)

Komercijalni uzgoj i upotreba

Za biološko suzbijanje koristi se pripravak Syrphidend, proizvod tvrtke Koppert, koji sadrži kukuljice muhe pršilice vrste *Episyrphus balteatus* (Koppert, 2025a). Pripravak sadrži 50 kukuljica, a obično se ispusti 100 do 600 kukuljica po ha. Nakon ispuštanja iz kukuljica se razvijaju odrasle jedinke koje zatim polažu jaja među lisne uši. Ličinka koja se razvije iz jaja hrani se lisnim ušima. Može se uočiti tamni izmet ili mekonij po listovima i na taj način se zna da se ličinka hranila štetnim ušima. Syrphidend je najučinkovitiji u uvjetima temperature između 15 °C i 23 °C. Visoka vlažnost zraka povoljna je za razvoj ličinki i izlazak odraslih iz kukuljica. Odrasle muhe hrane se s peludi i nektarom pa je za optimalno održavanje populacije korisno osigurati prisutnost cvjetnica. Pripravak je potrebno primijeniti odmah, a u slučaju potrebe može se čuvati u mraku na temperaturi od 8 °C do 10 °C tijekom jednog do dva dana (Koppert, 2025a).

Osim Syrphidenda, postoji i pripravak imena Rophoria, koji sadrži muhu pršilicu *Sphaerophoria rueppellii* (Wiedemann) (Koppert, 2025b). Sredstvo sadrži 100 kukuljica vrste *S. rueppellii*. Po ha se ispusti 200 do 600 kukuljica. Koristi se preventivno ili čim se uoče lisne uši u usjevu. Za razliku od *Syrphidenda* koji sadrži vrstu *E. balteatus*, Rophoria s vrstom *S. rueppellii* ima drugačiju prilagodbu na klimatske uvjete i više joj odgovaraju topliji uvjeti klime. Koristi se pri temperaturi od 20 °C do 30 °C. Kao i za *Syrphidend*, visoka vlažnost zraka pogoduje razvoju ličinki i izlasku odraslih iz kukuljica. Odrasle muhe hrane se s peludi i nektarom pa se sredstvo ostavlja u blizini cvijeća (Koppert, 2025b).

Porodica Tachinidae – muhe gusjeničarke

Porodica Tachinidae jedna je od najznačajnijih porodica u kojoj nalazimo prirodne neprijatelje iz reda Diptera. Broji preko 10 000 vrsta. Veličine su u rasponu od 2 do 20 mm. Osim po veličini, razlikuju se i po boji i obliku (Stireman et al., 2006). Kozmopolitske su vrste. Dijelev se na potporodice Phasiinae, Dexiinae, Exoristinae i Tachininae (O'Hara, 2008). Najmanje vrste su iz potporodice Phasiinae. Podporodice Exoristinae i Tachininae imaju mnogo vrsta koje su crne ili tamnosive boje i sa mnogo čekinja. Nazivaju se i muhe gusjeničarke jer prvenstveno parazitiraju gusjenice, a osim što napadaju gusjenice leptira, ličinke ovih muha često su unutarnji paraziti i ličinki kornjaša, moljaca, osa biljarica, skakavaca, uholaža i drugih kukaca (UC IPM, 2025a). Pojedine vrste iz porodice Tachinidae polažu jaja na domaćina, a neke na hranu od domaćina (O'Hara, 2008).

Neke od korisnih vrsta koje se koriste u biološkom suzbijanju su *Exorista larvarum* (Linnaeus) i *Compsilura concinata* (Meigen) koje napadaju gusjenice leptira, zatim vrste *Lydella thompsoni* Herting, *Lydella stabulans* (Meigen) i *Lydella grisescens* Robineau-Desvoidy koje suzbijaju gusjenice kukuruznog moljca, vrste *Myiopharus doryphorae* (Riley) i *Trichopoda pennipes* (Fabricius) koje se koriste za biološko suzbijanje krumpirove zlatice (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005), vrsta *Voria ruralis* (Fallén) i brojne druge.

Vrsta *Voria ruralis*

Sistematska pripadnost i rasprostranjenost

Vrsta *Voria ruralis* pripada redu Diptera, porodici Tachinidae i rodu *Voria* (ITIS, 2025). Kozmopolitski je rasprostranjena vrsta. Nastanjuje različita staništa poput cvjetnih livada i travnjaka, grmlja i živica, vrtova, parkova i slično, gdje njihove ličinke nalaze gusjenice sovice iz potporodice Plusiinae (Hillman, 2025).

Morfologija i životni ciklus

Odrasle jedinke ove muhe gusjeničarke i njezine ličinke dužine su do 6 mm. Tijelo im je dlakavo, crne ili tamnosive boje, s crvenkasto-smeđim očima (slika 3). Hrane se mednom rosom i nektarom. Ženka položi do 300 jaja. Iz njih brzo izlaze ličinke koje se hrane svojim domaćinom. Kukuljica je veličine oko 6 mm. Razvoj iz jaja do odrasle jedinke traje tri tjedna (UC IPM, 2025a).



Slika 3. Vrsta *Voria ruralis* – muha gusjeničarka (Izvor: Insektarium, 2025)

Figure 3. *Voria ruralis* – tachinid fly (Source: Insektarium, 2025)

Životni ciklus čine četiri stadija: jaje, ličinka (tri stadija), kukuljica i odrasla jedinka. Zimi se skriva ili kao ličinka u svom domaćinu ili kao kukuljica u zemlji. Ličinke su endoparaziti. Izlaze iz kukuljica u proljeće i ulaze u domaćina, zatim se i razvijaju unutar njega. Hrane se različitim ličinkama ili odraslim kukcima, skakavcima, ličinkama kornjaša, a posebno su zabilježeni kao paraziti sovice iz potporodice Plusiinae (porodica Noctuidae) (Tschorsnig i Herting, 1994). Razvoj im traje od četiri do 14 dana. Ličinka prolazi kroz tri stadija. Prvi stadij ličinke u domaćinu se hrani hemolimfom i prema načinu života je parazit. Drugi stadij ličinke hrani se unutar domaćina i koristi njegov kisik. U ovom razdoblju domaćin se brani protiv parazita, a imunološki odgovor na napad naziva se kapsulacija. U početku kod kapsulacije oko ličinke se stvara tanka membrana. Prvi stadij se nastavlja hraniti hemolimfom, dok se drugi stadij hrani nevitarnim tkivima. Kapsula koja se formira oko ličinke zove se respiratorni lijevjak. Sposobnost ličinke da podnese kapsulaciju čini ovu porodicu dodatno zanimljivom i različitom od drugih kukaca (O'Hara, 2008).

Primjena u zaštiti bilja

Muhe iz porodice Tachinidae koristile su se još od ranih 1900.-ih za suzbijanje štetnika. Primjerice, unos parazitoidnih vrsta muha gusjeničarki iz Europe u SAD radi uništavanja štetnika gubara glavonje (*Lymnatria dispar* L.) i zlatokraja (*Euproctis chrysorrhoea* L.) (Elkinton et al., 2001). Postoji još mnogo primjera gdje su se ispuštale muhe gusjeničarke radi smanjenja populacije štetnika. Za suzbijanje malog mrazovca (*Operophtera brumata* L.) u Kanadi koristila se vrsta muhe *Cyzenis albicans* (Fallén) iz Europe (Elkinton et al., 2021). Na Fijiju je korištena muha *Bessa remota* (Aldrich) radi smanjenja brojnosti moljca (*Levuana iridescens* Bethune-Baker) (Hoddle, 2006). Neke od vrsta *Trichopoda* prenesene su iz Južne Amerike na Havaje, u Italiju, Australiju i Južnu Afriku radi suzbijanja vrste *Nezara viridula* (L.) – zelene stjenice, ali nažalost ne uvijek sa zadovoljavajućim rezultatima (Pilkay et al., 2016). Općenito, primjena nekih vrsta muha gusjeničarki davala je pozitivne rezultate, dok su se neke vrste pokazale skupe ili komplicirane za uzgoj u laboratoriju (O’Hara, 2008).

Muhe iz porodice Tachinidae privlači cvijeće koje ima puno polena. Stoga je preporučljivo oko usjeva posaditi takve biljke kako bi privukli ove korisne muhe. Neke od tih biljaka mogu biti kopar – *Anethum graveolens* L., komorač – *Foeniculum vulgare* Mill., zvjezdan – *Asterus amellus* L., zlatnica – *Solidago gigantea* Aiton i carevo oko – *Coreopsis grandiflora* Hogg ex Sweet (Cannon et al., 2025).

Porodica Cecidomyiidae – mušice šiškariće

Jedna od najbrojnijih porodica iz reda Diptera je porodica Cecidomyiidae, mušice šiškariće (Hebert et al., 2016). Prije je bila podijeljena u tri potporodice: Lestremiinae, Porricondylinae i Cecidomyiinae. Međutim nova podjela sastoji se od šest potporodica: Catotrichinae, Lestremiinae, Micromyinae, Winnertziinae, Porricondylinae i Cecidomyiinae (Kolesik, 2014). Jedinke su veličine od 0,5 do 3 mm, tamne boje tijela, a mogu imati žute ili crvene abdominalne nastavke. Oba spola imaju velike složene oči. Imaju duge i tanke noge. Ličinke prema načinu ishrane dijelimo na zoofagne, fitofagne i mikofagne. Zoofagne ličinke predatorne su i hrane se lisnim ušima, štitastim ušima, grinjama te drugim člankonošcima (Skuhravá i Skuhravý, 2010). Neke od korisnih vrsta iz roda *Aphidoletes* su *Aphidoletes abietis* (Kieffer), *A. thompsoni* Möhn, *A. urticaria* (Kieffer), *A. aphidimyza* Rondani, *A. spatulatus* Grover, *Feltiella acarisuga* (Vallot) i brojne druge (UC IPM, 2025b).

Vrsta *Aphidoletes aphidimyza*

Sistematska pripadnost i rasprostranjenost

Vrsta *Aphidoletes aphidimyza* pripada u red Diptera, porodicu Cecidomyiidae, rod *Aphidoletes* (Bugwood Wiki, 2025a). Kozmopolitska je vrsta prisutna na raznim mjestima; u okućnicama vrtova, u voćnjacima, staklenicima, a od usjeva u krumpiru i porodici krstašica. U staklenicima je od velike

važnosti jer se koristi za suzbijanje lisnih uši kojima se hrane njene ličinke. Također je prisutna i kod raznih voćarskih kultura kao što su jabuke, borovnice te ukrasne kulture (Cornell University, 2025).

Morfologija

Odrasla jedinka je veličine 2,5 mm, a krila su duga od 1,6 mm do 2,0 mm. Smeđkasto-narančaste je boje (slika 4). Jajašca su ovalna oblika i obojena narančasto, veličine od 0,1 mm do 0,3 mm. Ličinke su duguljaste, veličine 2 do 3 mm, tijelo se sužuje prema glavi. S obzirom na to čime se hrane ličinke mogu biti svijetlo narančaste do crvene boje (slika 5) (UC IPM, 2025b).



Slika 4. Mušica šiškarića *Aphidoletes aphidimyza* (Izvor: Bioplanet, 2019)

Figure 4. Gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Source: Bioplanet, 2019)



Slika 5. Ličinka mušice šiškariće *Aphidoletes aphidimyza* (lijevo) se hrani lisnom uši (desno) (Izvor: Sound Horticulture, 2025)

Figure 5. Larvae of gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (left) feeding on an aphid (right) (Source: Sound Horticulture, 2025)

Životni ciklus

Životni vijek ženke traje jedan do dva tjedna. U tom razdoblju polaže oko 70 jajašca. Jajašca polaže uspravno te mogu biti postavljena u nakupinama ili pojedinačno. Odlaze ih na listove u blizini lisnih uši. Ličinka izlazi nakon tri do četiri dana. U staklenicima, ličinka u tlu prelazi u kukuljicu te nakon dva

tjedna izlaze odrasle jedinke. U polju, razvoj ličinke traje dva tjedna, a stadij kukuljice tri tjedna. Životni ciklus u polju može trajati tri do šest tjedana, pri čemu razvija tri do šest generacija godišnje. Ličinka prezimljuje u kokonu u tlu te u proljeće prelazi u kukuljicu. Odrasle jedinke se pojavljuju u kasno proljeće, razmnožavaju se, te nakon toga oplodene ženke traže lisne uši kako bi odložile jaja. Ličinka dnevno može pojesti sedam do osamdeset lisnih uši. Ličinka će usmrtiti veći broj lisnih uši nego što ih zapravo pojede (Cornell University, 2025). Iako su im lisne uši primarna hrana, hrane se i grinjama, štitastim ušima i štitastim moljcima (Bugwood Wiki, 2025a).

Primjena u zaštiti bilja

Radi kontrole populacije lisnih uši koriste se pripravci koji sadrže mušice šiškarice, primjerice *Aphidoletes* Max. Primjenjuju se u vrtovima, botaničkim vrtovima, plastenicima, zoološkim vrtovima te voćnjacima. Za najbolje rezultate potrebno je ispuštati mušice šiškarice u proljeće i to dva do tri puta u razmaku od sedam do 10 dana. Ličinke je potrebno zakopati u vlažno tlo, treset ili piljevinu radi preobrazbe iz kukuljice u odraslu jedinku (Evergreen Growers Supply, 2025).

Na tržištu postoji i pripravak naziva Aphidend, proizvod tvrtke Koppert. Potrebno ga je skladištiti jedan do dva dana na temperaturi od 10 °C do 25 °C. Pripravak sadrži kukuljice mušice šiškarice. Potrebno ih je rasipati po stakleniku, najbolje čim se uoči prva pojava lisnih uši. Oslobađa se od jedne do 10 jedinki po m². Odrasle mušice šiškarice aktivne su noću. Za kvalitetno i uspješno biološko suzbijanje, ne smiju biti previsoke temperature zbog polaganja jajašaca (Koppert, 2025c).

Aphidoline je pripravak koji sadrži 1000 odraslih mušica šiškarica vrste *A. aphidimyza*. Koristi se jedna jedinka po m² ili lokalno 10 po m². Optimalna temperatura za primjenu iznosi od 20 °C do 27 °C, a može podnijeti raspon vlažnosti od 20 % do 80 %. Smjesu je potrebno prvo iz boce rasporediti u manje posude, manje posude će sadržavati vermikulit ili pješčani treset te će se rasporediti po usjevu. Nakon razvoja, jedna ličinka može usmrtiti oko 35 ličinki i više (Bioline Agrosiences, 2025).

Porodica Dolichopodidae

Porodica Dolichopodidae je vrlo raznolika porodica muha koja uključuje preko 7900 opisanih vrsta u 250 rodova, pri čemu se više od 40 % tih vrsta smatra vodenim. U Sjevernoj Americi opisano je oko 1300 vrsta. Ličinke su pretežno grabežljivci i mogu se naći u raznim staništima poput blata, raspadajućeg drva i ispod kore (Lencioni et al., 2024). Imaju duge noge i istaknute oči te su metalnih boja (zelena, plava, bakrena, crvena). Abdominalni nastavci im se sužuju prema kraju, ticala su im čekinjasta i kratka (slika 6) (Varenhorst et al., 2025).



Slika 6. Vrsta *Argyra setipes* iz porodice Dolichopodidae (Izvor: BugGuide, 2009)

Figure 6. The species *Argyra setipes* from the family Dolichopodidae (Source: BugGuide, 2009)

Vrste roda *Dolichopus*

Sistematska pripadnost i rasprostranjenost

Rod *Dolichopus* pripada potporodici Dolichopodinae, porodici Dolichopodidae, natporodici Empidoidea i podredu Brachycera (Bugwood Wiki, 2025b). Rod *Dolichopus* broji preko 600 vrsta, a neke od njih su *Dolichopus abaftanus* Harmston, *Dolichopus abbreviatus* Van Duzee, *Dolichopus aboriginis* Harmston & Knowlton i brojne druge (Myers et al., 2025b). Općenito preferiraju vlažnija područja; njihovo stanište čine močvare, potoci, šume. Odrasle jedinke mogu se naći u raznim staništima, poput vrtova, livada i krajolika u blizini vodenih površina. U tim staništima, odrasli se obično mogu naći na djelomično zasjenjenoj vegetaciji u potrazi za plijenom. Ličinke se često nalaze u blizini poluvodenih krajolika, dok se druge mogu naći ispod kore drveća ili malča (Varenhorst et al., 2025).

Morfologija

Jedinke su veličine od 1 do 9 mm (slika 7). Imaju dugačke noge te metalni odsjaj. Mužjake karakteriziraju neprimjetni spolni organi uvučeni pod zadak (abdomen). Jajašca su malena i većinom odložena u blizini vodenih staništa. Ličinka je manja od 9 mm, duguljasta i bijele je boje. Po segmentima abdomena ima trahealne škrge (Cannon et al., 2025).

Životni ciklus

Ova porodica kukaca prolazi kroz holometabolni razvojni ciklus koji uključuje faze: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka. Nakon što izađe iz jajeta, ličinka je bijele boje i nema dobro razvijenu glavu (slika 8). Ličinka se razvija u različitim uvjetima, u suhoj i vlažnoj zemlji, te se pretvara u kukuljicu unutar kokona sastavljenog od čestica zemlje. Kukuljica prezimljuje u tlu, a odrasle jedinke se pojavljuju sredinom ili kasno u proljeće. Mužjaci privlače ženke na poseban način - služe se dodacima na nogama kojima mašu, dok druge vrste impresioniraju ženke osebujnim načinom leta (Varenhorst et al., 2025).

Tijekom godine mogu imati nekoliko generacija. Odrasle jedinke su grabežljivci koji se hrane komarcima, potkornjacima i grinjama. Također se hrane štetnicima, poput lisnih uši, tripsa, komaraca i grinja (Canon et al., 2025). Smatra se da su ličinke grabežljivci malih kukaca u tlu, ali i strvinari (Varenhorst et al., 2025).



Slika 7. Jedinka muhe iz roda *Dolichopus* (Izvor: BugGuide 2021)

Figure 7. An individual fly of the genus *Dolichopus* (Source: BugGuide, 2021)



Slika 8. Ličinka vrste iz roda *Dolichopus* (Izvor: Bugwood Wiki, 2025b)

Figure 8. The larva of a species of the genus *Dolichopus* (Source: Bugwood Wiki, 2025b)

Zaključak

Kukci iz reda Diptera (dvokrilci) velika su skupina kukaca. Poznati su kao štetnici na poljoprivrednim kulturama. Međutim, postoje i brojne vrste koje su korisne, poput prirodnih neprijatelja štetnika, kao i mnoge druge vrste koje imaju specifične uloge u agroekosustavima. Korisne vrste imaju važnu ulogu kao hrana za druge organizme, kao oprašivači, raznositelji sjemena, a pomažu i u razgradnji biljnog i životinjskog materijala, čime doprinose povećanju plodnosti tla. Mnoge ličinke korisnih vrsta muha su predatori ili parazitoidi koji kontroliraju populacije štetnika. Najpoznatije korisne vrste pripadaju porodicama Syrphidae, Tachinidae, Cecidomyiidae i Dolichopodidae. Neke od njih su dostupne i kao komercijalni proizvodi koji se koriste u biološkom suzbijanju štetnika. Može se pretpostaviti da je broj

korisnih vrsta muha, posebice predatora i parazitoidea štetnika, puno veći nego što nam je do sada poznato, stoga bi svakako bilo korisno i potrebno istražiti nove vrste ili utvrditi potencijalnu korisnu ulogu nekih manje poznatih vrsta kako bi se obogatila mogućnost njihove upotrebe u biološkim mjerama suzbijanja štetnih kukaca.

Napomena

Ovaj rad proizašao je iz završnog rada Dore Badurina, naslova „Kukci iz reda Diptera kao predatori i paraziti štetnih organizama u poljoprivredi”, studentice prijediplomskog studija Fitomedicina na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu.

Literatura

Alhmedi, A., Haubruge, E., Francis, F. (2010). Intraguild interactions and aphid predators: Biological efficiency of *Harmonia axyridis* and *Episyrphus balteatus*. *Journal of Applied Entomology*, 134, 34-44. doi:10.1111/j.1439-0418.2009.01445.x.

Badurina, D. (2024). *Kukci iz reda Diptera kao predatori i paraziti štetnih organizama u poljoprivredi* (Završni rad). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Bažok, R. Lemić, D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*, 17(5), 429-438.

Bioline Agrosciences (2025). Aphidoline. <https://www.biolineagrosciences.com/?products=aphidoline> (pristupljeno 3. svibnja, 2025.).

Bioplanet. (2019). *Aphidoletes aphidimyza* – aphid predator. Bioplanet. <https://bioplanet.eu/en/aphidoletes-aphidimyza-3/> (pristupljeno 20. svibnja, 2025.).

BugGuide. (2009). Dolichopodidae – *Argyra setipes* (photo #304960). BugGuide.net: Identification, images, & information for insects, spiders & their kin for the United States & Canada. <https://bugguide.net/node/view/304960/bgpape> (pristupljeno 5. svibnja, 2025.).

BugGuide. (2021). Longlegged fly with bold black and white front feet – *Dolichopus* (photo #1930551). BugGuide.net: Identification, images, & information for insects, spiders & their kin for the United States & Canada. <https://bugguide.net/node/view/1930551> (pristupljeno 5. svibnja, 2025.).

Bugwood Wiki (2025a). *Aphidoletes aphidimyza*. https://wiki.bugwood.org/Aphidoletes_aphidimyza, (pristupljeno 21. svibnja, 2025.).

Bugwood Wiki (2025b). Long-Legged Flies. <https://wiki.bugwood.org/HPIPM:Dolichopodidae>, (pristupljeno 7. lipnja, 2025.).

Cannon, C., Murray, M., Patterson, R., Wagner, K. (2025). Beneficial insects of Utah. Beneficial insects and other natural enemies identification guide. Utah State University Extension. <https://extension.usu.edu/planthealth/files/pubs/Beneficial-Insects-of-Utah-ID-Guide.pdf> (pristupljeno 3. svibnja, 2025.).

Cornell University (2024). *Aphidoletes*. <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Aphidoletes.php> (pristupljeno 12. lipnja, 2025.).

Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H., Sinclair, B. J. (2017). Biodiversity of Diptera. U: Insect Biodiversity (Footitt, R.G., Adler, P.H., ur.). <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch9>.

Cranston, P. S., Gullan, P. J. (2009). Chapter 199 - Phylogeny of Insects. U: Encyclopedia of Insects (Second Edition) (Resh, V. H., Cardé, R. T., ur.), Academic Press, 780-793. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00208-3> (pristupljeno 8. svibnja, 2025.).

Deiss, F. (2025). Biological Pest Control: A Beginner's Guide. <https://bioprotectionportal.com/resources/biological-control-beginners-guide/#different-types-biocontrol> (pristupljeno 10. lipnja, 2025.).

Elkinton, J. S., Parry, D., Boettner, G. H. (2006). Implicating an introduced generalist parasitoid in the invasive browntail moth's enigmatic demise. *Ecology*, 87(10), 2664-2672. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2664:iaigpi\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2664:iaigpi]2.0.co;2).

Elkinton, J. S., Boettner, G. H., Broadley, H. J. (2021). Successful biological control of winter moth, *Operophtera brumata*, in the northeastern United States. *Ecological Applications*, 31(5), e02326. <https://doi.org/10.1002/eap.2326>.

Evergreen Growers Supply (2025). *Aphidoletes aphidimyza*. <https://www.evergreengrowers.com/aphidoletes-aphidimyza-aphid-parasite.html> (pristupljeno 15. svibnja, 2025.).

GBIF (2023). Diptera. GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/species/811> (pristupljeno 26. prosinca 2025.).

Gotlin Čuljak, T., Juran, I., Fabek Uher, S., Židovec, V., Miličević, T., Ševar, M., Mrakužić, B. (2019). *Urbano biovrtlarstvo*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.

Hebert, P. D., Ratnasingham, S., Zakharov, E. V., Telfer, A. C., Levesque-Beaudin, V., Milton, M. A., Pedersen, S., Jannetta, P., deWaard, J. R. (2016). Counting animal species with DNA barcodes:

Canadian insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1702), 20150333. doi: 10.1098/rstb.2015.0333.

Hillman, P. (2025). Bristly-winged *Voria* *Voria ruralis*. Nature Journeys. <https://petehillmansnaturephotography.wordpress.com/bristly-winged-voria-voria-ruralis/> (pristupljeno 4. lipnja, 2025.).

Hoddle, M. S. (2006). Historical review of control programs for *Levuana iridescens* (Lepidoptera: Zygaenidae) in Fiji and examination of possible extinction of this moth by *Bessa remota* (Diptera: Tachinidae). *Pacific Science*, 60(4), 439-453.

Insektarium. (2025). *Voria ruralis* – Szczotlicha błyszczkówka. <https://insektarium.net/diptera-2/tachinidae-raczycowate/voria-ruralis-szczotlicha-blyszczkowka/> (pristupljeno 26. prosinca 2025.).

ITIS (2025). *Voria ruralis* (Fallén, 1810). Integrated Taxonomic Information System – Report. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=651506#null (pristupljeno 6. lipnja, 2025.).

Kolesik, P. (2014). A review of gall midges (Diptera: Cecidomyiidae: Cecidomyiinae) of Australia and Papua New Guinea: morphology, biology, classification and key to adults. *Austral Entomology*, 54(2), 127–148. doi:10.1111/aen.1210,0.

Koppert (2025a). Syrphidend. <https://www.koppert.com/syrphidend/> (pristupljeno 11. travnja, 2025.).

Koppert (2025b). Rophoria. <https://www.koppert.com/rophia/> (pristupljeno 11. travnja, 2025.).

Koppert (2025c). Aphidend. <https://www.koppert.hr/aphidend/> (pristupljeno 9. lipnja, 2025.).

Lencioni, V., Adler, P. H., Courtney, G. W. (2024). Chapter 15 - Order Diptera. U: Identification and Ecology of Freshwater Arthropods in the Mediterranean Basin (Maasri, A., Thorp, J. H., ur.), Elsevier, 503-639. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821844-0.00001-6>.

Mendonça, P. M., Cortinhas, L. B., Garção-Neto, C. H., Queiroz, M. M. de C. (2024). Brief review of morphological characters in the identification of Muscomorpha (Diptera) of sanitary and forensic importance. *Diversity*, 16(10), 599. <https://doi.org/10.3390/d16100599>.

Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr., Jones, T., G. S. Hammond, Dewey T. A. (2025a). The Animal Diversity Web (online). <https://animaldiversity.org/accounts/Episyrphus/classification/#Episyrphus> (pristupljeno 6. ožujka, 2025.).

Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr., Jones, T., G. S. Hammond, Dewey T. A. (2025b). The Animal Diversity Web (online). <https://animaldiversity.org/accounts/Dolichopus/classification/> (pristupljeno 14. ožujka, 2025.).

O'Hara, J. E. (2008). Tachinid flies (Diptera: Tachinidae). U: Encyclopedia of Entomology. 2nd Edition, (Capinera, J. L., ur.), Springer Netherlands, Dordrecht. 3675-3686. <https://www.uoguelph.ca/nadsfly/Tach/AboutTachs/TachOverview.html> (pristupljeno 6. ožujka, 2025.).

Oštrec, Lj. Gotilin Čuljak, T. (2005). *Opća entomologija*. Čakovec: Zrinski d. d.

Perveen, F., Khan, A. (2021). Introductory Chapter: Diptera. The Wonders of Diptera - Characteristics, Diversity, and Significance for the World's Ecosystems. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.99440> (pristupljeno 10. lipnja, 2025.).

Pilkay, G. L., Reay-Jones, F. P. F., Greene, J. K. (2016). Host preference of the parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) with *Euschistus servus* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 49(1), 56-62. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-49.1.56>.

Puđa, B. (2013). *Biofungicidi i njihova primjena* (Diplomski rad). Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

Royal Entomological Society (2024). Understanding Insects: Classification of Insects. <https://www.royensoc.co.uk/understanding-insects/classification-of-insects/> (pristupljeno 6. ožujka, 2025.).

Schuh, M. (2023): Syrphid flies. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/beneficial-insects/syrphid-flies> (pristupljeno 5. svibnja, 2025.).

Skuhrová, M., Skuhrový, V. (2010). Gall midges (Diptera, Cecidomyiidae) of South Tyrol (Italy)- Summary and results and zoogeographical analysis. *Gredleriana*, 10, 275-324.

Sound Horticulture. (2025). *Aphidoletes aphidimyza* tech sheet. <https://soundhorticulture.com/pages/aphidoletes-aphidimyza-tech-sheet> (pristupljeno 20. svibnja, 2025.).

Stireman, J. O., O'Hara, J. E., Wood, D. M. (2006). Tachinidae: Evolution, Behavior, and Ecology. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 525-555.

Thompson, F. C., Vockeroth, J. R., Speight, M. C. D. (1982). The Linnaean's species of flower flies (Diptera: Syrphidae). *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, 10, 1-93.

Tschorsnig, H. P., Herting, B. (1994). *The tachinids (Diptera: Tachinidae) of central Europe: Identification keys for the species and data on distribution and ecology*. Stuttgart: Verlag Paul Parey.

UC IPM (2025a). Tachinid flies. <https://ipm.ucanr.edu/natural-enemies/tachinid-flies/#gsc.tab=0> (pristupljeno 4. ožujka, 2025.).

UC IPM (2025b). Aphid midge. <https://ipm.ucanr.edu/natural-enemies/aphid-midge/#gsc.tab=0> (pristupljeno 10. lipnja, 2025.).

Varenhorst, A., Bachmann, A., Rozeboom, P., Wagner, P. (2025). Flying Gems: Long-Legged Flies. South Dakota State University Extension. <https://extension.sdstate.edu/flying-gems-long-legged-flies> (pristupljeno 27. svibnja, 2025.).

Primljeno: 12. rujna 2025. godine

Received: September 12, 2025

Prihvaćeno: 27. prosinca 2025. godine

Accepted: December 27, 2025

Biologija i ekologija obične dikice (*Xanthium strumarium* L.)

Biology and Ecology of the Common Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.)

Valentina Šoštarčić^{1*}, Maja Šćepanović

Pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.8.3.5

Citiranje/Citation²

Sažetak

Obična dikica (*Xanthium strumarium* L.) jednogodišnja je biljka iz porodice Asteraceae, široko rasprostranjena diljem svijeta. Iako joj točno podrijetlo nije poznato, smatra se da potječe iz Sjeverne Amerike ili Mediterana. Danas je prisutna u Europi, Aziji, Africi i Americi, a zbog svoje prilagodljivosti postala je značajan poljoprivredni korov. Obična dikica raste na zapuštenim terenima, željezničkim prugama i uz ceste, ali najveće štete uzrokuje u poljoprivredi. Zakorovljuje usjeve kukuruza, soje, pamuka, suncokreta i drugih kultura, smanjujući prinose i do 80 %. Značajne probleme pričinjava u stočarstvu jer njeni plodovi snižavaju vrijednost ovčje vune, a sjemenke sadrže karboksiatraktilozid, koji može biti smrtonosan za stoku. Osim toga, može izazvati alergijske reakcije kod ljudi i ima alelopatski učinak na druge biljke. Morfološki, obična dikica ima razgranatu stabljiku visine 0,2 – 1,5 m, mesnate kotiledone i trokutasto-jajolike listove. Cvjetovi su mali i neugledni, dok je plod roška prekriven bodljama, što omogućuje lako prijanjanje za životinje i odjeću. Unutar ploda nalaze se dvije sjemenke – jedna odmah klija, dok je druga dormantna, što doprinosi dugotrajnom opstanku vrste u tlu. Biljka se razmnožava isključivo generativno, šireći se sjemenom putem vode, životinja i ljudi. Njeno klijanje i rast ovise o temperaturi tla i zraka, pri čemu optimalna temperatura za klijanje iznosi 20 – 24°C. Zbog svoje invazivnosti i štetnog djelovanja, obična dikica predstavlja ozbiljan problem u poljoprivrednoj proizvodnji.

Ključne riječi: karboksiatraktilozid, korov, obična dikica, sitni čičak.

Abstract

Xanthium strumarium L. (common cocklebur) is an annual plant from the Asteraceae family, widely distributed around the world. Although its exact origin is not known, it is believed to have originated

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska

* E-mail: vsostarcic@agr.hr (dopisna autorica)

² Šoštarčić, V., Šćepanović, M. (2025). Biologija i ekologija obične dikice (*Xanthium strumarium* L.). *Glasilo Future*, 8(3), 80–92. / Šoštarčić, V., Šćepanović, M. (2025). Biology and Ecology of the Common Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). *Glasilo Future*, 8(3), 80–92.

from North America or the Mediterranean. Today, it is present in Europe, Asia, Africa, and America, and due to its adaptability, it has become a significant agricultural weed. Common cocklebur grows in abandoned fields, along railways, and roadsides, but it causes the most damage in agriculture. It invades crops such as corn, soybeans, cotton, sunflowers, and others, reducing yields by up to 80%. It is also problematic in livestock farming because its fruits decrease the value of sheep wool, and its seeds contain carboxyatractyloside, which can be lethal to livestock. Furthermore, it can cause allergic reactions in humans and has an allelopathic effect on other plants. Morphologically, *X. strumarium* has a branched stem that grows to a height of 0.2 – 1.5 m, fleshy seedlings, and triangular-ovate leaves. The flowers are small and inconspicuous, while the fruit is achene covered in spines, which facilitates attachment to animals and clothing. Inside the fruit, there are two seeds – one germinates immediately, while the other remains dormant, contributing to the species' long-term survival in the soil. The plant reproduces exclusively through seeds, spreading via water, animals, and humans. Its germination and growth depend on the soil and air temperature, with the optimal temperature for germination ranging from 20 to 24°C. Due to its invasiveness and harmful effects, the common cocklebur poses a serious problem in agricultural production.

Key words: carboxyatractyloside, common cocklebur, rough cocklebur, weed.

Uvod

Obična dikica (*Xanthium strumarium* L.) jednogodišnja je biljna vrsta iz porodice Asteraceae (Compositae). Francuski botaničar Joseph Pitton de Tournefort (1656. – 1708.) dodijelio je rodu naziv *Xanthium* kao izvedenicu grčke riječi “xanthos” što znači žut, prema žutoj boji biljnog soka koji je karakteristična osobina vrsta iz ovog roda. Biljni sok vrsta iz roda *Xanthium* koristile su Grkinje, a kasnije i Rimljanke za bojanje kose (Mitich, 1987; Kušan, 1956). Tournefortova botanička klasifikacija korištena je sve dok Carlos Linnaeus (1707.-1778.) nije osmislio i izradio novu klasifikaciju, no prihvaćajući Tournefortov naziv roda. U svojoj knjizi “Species Plantarum” objavljenoj 1753. godine Carlos Linnaeus opisuje dvije vrste iz ovog roda: *Xanthium spinosum* L. (trnovita dikica) i *Xanthium strumarium* (obična dikica) (Mitich, 1987).

U svijetu razlikujemo morfološki i fiziološki različite biotipove vrste *Xanthium strumarium*, koje su često opisane kao nove vrste. Različitost biotipova posljedica je generativnog razmnožavanja i rekombinacije gena. Kao i druge vrste roda *Xanthium* i vrsta *Xanthium strumarium* ima brojne sinonime, a oni su: *Xanthium americanum* Walter, *Xanthium chinense* Miller, *Xanthium cylindraceum* Millsp. & Sherff, *Xanthium echinatum* Murray, *Xanthium italicum* Moretti, *Xanthium pennsylvanicum* Wallr. (Uchytel, 1992), *Xanthium strumarium* L. var. *canadense* (Mill.) Torr. & A. Gray, *Xanthium strumarium* L. var. *glabratum* (DC.) Cronquist, *Xanthium strumarium* L. var. *oviforme* (Wallr.) M. Peck, *Xanthium strumarium* L. var. *strumarium*, *Xanthium strumarium* L. var. *wootonii* (Cockerell) M. Peck (Dinelli i Bonetti, 2003). U engleskom govornom području za vrstu *Xanthium strumarium* koriste se nazivi rough

cocklebur, common cocklebur, hearleaf coclebur, beach cocklebur, broad cocklebur, clotbur, donkey burrdok te large cocklebur (EPPO, 2025.). Hrvatski narodni nazivi su obična dikica, bijela i zelena boca te sitni čičak (Nikolić, 2025).

U flori Hrvatske zabilježeno je više predstavnika roda *Xanthium*. Najčešće i najraširenije vrste su obična dikica (*Xanthium strumarium*) i trnovita dikica (*Xanthium spinosum* L.), dok su bjelkasta dikica (*Xanthium albinum* [Widder] H. Scholz) te podvrste *X. strumarium* subsp. *italicum* (Moretti) D. Löve i *X. strumarium* subsp. *strumarium* također potvrđene u više navrata. Najraniji podaci o pojavi roda *Xanthium* u Hrvatskoj potječu iz rada Marković (1970), koja navodi pojavu trnovite dikice uz riječne tokove Save između Zagreba i Siska kao noviji neofit u širenju. Kasnije su Pandža et. al. (2001) prikazali stanje širenja neofita u Hrvatskoj te naveli nove lokalitete za trnovitu dikicu i *Xanthium strumarium* subsp. *italicum*, osobito uz Savu i Dravu. Obje vrste uvrštene su na Preliminarni popis invazivnih stranih vrsta Hrvatske (Boršić et. al., 2008) te se smatraju invazivnim alohtonim vrstama. Podvrsta *Xanthium strumarium* subsp. *strumarium* također je prisutna na nitrofilnim, ruderalnim i riječnim staništima, ali se u literaturi (Borošić et. al., 2008) i u Flora Croatica Database (2025) navodi kao naturalizirani neofit, bez invazivnog statusa. Vrsta *Xanthium albinum* i njezina podvrsta *Xanthium albinum* subsp. *albinum* su rijetke, a prve zabilježene pojave odnose se na zagrebačka riječna i ruderalna staništa 1960-ih (Marković, 1970). Prema Flora Croatica Database vode se kao alohtone, bez invazivnog statusa, a noviji zapisi upućuju na sporadičnu prisutnost. Porijeklo vrste *Xanthium strumarium* nije u potpunosti poznato. Neki autori navode da je porijeklom iz područja Mediterana, dok drugi pak navode da je riječ o vrsti koja potječe iz Sjeverne Amerike. Mitich (1987) navodi da je otkrićem Amerike i dolaskom Europljana, vrsta *Xanthium strumarium* prenesena u Novi svijet zajedno s brodskim pošiljkama ovaca i koza, za razliku od već spomenute vrste *Xanthium spinosum* koja je na područje Europe stigla iz Amerike. Obična dikica danas se smatra široko rasprostranjenom i ekonomski važnom korovom vrstom u Sjedinjenim Američkim Državama (Reed i Hughes, 1970), Europi, Aziji, Africi te na otocima u Tihom oceanu (Holm et al., 1997). Široka rasprostranjenost pogodovala je i proširenost obične dikice u različitim kultiviranim usjevima u svijetu gdje se, obzirom na ekonomske gubitke u poljoprivredi, smatra napasnim korovom (Royal et al., 1997; Buhler et al., 1993; Snipes et al., 1987).

Gospodarski značaj

Obična dikica pojavljuje se u prirodi kao ruderalna biljna vrsta na zapuštenim mjestima, željezničkim prugama, uz puteve, riječne nasipe i ostale nepoljoprivredne površine. Ipak, u kontekstu ekonomskog značaja, ova vrsta je značajan korov okopavina. Najčešće zakorovljuje kukuruz (*Zea mays* L.), soju (*Glycine max* L. Merr.), pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), kikiriki (*Arachis hypogaea* L.), suncokret (*Helianthus annuus* L.) i rajčicu (*Lycopersicon esculentum* L.) te je zabilježen kao značajna korovna vrsta u 28 zemalja svijeta (Wassom et al., 2002; Schmidt et al., 2004; Norsworthy i Oliveira, 2007). U Sjevernoj Americi najveće štete uzrokuje u soji (Klingman i Oliver, 1994), dok se na području Balkana

smatra izrazito opasnim korovom u kukuruzu (Nakova et al., 2004). Izravna šteta ovog korova očituje se kroz smanjenje prinosa uzgajane kulture, a gubici prinosa variraju ovisno o uzgajanoj kulturi kao i o broju (gustoći) ovog korova po jedinici površine. Tako 10 jedinki na metar kvadratni mogu smanjiti prinos soje za 80 % (Barrentine, 1974), dok dvije jedinke na 15 metara dužnih smanjuju prinos pamuka za 17 % (Snipes et al., 1987). Prinos kikirikija smanjuje se povećanjem gustoće biljaka što uzrokuje smanjenje prinosa ove kulture za čak 88 % pri gustoći od 32 jedinke na osamdužnih metara (Royal et al., 1997). Karimmojeni et al. (2009) utvrđuju smanjene prinosa kukuruza za 30 do 40 % pri gustoći od 16 jedinki/m². Osim izravnih šteta smanjenja prinosa gospodarski značajnih kultura, *Xanthium strumarium* nepoželjna je biljna vrsta u stočarskoj proizvodnji. Naime, plodovi dikice lako se upetljaju u vuno ovaca što uzrokuje smanjenje tržišne vrijednosti takve vune (Hasan, 1974; Wapshere, 1974), a sjeme i kotiledoni biljke, otrovno djeluju na stoku jer sadrže toksičnu tvar karboksiatraktilozid (Kingsbury, 1964; Holm et al., 1997). Rastom biljka gubi toksična svojstva, no zbog grube teksture lista stoka ju tada nerado jede. Osim toksičnosti u ranim razvojnim stadijima, dlačice na listovima i biljni sekreti korovne vrste *Xanthium strumarium* mogu izazvati dermatitis kod osoba sklonih alergijskim reakcijama (Botha et al., 2014). Istraživanjima je utvrđeni i alelopatski utjecaj ove biljke na neke kultivirane, ali i korovne biljne vrste. Prema Kadioglu (2004) *Xanthium strumarium* smanjuje klijavost slanutka (*Cicer arietinum* L.), običnog graha (*Phaseolus vulgaris* L.), bundeve (*Cucurbita pepo* L.), paprike (*Capsicum annum* L.), luka (*Allium cepa* L.), vrtnog maka (*Papaver somniferum* L.), mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Medik.), šćira (*Amaranthus retroflexus* L.), kukute (*Conium maculatum* L.), bijele djeteline (*Trifolium repens* L.), kiselice (*Rumex crispus* L.). Osim navedenih biljnih vrsta, negativan alelopatski učinak iskazuje i na većinu biljnih vrsta iz porodice Poaceae kao što su ječam (*Hordeum vulgare* L.), pšenica (*Triticum aestivum* L.) i divlja zob (*Avena sterilis* L.) (Kadioglu et al., 1998). Konstantinović et al. (2013) utvrđuju negativan alelopatski učinak primjenom vodenih ekstrakata suhe mase cijelih biljka u fazi tri do četiri razvijena lista na inhibiciju klijavosti soje (18,5-35,8 %) i kukuruza (14,8-26,8 %) u Petrijevim zdjelicama. Nasuprot tomu, ekstrakt lista ove vrste pozitivno djeluje na klijavost mrkve (*Daucus carota* L.) i Sofijin oranž (*Descurainia sophia* L.) (Kadioglu, 2004).

Morfološka obilježja

Xanthium strumarium odlikuje se visokom razgranatom stabljikom koja može narasti od 0,2 do 1,5 metar (Weaver i Lechowicz, 1982). Kotiledoni biljke su mesnati i uski, duljine 6,0 do 7,5 mm, a razvijaju se na visini od 5 cm iznad tla (slika 1). U fazi kotiledona, česta je zamjena ove vrste s vrstom *Datura stramonium* (bijeli kužnjak), iz porodice Solanaceae. Obje su termofilne te zakorovljuju okopavinske usjeve. Za razlikovanje ove dvije vrste potrebno je obratiti pozornost na morfološke karakteristike kotiledona i raspored prvih pravih listova. Vrsta *Datura stramonium* na svojim kotiledonima ima istaknutu središnju žilu (slika 2), što nije slučaj kod vrste *Xanthium strumarium*. Također, vrsta *Datura stramonium* posjeduje naizmjeničan raspored prvih pravih listova dok je raspored prvih kod vrste *Xanthium strumarium* nasuprotan. Pravi listovi su trokutasto jajoliki i široki s tri izrazito istaknute žile.

Rubovi pravih listova mogu biti nazubljeni ili zaobljeni, a na licu i naličju lista nalaze se dlačice. Biljka je jednodomna, a dijelovi cvijeta, tučak i prašnici, nalaze se u pazušcima listova, na krajevima postranih grana i vršnom dijelu glavne stabljike. Plod je jajasta, drvenasta roška prekrivena bodljama (slika 3), u početku vegetacije zelene boje, a sušenjem i odumiranjem biljke poprimi tamnosmeđu boju. Prepoznatljiva karakteristika ploda očituje se u dva razvijena „kljuna“ na vršnom dijelu ploda. Broj plodova po biljci može varirati od 500 (Hicks, 1971) do 2 200 (Baldoni et al., 2000) pa čak i do 5 400 (Weaver i Lechowicz, 1982). Unutar roške nalaze se dvije sjemenke sive do tamnosmeđe boje (slika 4). Jedna sjemenka je sposobna proklijati odmah, dok je druga dormantna (Weaver i Lechowicz, 1982). Masa 1 000 sjemenki vrste *Xanthium strumarium* kreće se od 100 (Hulina, 1998) do 203,4 grama.



Slika 1. Kotiledoni (lijevo) i prvi pravi listovi (desno) korovne vrste (*Xanthium strumarium*) (Šoštarčić, 2020)

Figure 1. Seedlings (left) and first true leaves (right) of the weed species (*Xanthium strumarium*) (Šoštarčić, 2020)



Slika 2. Kotiledoni (lijevo) i prvi pravi listovi (desno) korovne vrste *Datura stramonium* (Šoštarčić, 2022)

Figure 2. Seedlings (left) and first true leaves (right) of the weed species *Datura stramonium* (Šoštarčić, 2022)

Morfološka sličnost u odraslom razvojnom stadiju i botanička pripadnost istoj porodici (Asteraceae) razlog su česte zamjene ove vrste s vrstama iz roda *Arctium* spp. (Mitich, 1987), i to najčešće vrstom *Arctium lappa* L. U narodu se vrsta *Arctium lappa* naziva i veliki čičak, repun, repusina, čičak konjski, divčina i dr. (Nikolić, 2025). Ljekovita svojstva korijena, mladih listova i sjemenka poznata su narodu već dugi niz godina, a dijelovi biljke koriste se u obliku čajeva za čišćenje krvi, kao diuretski napitci,

potom za liječenje artritisa, kožnih bolesti i infekcija, herpesa, upale grla, hemeroida, problema s jetrom i bubrežima te još mnogo toga (Ritchason, 1995). Kako ne bi došlo do zabune između obične dikice (*Xanthium strumarium*), čiji su biljni dijelovi (sjemenka i mladi listovi) otrovni, te ljekovite vrste, veliki čičak (*Arctium lappa*), nužno je poznavanje opisanih morfoloških obilježja vrste *Xanthium strumarium*.



Slika 3. Roške korovne vrste *Xanthium strumarium* (Šoštarčić, 2025)

Figure 3. Achenes of the weed species *Xanthium strumarium* (Šoštarčić, 2025)



Slika 4. Presjek roške i sjemenke korovne vrste *Xanthium strumarium* (Šoštarčić, 2015)

Figure 4. Cross-section of the achene and seed of the weed species *Xanthium strumarium* (Šoštarčić, 2015)



Slika 5. *Xanthium strumarium* odrasla biljka (Šoštarčić, 2018)

Figure 5. *Xanthium strumarium* mature plant (Šoštarčić, 2018)

Biologija i ekologija

S fiziološkog aspekta odnosno načina obavljanja fotosinteze *Xanthium strumarium* je C₃ biljna vrsta, a promatrajući uvjete pri kojima formira cvijet pripada biljkama kratkog dana. Prema Raunkiaer-ovoj klasifikaciji (1905.) životnog oblika, obična dikica, pripada skupini terofitnih biljaka (therophyta, Th), što znači da je to jednogodišnja zeljasta biljna vrsta koja nepovoljno razdoblje preživljava isključivo u obliku sjemenke koja joj služi za širenje i razmnožavanje (Uchytíl, 1992). S obzirom da se razmnožavanje odvija samo generativnim organima (sjemenka), obična dikica je monokarpna korovna vrsta. Sjeme se može širiti uz pomoć vode (hidrohorijom) te životinja i ljudi (antropozoohorijom). Širenjem, biljna vrsta osvaja nova područja, no uspješnost udomaćenja ovisi o sposobnosti prilagodbe klimatskim uvjetima što je u uskoj svezi s biološkim zahtjevima iste.

Plod sadrži dvije sjemenke koje se razlikuju u veličini i sposobnosti klijanja. Od dva sjemena, „veće“ je sposobno klijati odmah, a u prirodi ono klije na početku vegetacije, dok je „manje“ sjeme dormantno, te najčešće klije kasnije u vegetacijskoj sezoni. Oba tipa sjemena sposobna su preživjeti u tlu u dormantnom stanju do 16 godina (Cumo, 2013), dok se skladištenjem dormantnost gubi nakon 12 do 16 tjedana (Kaul, 1965). Dormantnost sjemena uvjetovana je građom sjemene ovojnice koja je nepropusna za zrak (Davis, 1930) i prisustvom inhibitora klijavosti već spomenute toksične tvari karboksiatraktilozid što objašnjava povećanu prisutnost ovog spoja u sjemenkama i mladim listovima (Porter i Wareing, 1974; Cutler i Cole, 1983). Tretmani prekidanja dormantnosti „manjeg“ sjemena odnose se na potapanje sjemena u vodi pri temperaturi od 23°C u mraku u trajanju od osam dana (Esashi et al., 1976). Također, egzogenom primjenom etilena može se prekinuti dormantnost sjemena obične dikice (Satoh i Esashi, 1980). Primarna dormantnost oba tipa sjemena može se prekinuti, u laboratorijskim uvjetima, kemijskom skarifikacijom pomoću kiseline, u trajanju od 3 do 5 minuta, ili izlaganjem visokim temperaturama (50°C), deset dana. U prirodnim uvjetima dormantnost može biti prekinuta mikrobiološkom razgradnjom (Kaul, 1965). Sekundarnu dormantnost sjemena korovne vrste *Xanthium strumarium* moguće je prekinuti potapanjem u vodi ili otopini vode i soli pri niskoj koncentraciji kisika i visokoj temperaturi (30 – 35°C) u trajanju od 50 dana (Kaul, 1965), odnosno stratifikacijom pri temperaturi od 3 do 7°C (Esashi i Tsukada, 1978). Za potrebe uzgoja vrste *Xanthium strumarium* moguće je posijati čitave plodove u humusni supstrat. Prije same sjetve potrebno je skarificirati plodove ili pak odrezati vrh ploda, odnosno dva terminalna „kljuna“ kako bi se omogućio ulazak vode i izmjena plinova. Isto tako, moguće je potopiti plodove u gaziranu ili negaziranu vodu na temperaturi od 35 do 40°C, 24 sata prije postavljanja pokusa. Nakon provedenih postupaka prekidanja dormantnosti, plod se prilikom sjetve prekriva s 10 do 20 mm supstrata, a za postizanje brzog ponika, uzgojne posude potrebno je držati na temperaturi od 30°C.

Optimalna temperatura za klijavost obične dikice nalazi se u rasponu od 20 do 24°C, dok se gornja terminalna granica klijavost ove vrste nalazi u temperaturnom rasponu od 32 do 34°C. Prema Oliver

(1975) maksimalna klijavost ostvaruje se pri izmjeničnoj temperaturi od 30/20°C ili 33/25°C (dan/noć) iz površinskog sloja tla od 1 do 8 cm dubine dok Norsworthy i Oliveira (2007) utvrđuju najveće nicanje pri konstantnoj temperaturi od 35 ili 40°C. Sarić et al. (2012) u istraživanju provedenom na dvije populacije ove korovne vrste porijeklom iz Srbije, utvrđuju najmanji postotak klijavosti pri temperaturi od 35/15°C (dan/noć). U istom istraživanju najveća ukupna klijavost ostvarena je pri temperaturama od 25 i 30°C, dok je najniža ukupna klijavost ostvarena pri temperaturama od 20 i 15°C. Vidljivo je da temperaturni optimum ovisi o biotipu vrste, stoga je moguće da su na području Balkana temperaturni optimumi za rast i razvoj vrste niži. Iz navedenih istraživanja vidljivo je da temperature niže od 15°C kao i one iznad 35°C inhibiraju klijavost obične dikice. Visoke temperature u kasnijim razvojnim fazama mogu negativno utjecati i na razvoj cvjetnih organa. Tako se pri temperaturama većim od 35°C, osobito tijekom noći, inhibira formiranje cvjetova (Leonard et al., 1981).

Početak i duljina trajanja nicanja biljnih vrsta (dinamika nicanja) može se računati i putem sume toplotnih jedinica (GDD). Werle et al. (2014) pratili su dinamiku nicanja različitih korovnih vrsta u polju zbrajajući sumu toplotnih jedinica (GDD) počevši s 25. ožujkom, a autori razlikuju tri skupine korovnih vrsta: rane (GDD < 70), srednje (GDD 70 - 140) i kasno nicajuće vrste (GDD > 140). Potrebna suma za nicanje obične dikice iznosi 77 toplotnih jedinica, stoga ona prema vremenu nicanja, pripada skupini srednje nicajućih korova. S gledišta trajanja nicanja, korovne vrste moguće je podijeliti na brzo (GDD < 250), srednje (GDD 250 – 500) i sporo nicajuće (GDD > 500), a sumom toplotnih jedinica utvrđuju se temperaturni zahtjevi potrebni da 90 % jedinki, određene vrste, ostvari ponik (Myers et al., 2004). Vrsta *Xanthium strumarium* ima sporo, razvučeno nicanje, s potrebnom sumom od 719 toplotnih jedinica za ponik 90 % jedinki (Werle et al., 2014). Sličnom metodom, Norsworthy i Oliveira (2007) pratili su nicanje obične dikice u soji, uzimajući u obzir utvrđenu temperaturu biološkog minimuma od 17°C te zbrajajući sumu toplotnih jedinica od 15. ožujka. Temeljem opisanog praćenja, autori su utvrditi da je potrebno 107 toplotnih jedinica za početak nicanja korovne vrste *Xanthium strumarium* odnosno 1 037 toplotnih jedinica za ponik 90 % jedinki. Vidljivo je da podaci oba istraživanja utvrđuju tendenciju produljenog nicanja ove vrste, no početak nicanja ovisan je o biološkim zahtjevima određenog ekotipa vrste, tako će u određenim klimatskim uvjetima vrsta *Xanthium strumarium* biti srednje nicajuća, a u drugima pak kasno nicajuća vrsta. Kalendarski nicanje vrste, ovisno o klimatu može započeti u periodu od travnja odnosno lipnja te obično traje do listopada (Norsworthy i Oliveira, 2007), cvatnja započinje krajem srpnja i traje do rujna, a plodovi se formiraju najčešće šest do devet dana nakon cvatnje, najčešće od kolovoza do sredine rujna, što naravno ovisi o biotipu vrste (Lee i Owen, 2003).

Vrsta *Xanthium strumarium* može rasti na različitim tipovima tala od vlažne gline do suhog pijeska, no najbolje raste na kompaktnim i površinski vlažnim pjeskovitim tlima s manjom količinom organske tvari (Löve i Dansereau, 1959; Kaul, 1965). Osim o tipu tla, rast i razvoj ovisi i o samoj pH vrijednosti tla. Prema literaturnim navodima, najbolja klijavost ostvaruje se pri pH vrijednosti u rasponu od 5,2 do 8,0 (Kaul, 1961). Biljka može preživjeti na poplavljenim područjima, a utvrđena je i tolerantnost na

veću količinu soli u tlu (Kaul, 1965). Prema Kaul (1968) sjeme korovne vrste *Xanthium strumarium* nije sposobno proklijati na tlima niske vlažnosti, pa zahtjeva minimalno 75 % poljskog kapaciteta za vodu kako bi klijanje započelo. Međutim, sjeme je sposobno usvojiti vlažnost i pri većim osmotskim koncentracijama u tlu. U prilog tome ide i istraženi biološki vodni potencijal vrste koji prema Norsworthy i Oliveira (2007) iznosi -1,00 MPa. Najveća klijavost sjemena ostvaruje se u površinskom sloju tla na dubini od 1 do 8 cm (Oliver, 1975), no sjeme je sposobno proklijati i s dubine od 18 do 20 cm u tlu, što je ujedno i najveća dubina iz koje ovo sjeme klije. Razvoj korijena u ovisnosti je s gornjom granicom podzemne vode. *Xanthium strumarium* ostvaruje dobar rast u tlima s gornjom granicom podzemne vode od 5 do 90 cm ispod površine tla (Kaul, 1968). Korijen biljke razvijen u anaerobnim uvjetima građen je od većih šupljina u primarnoj kori ispunjenih zrakom te sadrži manje suberina od biljaka koje rastu u aerobnim uvjetima. U tlima optimalne vlažnosti, na muljevitoj ilovači, korijen biljke raste 2,1 m u širinu i 1,2 m u dubinu (Davis et al., 1965).

Zaključak

Obična dikica predstavlja ozbiljan problem u poljoprivredi, uzrokujući značajne gubitke prinosa te ugrožavajući stoku zbog prisutnosti toksičnih tvari u sjemenkama. Osim ekonomske štete, negativno utječe i na okoliš zbog alelopatskog djelovanja i konkurencije s drugim biljnim vrstama. S obzirom na otpornost i dugotrajnu održivost sjemena u tlu, suzbijanje ove biljke zahtijeva sustavan i dugoročan pristup, uključujući pravovremene agrotehničke mjere s posebnim naglaskom na preventivne mjere koje uključuju sprječavanje osjemenjivanja. Budući da sjemenke *Xanthium strumarium* mogu nicali s većih dubina u usporedbi s drugim korovnim vrstama, zemljišni herbicidi nisu učinkoviti u njezinu suzbijanju. Stoga je nužna folijarna primjena herbicida nakon nicanja. Karakteristično produljeno nicanje ove vrste, koje je dijelom posljedica sposobnosti klijanja s različitih dubina, dodatno otežava njeno suzbijanje. Kako bi se bolje razumjela biologija i ekologija hrvatskih populacija ove korovne vrste, potrebno je provesti više domaćih istraživanja.

Literatura

Baldoni, G., Viggiani, P., Bonetti, A., Dinelli, G., Catizone, P. (2000). Classification of Italian *Xanthium strumarium* complex based on biological traits, electrophoretic analysis and response to maize interference. *Weed Research*, 40, 191-204. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00181.x>.

Barrentine, W. L. (1974). Common cocklebur competition in soybeans. *Weed Science*, 22, 600-603. <https://doi.org/10.1017/S0043174500038388>.

Boršić, I., Milović, M., Dujmović, I., Bogdanović, S., Cigić, P., Rešetnik, I., Nikolić, T., Mitić, B. (2008). Preliminarni popis invazivnih stranih biljnih vrsta (IAS) u Hrvatskoj. *Natura Croatica*, 17(2), 55–71.

Buhler, D. D., Gunsolus, J. L., Ralston, D. F. (1993). Common Cocklebur (*Xanthium strumarium*) control in soybean (*Glycine max*) with reduced bentazon rates and cultivation, *Weed Science*, 41(3), 447–453. <https://doi.org/10.1017/S0043174500052176>.

Cumo, C. (2013). *Encyclopedia of Cultivated Plants: From Acacia to Zinnia*, ABC CLIO LLC, Santa Barbara, California

Cutler, H. G., Cole, R. J. (1983). Carboxyatractyloside – a compound from *Xanthium strumarium* and *Atractylis gummifera* with plant growth inhibiting properties – the probable inhibitor, *American Journal of Natural Products*, 46, 609-613.

Davis, W. (1930). The development of dormancy in seeds of cocklebur (*Xanthium*). *American Journal of Botany* 7, 77-87. <https://doi.org/10.2307/2446381>.

Davis, R. G., Wiese, A. F., Pafford, J. L. (1965). Root moisture extraction profiles of various weeds. *Weeds* 13, 98-100. <https://doi.org/10.2307/4041145>

Dinelli, G., Bonetti, A. (2003). Genetic structure and mating system of Italian *Xanthium strumarium* complex, *Weed Science*, 51, 69–77. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0069:GSAMSO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0069:GSAMSO]2.0.CO;2).

EPPO (2025). EPPO Global Database. Preuzeto 10. studenog 2025. s <https://gd.eppo.int/taxon/XANST>

Esashi, Y., Kotaki, K., Ohhara, Y. (1976). Induction of cocklebur seed germination by anaerobiosis: A question about the "inhibitor hypothesis" of seed dormancy. *Planta*, 29.

Esashi, Y., Tsukada, Y. (1978). Thermoperiodism in cocklebur seed germination. *Plant Physiology*. 61, 437-441.

Hasan, S. (1974). *Xanthium* rust as a possible biological control agent of Bathurst and noogoora burrs in Australia. *Proceedings of 3rd. Int. Symp. Biol. Control Weeds, Commonwealth Inst. Biol. Control Misc. Publ.* 8, 137-140.

Hicks, A., J. (1971). *Systematic studies of Xanthium (Compositae: Ambrosieae); the cockleburrs of Tazewell County, Illinois*. Ph.D. thesis. University of Illinois. C'hampaign-Urbana

Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J., Herberger, J. (1997). *World Weeds: Natural Histories and Distribution*, New York, John Wiley & Sons,

Hulina, N. (1998). *Korovi*, Zagreb: Školska knjiga.

- Kadioglu, I. (2004). Effects of hearleaf cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) extract on some crops and weeds, *Asian Journal of Plant Sciences* 3(6), 696-700. 10.3923/ajps.2004.696.700
- Kadioglu, I., Uremis, I., Ulug, E., Boz Uygur, F. N. (1998). Researches on the economic thresholds of wild oat (*Avena sterilis* L.) in wheat fields in Çukurova Region of Turkey, *Journal of Turkish Herbology*, 1, 18-24.
- Karimmojeni, H., Rahimian, M., H., Alizadeh, H., M., Cousens, R., D., Beheshtian, M., M. (2009). Interference between maize and *Xanthium strumarium* or *Datura stramonium*. *Weed Research*, 50: 253–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00766.x>.
- Kaul, V. (1968). Physiological-ecology of *Xanthium strumarium* L. V. *Water relations* 9, 88-102.
- Kaul, V. (1965). Physiological-ecology of *Xanthium strumarium* L. II. Physiology of seeds in relation to its distribution. *Journal of Indian Botanical Society*, 44, 365-380.
- Kaul, V. (1961). Water relations of *Xanthium strumarium* L. *Scientific Culture*, 27, 495-491.
- Kingsbury, J. (1964). *Poisonous plants of the United States and Canada* Prentice-Hall, New Jersey, Englewood Cliffs.
- Klingman, T. E., Oliver, L. R. (1994). Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 42, 523– 527. <https://doi.org/10.1017/S0043174500076888>.
- Konstantinović, B., Blagojević, M., Konstantinović, B., Samardžić, N. (2013). Allelopathic effect of *Xanthium strumarium* L. and *Abutilon theophrasti* Med. extracts on germination of maize and soybean seed, *Fourth International Scientific Symposium "Agrosym 2013"*, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 3-6 October, Book of Proceedings,, 630-635.
- Kušan F. (1956). Ljekovito i drugo korisno bilje. Zagreb: Poljoprivredni nakladni zavod, 7-648.
- Lee, M.J., Owen, D. K. M. (2003). Dry matter yield differences of five common cocklebur (*Xanthium strumarium*) biotypes grown at a common site, *Weed Science*, 51, 186-190. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0186:DMYDOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0186:DMYDOF]2.0.CO;2).
- Leonard, M., Kinet, J. M., Bodson, M., Havelance, A., Jacquard, A., Bernier, G. (1981). Flowering in *Xanthium strumarium*. Initiation and development of female inflorescence and sex expression. *Plant Physiology*, 67, 1245-1249. 10.1104/pp.67.6.1245.
- Löve, D., Dansereau, P. (1959). Biosystematic studies on *Xanthium*: Taxonomic appraisal and ecological status. *Canadian Journal of Botany*, 37, 13-208.

- Marković, L. (1970). Prilog poznavanju korovne flore nizinskog toka Save između Zagreba i Siska. *Acta Botanica Croatica*, 29(1), 203–211.
- Mitich, L. (1987). Intriguing world of weeds – cocklebur. *Weed Technology* 1, 359 – 360. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00029894>.
- Myers, M. W., Curran, W. S., VanGessel, M. J., Calvin, D. D., Mortensen, D. A., Majek, B. A., Karsten, H. D., Roth, G. W. (2004). Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. *Weed Science*, 52, :913–919. <https://doi.org/10.1614/WS-04-025R>.
- Nakova, R., Baeva, G., Nikolov, P. (2004). Competition between maize and *Xanthium strumarium* L., *Pesticides & Phytomedicine*, 19, 257-263.
- Nikolić, T. (2025). Flora Croatica baza podataka. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu. Preuzeto 13. ožujka 2025. s <http://hirc.botanic.hr/fcd>
- Norsworthy, J. K., Oliveira, M. J. (2007). Light and temperature requirements for common cocklebur (*Xanthium strumarium*) germination during after-ripening under field conditions. *Weed Science*, 55, 227-234. <https://doi.org/10.1614/WS-06-184>.
- Oliver, L. R. (1975). Today's weed-common cocklebur. *Weeds Today*, 6, 22.
- Pandža, M., Franjić, J., Trinajstić, I., Škvorc, Ž., Stančić, Z. (2001). The most recent state of affairs in the distribution of some neophytes in Croatia. *Natura Croatica*, 10(4), 259–275.
- Porter, N.G., Wareing, P. F. (1974). The role of the oxygen permeability of the seed coat in the dormancy of seed in *Xanthium pensylvanicum* Wallr. *Journal of Experimental Botany*, 25, 583-594. <https://doi.org/10.1093/jxb/25.3.583>.
- Raunkiaer, C. (1905). *Types biologiques pour la géographie botanique*. Bull. Acad. R. Danemark
- Reed, C. F., Hughes, R. (1970). *Selected weeds of the United States*. U.S. Dep. Agric. Handbk.
- Ritchason, N., Jack, D. (1995). *The Little Herb Encyclopedia*. Woodland Health Books, Pleasant Grove, UT.
- Royal, S. S., Brecke, B. J., Colvin, D. L. (1997). Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Science*, 45,38–43. <https://doi.org/10.1017/S0043174500092456>.
- Sarić, M., Božić D., Pavlović, D., Elezović, I., Vrbničanin, S. (2012). Temperature effects on common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seed germination, *Romanian Agricultural Research*, 29, 389–393.

Satoh, S., Esashi, Y. (1980). D-Aminoacid- stimulated ethylene production in seed tissues. *Planta* 149, 64-68. [10.1007/BF00386229](https://doi.org/10.1007/BF00386229).

Schmidt, L. A., Talbert, R. E., McClelland, M. (2004). Management of acetolactate synthase (ALS) - resistant common cocklebur (*Xanthium strumarium*) in soybean. *Weed Technology*, 18, 665-674. <https://doi.org/10.1614/WT-03-129R1>.

Snipes, C. E., Street, J. E., Walker, R. H. (1987). Interference periods of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) with cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science*, 35, 529-532. <https://doi.org/10.1017/S0043174500060501>.

Uchytel, R. J. (1992). *Fire Effects Information System*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory

Wapshere, A. I. (1974). An ecological study of an attempt at biological control of noogoora burr (*Xanthium strumarium*). *Australian Journal of Agricultural Research*, 25, 275-292. <https://doi.org/10.1071/AR9740275>.

Weaver, S. E., Lechowicz, M. J. (1982). The biology of Canadian weeds. 56. *Xanthium strumarium* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 63, 211–225. <https://doi.org/10.4141/cjps83-021>.

Werle, R., Sandell, D. L., Buhler, D. D., Hartzler, G. R., Lindquist, L. J. (2014). Predicting Emergence of 23 Summer Annual Weed Species, *Weed Science* 62, 267–279. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00116.1>.

Wassom, J. J., Tranel, P. J., Wax, L. M. (2002). Variation among U.S. accessions of common cocklebur (*Xanthium strumarium*). *Weed Technology*, 16, 171-179. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0171:VAUSAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0171:VAUSAO]2.0.CO;2).

Primljeno: 31. ožujka 2025. godine

Received: March 31, 2025

Prihvaćeno: 27. prosinca 2025. godine

Accepted: December 27, 2025

Obavijest o ispravcima

Notice of corrections

Boris Dorbić^{1*}

1. Sukladno pisanoj obavijesti autorice rada i pisanoj potvrdi dopisne autorice rada glavnom i odgovornom uredniku časopisa „Glasilo Future“, dajemo sljedeći ispravak.

Prilikom odobrenja završne korekture rada: „Marić, M., Anić, J., Auguštin, A., Barbić, M., Bazjak, D., Bedaić, U., Dorbić, B., Paladin Soče, I., Žeravica, D. I., Baule, J., Vitasović Kosić, I. (2025). Alohtone i invazivne biljne vrste u hrvatskoj rasadničarskoj proizvodnji. *Glasilo Future*, 8(1-2), 60-72.“ iz prethodnog izdanja časopisa „Glasilo Future“, dopisna autorica je slučajno previdjela izostavljanje napomene na str 70. da je rad izvod stručnog projekta pod nazivom „Analiza raznolikosti ponude biljnih vrsta rasadnika u Hrvatskoj“, koji su izradile studentice studija Agroekologija Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta, ujedno koautorice ovoga rada, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivane Vitasović Kosić.

2. Sukladno pisanoj obavijesti autora rada i pisanoj potvrdi dopisnog autora rada glavnom i odgovornom uredniku časopisa „Glasilo Future“, dajemo sljedeći ispravak.

Prilikom odobrenja završne korekture rada: „Svalina, T., Goreta, A., Dorbić, B., Šuste., M., Delić, Ž., Šarolić, M. (2025). Utjecaj dozrijevanja u betonskim i inox tankovima na aromatski profil vina sorte Pošip. *Glasilo Future*, 8(1-2), 1–9.“ iz prethodnog izdanja časopisa „Glasilo Future“, dopisni autor je slučajno previdio netočan podatak iz bilješke 2 na str. 1., koji glasi: „Završena studentica stručnog prijediplomskog studija Prehrambena tehnologija Veleučilišta "Marko Marulić" u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.“, a ispravno je: „Završena studentica stručnog prijediplomskog studija Poljoprivreda krša Veleučilišta "Marko Marulić" u Kninu, Petra Krešimira IV 30, 22300 Knin, Republika Hrvatska.“

¹ Udruga Futura, Bana J. Jelačića 13 a, 22000 Šibenik, Republika Hrvatska
* E-mail: boris.dorbic@gmail.com (dopisni autor)

Upute autorima

Stručno znanstveni časopis Futura objavljuje znanstvene i stručne radove iz biotehničkih znanosti (poljoprivrede, šumarstva, drvne tehnologije, prehrambene tehnologije, nutricionizma, biotehnologije i interdisciplinarne biotehničke znanosti) kao i društvene vijesti, bibliografije, zatim prikaze knjiga i radova, popularne znanstvene radove, polemike i dr. Objavljuju se samo radovi koji nisu drugdje predani za objavljivanje, niti objavljeni. Znanstveni radovi se kategoriziraju: – izvorni znanstveni rad (original scientific paper) – pregledni znanstveni rad (scientific review) – prethodno priopćenje (preliminary communication) – konferencijsko priopćenje (conference paper) – rad prethodno prezentiran na konferenciji. Radove recenziraju dva ili više znanstvenika iz odgovarajućeg područja. Rad ne smije imati više od 17 tipkanih stranica, veličina slova 11, font Times New Roman, prored 1,5, margine 2,5. Izuzetno, uz odobrenje uredništva, neki interdisciplinarni ili uredništvu interesantni radovi mogu sadržavati do 25 ili više tipkanih stranica. Rukopisi se predaju u elektroničkom obliku na hrvatskom ili engleskom jeziku (e-mail: urednistvo@gazette-future.eu).

Izvorni znanstveni rad treba sadržavati: puna imena i prezimena autora s nazivima institucija, adresom i e-poštom u bilješkama – font 10, naslov, sažetak, abstract, uvod, materijale i metode, rezultate istraživanja, diskusiju, zaključak i literaturu – font 12 podebljano za naslove. Radovi napisani na engleskom jeziku se predaju bez naslova na hrvatskom jeziku i hrvatskog sažetka.

Naslov rada treba biti što kraći, na hrvatskom i engleskom jeziku. Kategoriju rada predlažu autori, a potvrđuju recenzenti i glavni urednik.

Sažetak treba sadržati opći prikaz, metodologiju, rezultate istraživanja i zaključak. Rad je potrebno pisati u trećem licu s min. 3 do 5 ključnih riječi. Obim sažetka ne bi smio biti veći od 250 riječi. Abstract je prijevod sažetka s ključnim riječima.

Uvod treba sadržavati što je do sada istraživano i što se željelo postići danim istraživanjem. Materijale i metode istraživanja treba ukratko izložiti. U rezultatima i diskusiji (raspravi) potrebno je voditi računa da se ne ponavlja iznijeto. U zaključcima je potrebno izložiti samo ono što pruža kratku i jasnu predstavu istraživanja. Literaturu treba poredati prema abecednom redu autora i to: prezime i početno slovo imena autora ili Anonymous (nepoznat autor), godina izdanja u zagradama, naslov knjige ili članka, naziv časopisa te broj ili godište, kao i mjesto izdavanja i oznaku stranica od–do. Više od deset autora se u literaturi navodi kao npr. Prezime et al. (2018). Fusnote u radu treba izbjegavati ili eventualno koristiti za neka pojašnjenja. Autori se u tekstu citiraju sukladno APA standardu npr. (Prezime, 2018); (Prezime1 i Prezime2, 2016); (Prezime et al., 2018) (više od dva autora). Citate prate navodnici („n“) i stranica preuzimanja citiranog teksta (Prezime, 2018, str. 44).

Tablice se numeriraju i navode iznad na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Slike se numeriraju i navode ispod na hrvatskom i u kurzivu na engleskom jeziku.

Rezolucija slika (grafikon, fotografija, crtež, ilustracija, karta) treba iznositi najmanje 300 dpi.



Crtež: Zeleni skakavac (*Omocestus viridulus* L.), 2025.

Autor: Lucija Dorbić Jurlin.