

ISSN 2623-6575

UDK 63

GLASILO FUTURE

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

VOLUMEN 4 BROJ 4

LISTOPAD 2021.

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

Uređivački odbor / Editorial Board:
Doc. dr. sc. Boris Dorbić, v. pred. – glavni i odgovorni urednik / *Editor-in-Chief*Emilija Friganović, dipl. ing. preh. teh., v. pred. – zamjenica g. i o. urednika / *Deputy Editor-in-Chief*Ančica Sečan, mag. act. soc. – tehnička urednica / *Technical Editor*Antonia Dorbić, mag. art. – zamjenica tehničke urednice / *Deputy Technical Editor*

Prof. dr. sc. Željko Španjol

Mr. sc. Milivoj Blažević

Vesna Štibrić, dipl. ing. preh. teh.

Gostujuća urednica / *Guest editor* / (2021) 4(4) – doc. dr. sc. Maja Čačija
Međunarodno uredništvo / International Editorial Board:

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)

Dario Bognolo, mag. ing. – Republika Hrvatska (Veleučilište u Rijeci)

Prof. dr. sc. Agata Cieszczyńska – Republika Poljska (Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie)

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

Prof. dr. sc. Duška Čurić – Republika Hrvatska (Prehrambeno-biotehnički 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-tehnički fakultet u Splitu)

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

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

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

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

Doc. dr. sc. Orhan Jašić – Bosna i Hercegovina (Filozofski fakultet Tuzla)

Prof. dr. sc. Tajana Krička – Republika Hrvatska (Agronomski fakultet Zagreb)

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

Slobodan Kulić, mag. iur. – Republika Srbija (Srpska ornitološka federacija i Confederation ornithologique mondiale)

Prof. dr. sc. Biljana Lazović – Crna Gora (Biotehnički fakultet Podgorica)

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

Doc. dr. sc. Zvonimir Marijanović – Republika Hrvatska (Kemijsko-tehnički fakultet u Splitu)

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

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

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

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 ekoinženjering "Hans Em" Skopje)

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

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

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

Akademik prof. dr. sc. Refik Šećibović – Bosna i Hercegovina (Visoka škola za turizam i menadžment Konjic)

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)

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

Prof. dr. sc. Marko Turk – Ruska Federacija (University of Tyumen)

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

Doc. 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)

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

Objavljeno: 20. listopada 2021. 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.

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

(2021) 4 (4) 01–80

SADRŽAJ:

Str.

Pregledni rad (scientific review)

I. Juran, Kristina Šumić, Maja Čačija

Mogućnosti suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i botaničkim insekticidima

Possibilities of controlling the greenhouse whitefly by natural enemies and botanical

insecticides 01–21

Martina Kadoić Balaško, Darija Lemić, Katarina Maryann Mikac, Renata Bažok

Multidisciplinarni pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca

A multidisciplinary approach to insect resistance research 22–36

Stručni rad (professional paper)

Maja Čačija, Petra Runjak, I. Juran

Entomofauna lucerne na pokušalištu Šašinovec

Entomofauna of alfalfa at the Šašinovec experimental station 37–55

Klara Barić, Z. Ostojić, Ana Pintar

Europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) – biologija, ekologija, morfologija i suzbijanje

Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) – biology, ecology, morphology and control 56–64

Valentina Šoštarčić, D. Višić, Maja Šćepanović

Inter-populacijska varijabilnost sjemena ambrozije – mehanizam uspješne prilagodbe na različite okolišne uvjete

Inter-population variability of common ragweed seeds – a mechanism of successful

adaptation to different environmental conditions 65–78

Upute autorima (instructions to authors) 79–80

Riječ gostujuće urednice [(2021) 4(4)]

Poštovani čitatelji Glasila Future,

tema ovoga broja su štetni kukci i korovi koji ugrožavaju poljoprivrednu proizvodnju. Suvremena poljoprivreda temelji se na najnovijim tehnologijama koje omogućuju dobre prinose i kvalitetne biljne i životinjske proizvode. Zbog toga je vrlo važno zaštititi usjeve od napada raznih štetnih organizama – štetnih kukaca, korova, bolesti, ptica, glodavaca i dr. Grana poljoprivrede koja se bavi zaštitom bilja od štetnih organizama naziva se fitomedicina. Ona obuhvaća različite mjere koje se provode radi zaštite poljoprivrednoga, šumskoga, ukrasnoga i drugoga bilja od štetnika, korova i bolesti, da bi se sačuvao urod, plodovi, sjeme, gomolji, presadnice.

Zato smo u ovom broju Glasila Future odlučili pisati o nekim od najvažnijih štetnika i korova koji predstavljaju velike probleme u uzgoju pojedinih kultura. Štetni kukci oštećuju biljke u svim fazama njenog razvoja, hraneći se korijenom, stabljikom, listovima, cvjetovima, plodovima ili sjemenkama (ovisno o kukcu). Osim u polju, velike štete čine i u zaštićenim prostorima (plasticima) i silosima. Zbog toga ih se najčešće suzbija raznim insekticidima, no učestala primjena kemijskih insekticida dovodi do zagađenja okoliša i pojave rezistentnosti kukaca, kada insekticid više nema učinka na štetnika.

Istovremeno, biljka koju uzgajamo mora se "boriti" za životni prostor i nutrijente s raznim korovima. Korovi imaju iznimna svojstva: imaju izraženu sposobnost samoodržanja, sposobni su nicati u različitim tlima i klimatskim uvjetima, sjeme im je sposobno odgoditi razdoblje nicanja (dormantnost), sposobni su zadržati živo i klijavo sjeme dugi niz godina u poljskim uvjetima, a plod donose više puta godišnje. Korovi otežavaju obradbu tla, njegu usjeva, žetvu, poskupljuju proizvodnju, domaćini su mnogim biljnim bolestima i štetnicima, smanjuju kakvoću proizvoda, izazivaju alergije, dermatitis i trovanje kod ljudi i brojne druge probleme.

Tematika ovog broja opisuje i novije metode otkrivanja rezistentnosti kod štetnih kukaca. Otkrivanje i praćenje rezistentnih populacija prvi je korak prema implementaciji antirezistentnih strategija i održivoj uporabi pesticida.

Srdačno vaša,

Doc. dr. sc. Maja Čačija

Gostujuća urednica [(2021) 4(4)]

Mogućnosti suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i botaničkim insekticidima

Possibilities of controlling the greenhouse whitefly by natural enemies and botanical insecticides

Ivan Juran^{1*}, Kristina Šumić¹, Maja Čačija¹

pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.4.4.1

Citiranje/Citation²

Sažetak

Cvjetni štitasti moljac, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856), ekonomski je najznačajniji štetnik na kulturama koje se uzgajaju u zaštićenim prostorima, posebice rajčice. Javlja se svake godine i uzrokuje direktne i indirektne štete, te prenosi biljne viruse. Brojnost populacije i visina šteta su u izravnoj korelaciji, odnosno veće štete nastaju pri brojnijoj populaciji. Praćenje i pravovremeno uočavanje ovog štetnika ima veliki značaj za uspjeh primjene mjera suzbijanja. Cvjetni štitasti moljac prati se žutim ljepljivim pločama i vizualnim pregledima naličja listova. Već pri uočavanju jedne odrasle jedinke potrebno je pristupiti suzbijanju kako bi se spriječilo prenamnožavanje i daljnje širenje. Kemijske mjere najčešći su način suzbijanja moljca. No, uslijed učestalog korištenja insekticida, posebice insekticida istog mehanizma djelovanja, pojavio se problem rezistentnosti ovog štetnika na brojne djelatne tvari iz različitih kemijskih grupa. Stoga se u integriranoj zaštiti prednost daje agrotehničkim, mehaničkim, fizikalnim i biološkim mjerama koje ne dovode do pojave rezistentnosti i prihvatljivije su za okoliš. Biološke mjere uključuju korištenje različitih makrobioloških i mikrobioloških preparata, naturalita i botaničkih insekticida. Entomofagne osice uspješno se koriste u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca. Vrlo je važna njihova pravovremena primjena, jer su najviše učinkovite pri nižim populacijama štetnika. Sve veća pozornost pridaje se botaničkim insekticidima kao ekološki povoljnijoj zamjeni za kemijske insekticide. Prirodnog su porijekla, a mnogi od njih imaju insekticidno djelovanje te bi se mogli primjenjivati u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca i na taj način omogućiti uspješnu zaštitu kultura koje ovaj štetnik napada.

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: ijuran@agr.hr.

² Juran, I., Šumić, K., Čačija, M. (2021). Mogućnosti suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i botaničkim insekticidima. *Glasilo Future*, 4(4), 01–21. / Juran, I., Šumić, K., Čačija, M. (2021). Possibilities of controlling the greenhouse whitefly by natural enemies and botanical insecticides. *Glasilo Future*, 4(4), 01–21.

Ključne riječi: botanički insekticidi, cvjetni štitasti moljac, parazitoidi, suzbijanje.

Abstract

The greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856), is the most economically significant pest on crops grown in greenhouses, especially tomatoes. It occurs every year causing direct and indirect damage, and transmits plant viruses. Population numbers and damage levels are directly correlated, as higher damages are caused by high pest populations. Monitoring and timely detection of this pest is of great importance for the success of the application of control measures. Greenhouse whitefly is monitored by yellow sticky traps and visual inspections of the leaves. When a single adult is spotted, control is needed to prevent overpopulation and further spread. Chemical measures are the most common way to control this pest. However, due to the frequent use of insecticides, especially insecticides of the same mode of action, resistance to many active substances from different chemical groups occurred. In integrated pest management agrotechnical, mechanical, physical and biological measures are preferred, as they do not lead to development of resistance and are more environmentally friendly. Biological measures include the use of various macrobiological and microbiological preparations, naturalytes and botanical insecticides. Entomophagous wasps have been used successfully in the control of the greenhouse whitefly. Their timely application is very important, because wasps are effective at a lower number of pests. Increasing attention is being paid to botanical insecticides as a more environmentally friendly substitute for chemical insecticides. They are of natural origin, and as many of them have an insecticidal effect, they could be used in the control of the greenhouse whitefly and thus enable the successful protection of crops that are attacked by this pest.

Key words: botanical insecticides, control, greenhouse whitefly, parasitoids.

Uvod

Cvjetni štitasti moljac, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood 1856), još poznat kao bijela mušica ili staklenički štitasti moljac, predstavlja jednog od najznačajnijih štetnika zaštićenih prostora. Kozmopolitska je vrsta raširena u svim zoogeografskim regijama svijeta. U Europi predstavlja ekonomski značajnog štetnika zaštićenih prostora. Osim toga, ovaj štetnik je izraziti polifag. Do sada je zabilježen na preko 200 biljnih vrsta koje su raspoređene unutar 84 porodice. Kao porodice s najviše domaćina ističu se Compositae (20 vrsta biljaka domaćina), Solanaceae (18 vrsta), Malvaceae (8 vrsta), Leguminosae (7 vrsta), Cucurbitaceae (4 vrste). Najviše štete uzrokuje na povrtlarskim i ukrasnim kulturama koje se uzgajaju u zaštićenim prostorima, iako je zabilježena i njegova pojava u uzgoju na otvorenom (Brazil, Meksiko), kao i na korovskim vrstama (Mound i Halsey, 1978). Kao najatraktivniji domaćin cvjetnog štitastog moljca navodi se rajčica. Osim na rajčici, značajne štete zabilježene su i na krastavcima, patlidžanu, paprici, grahu, salati, gerberi, ruži i drugim biljkama

(Macelj, 2002). Zbog navedenih razloga izuzetno je važno njegovo praćenje, korištenje mjera prevencije, pravovremeno uočavanje i suzbijanje.

Štete od cvjetnog štitastog moljca mogu biti direktne i indirektne (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Pri visokim populacijama, najvažnija šteta nastaje kada kukac isisava sok iz biljke, izvlačeći vodu, ugljikohidrate i aminokiseline, što posljedično smanjuje prinos jer oslabljuje biljku. Osim toga, velike količine medne rose koja se stvara i taloži na lišću čini indirektnu štetu te pruža uvjete za gljivičnu kolonizaciju (čađava plijesan ili gljive čađavice), koja utječe na fotosintezu i disanje. Prisustvo gljiva čađavica uvelike umanjuje komercijalnu vrijednost biljnog proizvoda. Također, poznato je da *T. vaporariorum* prenosi pseudo žuti virus repe (BPYV), virus zarazne kloroze rajčice (TICV), virus kloroze rajčice (ToCV) i virus infekcije zelene salate (Šimala et al., 2016).

Prognoza napada odnosno pravovremeno uočavanje cvjetnog štitastog moljca u zaštićenom prostoru veoma je važna kako bi kemijsko suzbijanje bilo učinkovito, te da bi se spriječilo prenamnoženje moljaca i potencijalni gubici. Otežavajuća okolnost pri suzbijanju moljca jest veoma brz razvoj rezistentnosti, koja je katkada i unakrsna (Šimala et al., 2016). Sve je izraženija potreba za pronalaskom alternativnih načina suzbijanja kojima će se umanjiti mogućnost razvoja rezistentnosti, a osigurati visoka učinkovitost. Posljednjih godina sve je veći naglasak na pronalasku bioloških načina suzbijanja koji će biti dostatna alternativa insekticidima. Botanički insekticidi ističu se kao sredstva s velikim, neistraženim potencijalom u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca.

Cilj rada je prikazati morfologiju i biologiju cvjetnog štitastog moljca, opisati štete na kulturama, problematiku razvoja rezistentnosti i mogućnosti suzbijanja. Poseban naglasak stavljen je na mogućnosti biološkog suzbijanja, odnosno korištenje prirodnih neprijatelja i botaničkih insekticida.

Sistematika i rasprostranjenost

Cvjetnog štitastog moljca prvi puta opisao je Westwood 1856. godine kao *Aleyrodes vaporariorum* (Mound i Halsey, 1978). Danas, prema sistematici Gotlin Čuljak i Juran (2016), ova vrsta se naziva *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood 1856) i pripada rodu *Trialeurodes*, porodici Aleyrodidae, natporodici Aleyrodoidea, podredu Homoptera iz reda Hemiptera, razredu Insecta.

Točno podrijetlo cvjetnog štitastog moljca nije utvrđeno, no smatra se da potječe iz Meksika ili jugozapadnog dijela Sjedinjenih država. Gamarra et al. (2016) ističu kako štetnika karakterizira izrazito veliki areal rasprostranjenosti zbog izraženog potencijala prilagodljivosti na različite klimatske uvjete. Autori Mound i Halsey već su 1978. stakleničkog štitastog moljca okarakterizirali kao štetnika prisutnog u svim zoogeografskim regijama svijeta (Mound i Halsey, 1978).

Morfologija

Cvjetni štitasti moljac maleni je kukac čija odrasla jedinka nalikuje malim leptirima. Zbog bijelog praha koji im prekriva tijelo često se nazivaju i "bijeke mušice". Vrlo su sitni, odrasli su dugi oko dva mm. Morfološki se razlikuje jaje, ličinački stadiji i odrasla jedinka (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Porodica štitastih moljaca lako se raspoznaje po prisutnosti vaziformnog otvora, ligule i operkuluma. Identifikacija vrste jako je važna, jer ne čine sve vrste štitastih moljaca štete (EPPO, 2004).

Jaja se nalaze na naličju listova iz gornji etaža. Položena su većinom u krugove na glatkim lisnim površinama ili nasumično na dlakavim lisnim površinama. Za list su pričvršćeni sa stapkom koja izlazi iz baze jajeta i služi za fiksiranje (Martin, 1999). Broj jaja u krugu je najčešće 20-30. Oblik je ovalan ili eliptičan, a dimenzije jajeta su oko 0,21 mm u dužinu i 0,1 mm u širinu. Boja tek položenih jaja je žućkasto bijela, ali kroz nekoliko dana, prije izlijevanja ličinke, postaju tamno smeđa, gotovo crna (slika 1A) (Dhillon, 1999).

Ličinka u prvom stadiju je pokretna, veličine je oko 0,23 mm x 0,21 mm, gotovo prozirna i naziva se "puzavac" (Dhillon, 1999). Ravna je, ovalna, bez izražene segmentacije (slika 1B), s tri para sitnih nogu kojima se kreće po površini lista (Bagi i Bodnar, 2012). Nakon izlaska iz jaja može prijeći malu udaljenost dok uspješno ne probije list kako bi dobila sok i započela ishranu. Na ovom mjestu ostaje sve dok se ne preobrazi u odraslog moljca. Prije prelaska u slijedeći stadij tijelo nabubri da postane zaobljenije (Martin, 1999). Na leđima se nalazi vaziformni otvor kroz koji izlučuje mednu rosu (Dhillon, 1999). Većinom se nalaze na srednjim i donjim etažama listova (Gotlin Čuljak i Juran, 2016).

Ličinke drugog i trećeg stadija nepokretne su, duge oko 0,3-0,4 mm i pričvršćene za list. Tijelo im je ovalno i gotovo prozirno, iako mogu biti vidljivi neki žuti unutarnji organi (slike 1C i 1D). Okruženo je kratkim rubom. Na tijelu su duže dlake (Martin, 1999).

Zadnji stadij u razvoju ličinke naziva se pretkukuljica ili pupa, puparij (Slika 1.). Nalaze se na naličju lista. Vrsta *T. vaporariorum* ima puparij dug oko 0,78-0,8 mm i širok oko 0,51 mm. Ovalnog ili eliptičnog je oblika, a kraj je zaobljen. Puparij je mliječne boje, prekriven bijelim voskom, a prisutne su i dlačice (Šimala et al., 2016). Na kraju ove faze prestaje se hraniti, nabubri, postaje gušća i tvori voštane tvorevine po tijelu. Ponekad pupa postane crna, što ukazuje na to da ga je napala parazitska osica *Encarsia formosa* Gahan 1924. Također može postati siva, smeđa ili žuta zbog napada drugih parazitskih osica (Martin, 1999).



Slika 1. Razvojni stadiji cvjetnog štitastog moljca: A – jaja potamnijela neposredno prije izlijezanja ličinki; B – pokretna ličinka 1. stadija ("puzavac"); C – ličinka 2. stadija; D – ličinka 3. stadija; E – prazan puparij iz kojega je izašla ličinka; F – odrasle jedinke; G – gljive čađavice narasle na biljci na mednoj rosi koju izlučuje cvjetni štitasti moljac

(Izvor: <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=9167>).

Figure 1. Life stages of the greenhouse whitefly: A – Eggs darken when they are close to hatching; B – mobile 1st instar nymph ("crawler"); C – 2nd instar nymph; D – 3rd instar nymph; E – empty pupal cases out of which the 4th instar nymph came out; F – adults; G – black sooty mold growing on the leaves on honeydew secreted by whiteflies

(Source: <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=9167>).

Odrasle jedinke se nazivaju bijeli leptirići, moljci ili bijele mušice, iako sistematski nisu niti leptiri niti mušice, već pripadaju u štitaste moljce (nadporodica Aleyrodoidea). Tijelo je svijetlo žute boje (slika 1F). Imaju dva para opnastih krila, a prednja krila su veća od stražnjih (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Kod tek razvijene odrasle jedinke krila su prozirna, ali s vremenom se prekrivaju bijelim voskom (Martin, 1999). Prilikom mirovanja imaju oblik trokuta (šire se od glave prema zatku) i položena su uz tijelo (Šimala et al., 2016). Na glavi imaju razvijen usni organ za bodenje i sisanje (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Razlikuju se mužjaci i ženke. Mužjaci su dugi oko 0,9 mm, a ženke oko 1,1 mm. Nakon što se razvije, odrasla jedinka može letjeti u roku od nekoliko sati. Leti u raznim smjerovima i započinje hranjenje bodenjem lišća i isisavanjem soka biljaka, što nastavlja do kraja života (Martin, 1999).

Životni ciklus i ekologija

Cvjetni štitasti moljac može prezimiti kao odrasla jedinka u zaštićenom prostoru na korovima ili kao jaje, rjeđe ličinka (Kereši et al., 2019). Tijekom svog životnog ciklusa prolazi kroz šest razvojnih stadija: jaje, 1. pokretni stadij ličinke, 2. i 3. stadij nepokretne ličinke, pupa i odrasla jedinka (Šimala et al., 2016). Metamorfoza koju prolazi moljac naziva se alometabolija (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Alometabolija je tipična za štitaste moljce. Samo prvi stadij ličinke je pokretan i ima razvijene noge, dok su kod ostalih stadija one zakržljale. Nimfa je također nepokretna i slična kukuljici holometabola.

Krila se pojavljuju tek kod odraslih. Alometabolija je jedan od tri oblika neometabolne preobrazbe tj. preobrazbe koja je nepotpuna, ali pokazuje prijelaz prema potpunoj preobrazbi (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).

Cjelokupni razvoj traje 20 do 30 dana. Brzina razvoja ovisi o temperaturi zraka i biljci domaćinu. U stadiju jaja provede osam dana. Prvi ličinački stadij traje dva dana, dok u drugom i trećem stadiju ličinke provedu oko sedam dana. Stadij pretkukuljice traje pet dana. Odrasla jedinka može živjeti 10 do 40 dana, a s odlaganjem jaja kreće već dva dana nakon izlaska iz pupe. Ženka za života može odložiti i do 200 jaja (Martin, 1999). Optimalna temperatura za razvoj je 21 °C. Idealan postotak relativne vlažnosti zraka je 75 % do 80 % (Kereši et al., 2019). Razvoj prestaje ispod 8 °C, a odlaganje jaja kada temperatura padne ispod 7 °C. Pri temperaturi od 35 °C ili višoj prestaje svaki oblik razvoja (Martin, 1999). Jaja su najotpornija na niske temperature. Mogu preživjeti do -3 °C dulje od 15 dana (Martin, 1999). Kako navodi Isart (1997) u svom istraživanju provedenom u Španjolskoj, cvjetni štitasti moljac imao je sedam do osam generacija na otvorenom, a osam do deset u zatvorenim prostorima. No, prema Maceljskom (2002) najčešće ima 10-12 generacija u zatvorenom prostoru, te su svi razvojni stadiji prisutni na biljci tijekom cijele vegetacije i generacije se preklapaju.

Biljke domaćini

Cvjetni štitasti moljac izraziti je polifag. Mound i Halsey (1978) navode da je ovaj štetnik zabilježen na biljkama iz 240 različitih redova koji su razvrstani u 82 porodice. No, autori ističu kako su biljke iz porodica Solanaceae i Cucurbitaceae najčešći domaćini stakleničkog moljca.

Kod nas je najznačajniji štetnik u zaštićenim prostorima, no u područjima s toplijom klimom česta je njegova pojava i na kulturama koje se uzgajaju na otvorenom (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). U svom radu Šimala et al. (2016) navode kako je najznačajniji štetnik rajčice u Hrvatskoj, neovisno o tome uzgaja li se rajčica u tlu ili u hidroponima. Prema Kereši et al. (2019), najveće štete pričinjava na rajčici, paprici, krastavcima, raznim vrstama graha, duhanu, tikvicama, te cvjetnim vrstama kao što su begonije, krizanteme, ruže. Slabi su letači pa lete samo na male udaljenosti sa starijih listova na mlađe listove biljaka domaćina na kojima se hrane i odlažu jaja. Nošeni zračnim strujama, pasivno mogu prevaliti i nekoliko kilometara. Osim aktivnog širenja, svi razvojni stadiji mogu se prenijeti i presadnicama rajčice (Maceljski, 2002).

Izravne štete

Izravne štete na rajčici, ali i na drugim kulturama koje napada cvjetni štitasti moljac, posljedica su ishrane odnosno sisanja biljnih sokova (Maceljski, 2002). Odrasli i ličinke štete čine prvenstveno na listu odnosno njegovu naličju (Slika 2.). Imaju razvijen usni organ za bodenje i sisanje (Kereši et al., 2019). Ishranu započinje pokretna ličinka prvog stadija koja probada list i siše biljne sokove iz floema.

Ostali razvojni stadiji nastavljaju s ishranom na naličju lista, što uzrokuje odumiranje lisnog tkiva. Tijekom sisanja iz biljke uzimaju prenosive ugljikohidrate, dušik i druge nutrijente. Time direktno utječu na smanjenje produktivnosti biljke tj. dolazi do narušavanja fizioloških sposobnosti: smanjuje se intenzitet fotosinteze i ishrana biljke, te je oslabljen vegetacijski porast (Roermund, 1995).

Oštećenja koja nastaju kao rezultat ishrane cvjetnog štitastog moljca okarakterizirana su dvojako. Mogu biti nesistemična i sistemična izravna oštećenja. Nesistemična izravna oštećenja praćena su simptomima poput klorotične pjegavosti, žućenja, gubitka turgora i preranog odbacivanja jače napadnutih listova. Sistemična izravna oštećenja definirana su kao nepatogeni fiziološki poremećaji nastali kao posljedica ishrane i djelovanja toksičnih enzima injektiranih u biljku od strane ličinke. Djelovanje enzima očituje se na plodu rajčice koji nejednako dozrijeva. Posljedice takvog stanja biljke jest smanjen prinos i lošija kvaliteta ploda (Šimala et al., 2016).



Slika 2. Cvjetni štitasti moljci na naličju lista dinje

(Izvor: <https://www.growingproduce.com/vegetables/field-scouting-guide-whitefly/>).

Figure 2. Greenhouse whiteflies on the underside of a melon leaf

(Source: <https://www.growingproduce.com/vegetables/field-scouting-guide-whitefly/>).

Kod nas u zatvorenim prostorima zabilježen je pad prinosa rajčice za 40 % uslijed napada cvjetnog štitastog moljca (Sekulić et al., 2008). Gamarra et al. (2016) navode kako je na grahu zabilježen pad prinosa za 50 %. No, staklenički štitasti moljac postao je značajan štetnik i na drugim biljkama iz porodice Solanaceae, čak njih 18, neovisno uzgajaju li se u polju ili u zatvorenom prostoru (Mound i Halsey, 1978). U svom istraživanju Johnson et al. (1992) nastojali su utvrditi postotak izravne štete koja nastaje prilikom ishrane štitastih moljaca na rajčici. Istraživanje je provedeno na manjim površinama, a rajčica se uzgajala na otvorenom. Zabilježen je pad prinosa od 5 %. Populacija odraslih jedinki nije prelazila 70 jedinki po biljci dnevno. Iz toga se može zaključiti da postoji ovisnost između brojnosti populacije i razine šteta, odnosno pada prinosa. Osim brojnosti populacije, važni čimbenici koji utječu na jačinu štete jesu vrsta biljke, razvojni stadij biljke te općenito zdravstveno stanje biljke. U prilog tome ide istraživanje koje su Nasruddin i Mound (2016) proveli u Indoneziji na tek izniklom krumpiru. Zabilježen je značajno slabiji porast biljaka, dok je prinos bio niži za 39 % od očekivanog.

Neizravne štete

Neizravne štete često su značajnije u odnosu na izravne štete uzrokovane štitastim moljcima. Neizravna šteta karakteristična za cvjetnog štitastog moljca je lučenje medne rose kojom uslijed jačeg napada mogu biti prekriveni svi biljni organi (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Medna rosa je produkt metabolizma štitastih moljaca koji nastaje prilikom ishrane i supstrat je pogodan za razvoj gljiva čađavica. Naseljavanjem gljiva čađavica smanjuje se asimilacijska i fotosintetska aktivnost i sposobnost lista, a plodovi prekriveni gljivama čađavicama gube tržišnu vrijednost (slika 1G) (Kereši et al., 2019).

Još jedna neizravna šteta uzrokovana cvjetnim štitastim moljcem jest prijenos biljnih virusa. Moljac je vektor za Tomato chlorosis virus (ToCV) i Tomato infectious chlorosis virus (TICV). Simptomi zaraze biljaka rajčice virusima ToCV i TICV su žućenje listova između žila smještenih na donjim i srednjim etažama te smanjena veličina plodova koji ne uspijevaju dozrijeti (Šimala et al., 2016).

Osim prethodno navedenih, cvjetni štitasti moljac prijenosnik je i Beet pseudo yellows virus (BPYV), Strawberry psallidosis associated virus (SPaV), Potato yellow vein virus (PYVV) (Wintermantel, 2004). Gamarra et al. (2016) u svom radu iznijeli su podatke o ekonomskim štetama koje nastaju na usjevima zaraženim nekim od navedenih virusa. Tako na primjer TICV u Kaliforniji na godišnjoj razini može prouzrokovati gubitke od 2 milijuna američkih dolara zbog pada prinosa rajčice. Autori su se također osvrnuli i na gubitke prinosa koji nastaju uslijed zaraze virusima. ToCV značajne štete pravi na jugu Francuske, te ukoliko zaraza nastupi, sniženje prinosa može varirati od 7 % do 30 %. BPYV uzrokuje velike štete na salati uzgajanoj u zaštićenim prostorima. Jagode zaražene jagodičnim palidozama imale su manji rast korijena za 15 % do 20 % (Gamarra et al., 2016).

Suzbijanje

Suzbijanje cvjetnog štitastog moljca složen je proces koji zahtjeva stručnost osobe koja ga provodi te kombinaciju različitih mjera suzbijanja. Suzbijanje se provodi kombinacijom agrotehničkih, mehaničkih, fizikalnih, bioloških i kemijskih mjera (Šimala et al., 2016). No, valja napomenuti da uspješnost suzbijanja varira i da često nije zadovoljavajuća. Razlog tomu su specifične biološke karakteristike ovog štetnika. Osobine štetnika koje otežavaju njegovo suzbijanje su veliki broj generacija koje se međusobno preklapaju, brz završetak razvoja pri optimalnim uvjetima, različita osjetljivost različitih razvojnih stadija na insekticide, razvoj rezistentnosti i širok spektar biljaka domaćina (Zabel et al., 2001).

Problem rezistentnosti

Rezistentnost je otpornost jedinki u populaciji štetnika da prežive izloženost uobičajeno letalnim dozama pesticida, odnosno insekticida. Nastaje kao rezultat velikog broja uzastopnih tretiranja

insekticidima na bazi iste djelatne tvari ili skupine tvari (Rozman, 2011). Prema Bažok i Lemić (2017), gubitak učinkovitosti određenog insekticida tijekom određenog razdoblja primjene očituje se kao nastanak rezistentnosti i kao takva ona se naziva stečena rezistentnost. Pojava rezistentnosti jedinke genetski je uvjetovana genima za rezistentnost koji nastaju kao posljedica genetskih mutacija uzrokovanih učestalom primjenom pesticida. Rezistentne jedinke ne razlikuju se niti morfološki, niti u životnim navikama od normalno osjetljivih jedinki u populaciji (Rozman, 2011). Bažok i Lemić (2017) navode kako unutar svake populacije štetnika postoji mali udio otpornih jedinki, odnosno jedinki koje imaju prirođenu otpornost. Dakle uzastopnom primjenom istog insekticida ili insekticida iz različitih kemijskih skupina, no s istim mehanizmom djelovanja, vrši se selekcija između osjetljivih i otpornih jedinki što nadalje dovodi do razvoja generacija koje čine rezistentne jedinke, te jedinke koje su slučajno preživjele tretiranje (Bažok i Lemić, 2017).

Prema Pym et al. (2019), polifagni štetnici, kao što je i cvjetni štitasti moljac, pokazuju izvanrednu sposobnost evolucije otpornosti na alelokemikalije koje proizvode biljke domaćini moljca, te na sintetičke insekticide koji se koriste za suzbijanje. Nadalje, autori navode kako upravo izražena mogućnost evolucije otpornosti, odnosno razvoj različitih mehanizama koji uvjetuju otpornost, uvelike doprinosi proširenju spektra domaćina i mogućnosti razvoja otpornosti prema insekticidima iz različitih kemijskih skupina i s različitim mehanizmom djelovanja.

Najčešće uporabljivani insekticidi za suzbijanje cvjetnog štitastog moljca pripadaju regulatorima rasta i razvoja kukaca, neonikotinoidima, piretroidima i organofosfornim insekticidima (Karatolos, 2011). Prva zabilježena pojava rezistentnosti ovog štetnika datira iz sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a odnosila se na sredstva iz skupine organofosfornih insekticida i piretroida. Sredinom 1980.-ih, otpornost na navedena sredstva zabilježena je diljem UK. Tijekom 2000.-ih, otpornost na imidakloprid registrirana je u UK, SAD-u i Nizozemskoj, s naglaskom na mogućnost povećanja broja slučajeva zbog intenzivne uporabe neonikotinoida u suzbijanju štitastog moljca (Karatolos, 2011). Prema Karatolosu (2011) u sjevernoj Europi i području Mediterana cvjetni štitasti moljac razvio je otpornost prema regulatorima rasta i razvoja, točnije prema buprofrezinu i teflubenzuronu. Grčki znanstvenici Pappas et al. (2013) proveli su studiju kojom je potvrđena rezistentnost cvjetnog štitastog moljca u njihovoj zemlji na neonikotinoide - imidakloprid i tiakloprid. Prema podacima Arthropod Pesticide Resistance Database, do danas je u svijetu zabilježena rezistentnost cvjetnog štitastog moljca na 28 djelatnih tvari insekticida (APRD, 2021). Prema Lemić et al. (2017) kod cvjetnog štitastog moljca u svijetu zabilježena je rezistentnost na sve insekticide koji se koriste i u Republici Hrvatskoj. Stoga i kod nas postoji opravdana zabrinutost za skori razvoj rezistentnosti. Martin (2005), kao i ostali navedeni znanstvenici koji se bave problemom pojave rezistentnosti kod cvjetnog štitastog moljca, upućuje i navodi na pridržavanje mjera koje za cilj imaju usporiti ili spriječiti razvoj rezistentnosti. Prema Rozman (2011), mjere kojima se sprječava ili usporava nastanak rezistentnosti su: izbjegavati svaku pretjeranu uporabu kemijskih sredstava; kemijska sredstva koristiti samo kada je neophodno;

često mijenjati kemijsku skupinu upotrebljavanih sredstava; primjenjivati kombinirana sredstva koja sadrže dvije ili više aktivnih tvari; ne prekoračivati doze; koristiti sredstva koja ne štete prirodnim neprijateljima; provoditi zaštitu sukladno integriranim mjerama zaštite.

Biološke mjere

Posljednjih godina sve je veći naglasak na pronalasku bioloških načina suzbijanja cvjetnog štitastog moljca koji će biti dostatna alternativa kemijskim insekticidima. Razlog tomu je porast utvrđenih slučajeva rezistentnosti moljca na različite djelatne tvari, smanjenje broja dozvoljenih djelatnih tvari i registriranih sredstava, rezidue na plodovima (Zabel et al., 2001). U biološkom suzbijanju koriste se prirodni neprijatelji (predatori, paraziti i parazitoidi kao makrobiološki agensi), drugi patogeni organizmi (bakterije i virusi kao mikrobiološki agensi), botanički (biljni) insekticidi i naturaliti (derivati nekih organizama) (Juran et al., 2020). Roermund (1995) u svom istraživanju utvrdio je da su na područjima gdje se insekticidi nisu primjenjivali (polja rajčice u Kaliforniji i polja pamuka u Južnom Sudanu) populacije prirodnih neprijatelja bile visoke, a populacija moljca na vrlo niskoj razini. No, nakon što su se insekticidi počeli primjenjivati, prirodni neprijatelji su nestali te je cvjetni štitasti moljac dobio status štetnika. Nadalje, isti autor navodi kako loša poljoprivredna praksa, odnosno kratak ili nepostojeći plodored, te istodobni ili preklapajući uzgoj kultura osjetljivih na moljca, dovodi do prenamnažanja i onemogućuje suzbijanje prirodnim neprijateljima. Najznačajniji prirodni neprijatelji cvjetnog štitastog moljca su parazitoidne osice *Encarsia formosa* i *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich, 1997. Osim navedenih parazitoida, primjenjuju se i predatorska stjenica *Macrolophus pygmaeus* (Rambur, 1839) te predatorska grinja *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot, 1962) (Šimala et al., 2016). Pored prirodnih neprijatelja, važan dio biološkog suzbijanja su i botanički insekticidi, tvari insekticidnog djelovanja koje su prirodno prisutne u biljkama i služe im za obranu od štetnika. Postoje brojni insekticidi biljnog porijekla, a neki od njih mogu se koristiti i u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca.

Encarsia formosa

Vrsta *E. formosa* jedna je od najpoznatijih parazitoidnih osica iz porodice Aphelinidae, reda Hymenoptera. Kao agens za biološko suzbijanje štitastih moljaca u uporabi je od 1920. godine. No, od 1945. oslabio je interes za korištenje osice zbog pojave i razvoja sintetskih insekticida. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća ponovno je porasla potražnja za ovom osicom te se koristila na 100 ha. Do polovine 1990.-ih u Europi se korištenje proširilo na 5000 ha. *E. formosa* prikladna je za korištenje na svim kulturama koje napada cvjetni štitasti moljac (Hoddle et al., 1998). Nizozemska tvrtka Koppert Biological Systems navodi kako u jednom tjednu proizvedu 20 milijuna jedinki, te da u zemljama s razvijenom poljoprivrednom proizvodnjom, primjerice u Novom Zelandu, *E. formosa* predstavlja primarnu biološku zaštitu koja se koristi u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca (Koppert Biological Systems, 2021a).

U populaciji ovih osica vlada spolni dimorfizam. Ženke su brojnije i učestalije, crne su boje sa žutim zatkom i dužine oko 0,6 mm (Slika 3.). Mužjaci su malobrojni i crne su boje (Šimala et al., 2016).



Slika 3. Ženka parazitoidne osice *Encarsia formosa* (Izvor: Cappaert, 2015).

Figure 3. Female parasitoid wasp *Encarsia formosa* (Source: Cappaert, 2015).

Odrasle osice najčešće parazitiraju na ličinkama 1. i 2. razvojnog stadija cvjetnog štitastog moljca hraneći se njihovim tjelesnim sadržajem. Hrane se još i mednom rosom. Jaja odlažu u ličinke 3. razvojnog stadija ili u kukuljicu koja je na početku razvoja (Roermund, 1995). Parazitirana kukuljica je crne boje (Slika 4.) zbog toga što se ličinka osice kukulji unutar kukuljice štitastog moljca (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Proces kukuljenja traje 10 dana (Šimala et al., 2016). Učinkovitost osice je nešto lošija na krastavcima i izraženije dlakavim sortama rajčice, jer zbog dlačica osica teže pronalazi moljca. Tijekom života može parazitirati oko 450 ličinki, no najčešće parazitira oko 250 ličinki. Neke ličinke ugibaju od samog uboda bez da su parazitirane (oko 30 za života osice), odnosno bez da je u njih odloženo jaje (Maceljski, 2002).



Slika 4. Parazitirana ličinka (kukuljica) cvjetnog štitastog moljca (crne boje) (Izvor: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/T/I-HO-TVAP-EF.011.html>).

Figure 4. Parasitized larva (pupa) of the greenhouse whitefly (black colored) (Source: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/T/I-HO-TVAP-EF.011.html>).

Optimalna temperatura za razvoj osice i ishranu kreće se od 21 °C do 26 °C. Pri temperaturi od 25 °C osica svoj razvoj završava za 17 dana, dok pri istoj temperaturi moljac svoj razvoj završava za 25 dana (Maceljski, 2002). Ako temperatura padne ispod 18 °C, prestaje let osica, a na temperaturama iznad 30 °C

osica može uginuti (Roermund, 1995). Maceljski (2002) navodi kako je za učinkovitost osice izuzetno važan omjer brojnosti osice naprema brojnosti moljca. Dakle, učinkovitost osice veća je pri niskoj populaciji moljca, stoga je osicu potrebno primijeniti na početku zaraze. Osim toga, autor navodi da je prije unošenja osice u zaštićeni prostor potrebno provesti kemijsko suzbijanje štitastog moljca selektivnim insekticidom kako bi se osigurala niska populacija. Važno je napomenuti da jednokratno unošenje osice u zaštićeni prostor nije dostatno i da postupak treba ponoviti nekoliko puta (Maceljski, 2002). Zadovoljavajući učinak osice je kada parazitacija dosegne 80 % (Šimala et al., 2016). Parazitoidne osice komercijalno proizvodi tvrtka Koppert Biological Systems pod nazivom "En-Strip" (Koppert Biological Systems, 2021a). U pakiranju se nalazi 10 ili 30 kartonskih traka s pet kartica u svakoj, na kojima su zalijepljene osice u obliku crne pupe. Osice je potrebno čuvati na hladnom kako bi razvoj stagnirao do dospijanja u zaštićeni prostor. Nakon što se populacija osice uspostavi, mogu biti potrebna samo povremena naknadna ispuštanja. *E. formosa* stoga se primjenjuje na biljnim vrstama koje imaju vegetaciju dužu od četiri mjeseca (rajčica, paprika, krastavac) (Roermund, 1995).

U poljoprivrednoj praksi, *E. formosa* može se kombinirati s vrstom *Eretmocerus eremicus*. Duljina tijela ove osice je oko 1 mm, a boja tijela ženke je limunsko žuta, dok je mužjak nešto tamniji. Vrsta *E. eremicus* može parazitirati sve razvojne stadije cvjetnog štitastog moljca, no ovipoziciju najradije obavlja u ličinke moljca koje su u 2. ili 3. razvojnom stadiju. Za razliku od *E. formosa*, ova vrsta osice jaja odlaže ispod ličinke, a ne unutar nje. Nakon pet dana iz jajeta izlazi ličinka koja se ubušuje u tijelo ličinke štitastog moljca i nastavlja svoj razvoj. Parazitirana ličinka moljca prvo postaje prljavo bijela. Nakon 14 dana osica završava svoj razvoj, parazitirana ličinka nabubri i poprima zlatnu boju te iz nje izlazi odrasla osica (Cloyd, 2012-13). Ova osica se također komercijalno proizvodi od strane tvrtke Koppert pod nazivom "Ercal" (Koppert Biological Systems, 2021b). U pakiranju se nalazi 10 ili 50 kartonskih traka s pet kartica u svakoj, na kojima su zalijepljene osice u obliku crne pupe.

Botanički insekticidi

Botanički insekticidi su sredstva namijenjena zaštiti bilja, a koriste se od davnina. Insekticidno djelovanje temelji se na djelatnim tvarima koje se dobivaju ekstrakcijom iz različitih biljnih dijelova (Rasooli, 2011). Sa znanstvenog stajališta, biljke predstavljaju ogroman rezervoar supstanci s insekticidnim, akaricidnim, nematocidnim, bakteriocidnim, herbicidnim, virucidnim i rodenticidnim djelovanjem (Korunić i Rozman, 2012).

Otkrićem organofosfornih insekticida i kloriranih ugljikovodika 1930.-ih, uporaba botaničkih insekticida značajno se smanjila. Primjerice, 1947. godine SAD su iz jugoistočne Azije godišnje uvezle preko 6700 tona korijena biljke *Derris elliptica*. U šezdesetim godinama prošlog stoljeća uvoz korijena navedene biljke drastično je smanjen, te je iznosio tek 1500 tona. U 1990. godini uvoz piretrina u SAD iznosio je 350 tona (Isman, 1997). Isman (1997) navodi da prema procjeni, botanički insekticidi pokrivaju tek 1 % od ukupnog svjetskog tržišta insekticida, ali vjeruje kako će uporaba

botaničkih insekticida kroz nekoliko godina rasti zbog potrebe za sigurnijim načinima zaštite, te dosegnuti udio od 10 % do 15 %. U nastavku rada opisani su neki od najvažnijih i najzastupljenijih botaničkih insekticida.

Piretrini

Piretrini su potentni insekticidni spojevi u izrazito širokoj upotrebi, i profesionalnoj i u kućanstvima. To su prirodne insekticidne tvari sadržane u piretrumu, ekstraktu cvjetova biljaka *Chrysanthemum cinerariaefolium* (dalmatinski buhač, Slika 5.) i *Chrysanthemum coccineum* (obojena tratinčica). Piretrini obuhvaćaju šest spojeva: piretrin I, piretrin II, cinerin I, cinerin II, jasmolin I i jasmolin II (Macan et al., 2006). Prema Korunić i Rozman (2012), piretrin je jedini biljni insekticid koji se koristi u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.

Ciljno djelovanje piretrina je živčani sustav gdje pobuđuju natrijeve kanale neurona te uzrokuju njihovu povećanu podražljivost što dovodi do paralize kukca. Djeluju jako brzo. Paraliza može biti samo privremena jer niske koncentracije piretrina u tijelu kukci mogu razgraditi. Kako bi se izbjegla razgradnja, odnosno poboljšalo djelovanje piretrina, on često dolazi u kombinaciji s tzv. sinergistima. Najčešće korišteni sinergist je PBO (piperonil butoksid) (Macan et al., 2006).

U Republici Hrvatskoj prema FIS-u (2021), na bazi piretrina registrirana su sredstva namijenjena suzbijanju zelene breskvine uši na breskvi, nektarini, marelici, šljivi, trešnji; američkog cvrčka na vinovoj lozi; cvjetnog i duhanovog štitastog moljca na lubenici, tikvi, dinji, rajčici, patlidžanu, paprici, krastavcima, salati, špinatu i matovilcu.



Slika 5. Dalmatinski buhač (Izvor: <https://www.agroklub.com/korisnici/zeljko-tomas-13693/zid/7409/>).
Figure 5. *Pyrethrum* (Source: <https://www.agroklub.com/korisnici/zeljko-tomas-13693/zid/7409/>).

Neem

Proizvodi na bazi neema potječu od biljke *Azadirachta indica* (indijski jorgovan ili neem, Slika 6.). Prirodno stanište biljke su tropske i suptropske regije na nekoliko kontinenata. Na tržištu neem dolazi u dva oblika: kao prah koji se radi od listova biljke, te kao ulje koje se dobiva od plodova neema, odnosno sjemena u kome je sadržana najveća koncentracija pesticidnih tvari. Glavna djelatna tvar

neema je azadiraktin, složena kemikalija sačinjena od preko 25 različitih, ali usko povezanih spojeva koji djeluje kao repelentno sredstvo jer odbijaju kukce od ishrane, a djeluje i kao regulator rasta (Gahukar, 1995). Svojstva azadiraktina koja djeluju kao regulatori rasta utječu na hormon edikson, odnosno snižavaju njegovu razinu u tijelu kukca što onemogućava završetak razvoja kukca. Posebno je djelotvoran na ličinačke stadije jer nezrele ličinke uslijed niske razine hormona ediksona ne mogu završiti razvoj i ugibaju. Smrtnost odraslih uzrokovana djelovanjem azadiraktina je niska, no češće su deformacije u vidu nerazvijenih krila i slično. Osim toga, azadiraktin ometa spolnu komunikaciju i parenje. Spoj azadiraktin je djelotvoran na oko 200 vrsta kukaca, grinja i nematoda. Upotrebljava se za zaštitu biljaka u vegetaciji i suzbija populacije cvjetnog štitastog moljca, tripsa, gusjenica leptira te brojnih drugih štetnih kukaca. Aktivna tvar azadiraktin razgrađuje se u vodi ili na svjetlu oko 100 sati. Dosta je nepokretan u tlu (Gahukar, 1995). Niti jedno sredstvo na bazi djelatne tvari azadiraktina nema dozvolu za suzbijanje štetnika u Hrvatskoj u 2021. godini (FIS, 2021).



Slika 6. Drvo indijskog jorgovana (neem-a)

(Izvor: <https://www.indiamart.com/proddetail/neem-tree-23475634588.html>)

Figure 6. Tree of Indian lilac (Neem tree)

(Source: <https://www.indiamart.com/proddetail/neem-tree-23475634588.html>)

Limunska ili citrus ulja – limonen i linalool

Sirova limunska ulja i rafinirani spojevi d-limonen i linalool ekstrahiraju se iz kora naranče i drugih agruma. Limonen, terpen, čini oko 90 % sirovog limunskog ulja i pročišćava se iz ulja destilacijom vodenom parom. Linalool, terpenski alkohol, nalazi se u malim količinama u kori agruma i u preko 200 drugih biljaka, cvijeća, voća. Limonen i linalool kontaktni su otrovi koji pojačavaju aktivnost osjetnih živaca u kukaca, uzrokujući masovnu pretjeranu stimulaciju motoričkih živaca što dovodi do konvulzija i paralize. Neki se kukci, poput odraslih buha, mogu oporaviti od početne paralize ukoliko limonen ne sinergira piperonil butoksid (PBO) ili ako se ne formulira s natrijevim boratom (Bickers et al., 2003). Niti jedno sredstvo na bazi djelatne tvari limonen ili linalool nema dozvolu za suzbijanje štetnika u Hrvatskoj u 2021. godini (FIS, 2021).

Sabadilla

Sabadilla je dobivena iz zrelog sjemena vrste *Schoenocaulon officinale*, tropske biljke ljiljana koja raste u Srednjoj i Južnoj Americi. Kada se sjeme sabadille odleži, zagrije ili obradi alkalijom, formira se ili aktivira nekoliko insekticidnih alkaloida. Alkaloidi u sabadilli poznati su zajedno kao veratrin ili kao veratrinski alkaloidi. Oni čine 3 % do 6 % ostarjelih, zrelih sjemenki sabadille. Od ovih alkaloida, cevadin i veratridin su insekticidno najaktivniji. U kukcima, otrovni alkaloidi sabadille utječu na djelovanje membrane živčanih stanica, uzrokujući gubitak djelovanja membrane živčanih stanica i gubitak živčane funkcije, paralizu i smrt. Sabadilla ubija neke vrste kukaca odmah, dok drugi mogu preživjeti u stanju paralize nekoliko dana prije nego što uginu. Sabadilla se učinkovito sinergizira pomoću PBO ili N-oktil biciklohepten dikarboksimid (MGK 264) (Duke, 1990). Niti jedno sredstvo na bazi djelatne tvari veratridin ili cevadin nema dozvolu za suzbijanje štetnika u Hrvatskoj u 2021. godini (FIS, 2021).

Rotenon

Trenutno je glavni komercijalni izvor rotenona peruanska biljka *Lonchocarpus* sp., koji se često naziva korijenom kocke. Rotenon se ekstrahira iz korijena kocke u acetonu ili eteru. Ekstrakcijom nastaju 2 % do 40 % rotenonske smole koja sadrži nekoliko srodnih, ali manje insekticidnih spojeva poznatih kao rotenoidi. Smola se koristi za stvaranje tekućih koncentrata ili za impregniranje inertne prašine. Većina rotenonskih proizvoda izrađena je od složene smole, a ne od pročišćenog samog rotenona. Rotenon je snažni inhibitor staničnog disanja, procesa koji pretvara hranjive spojeve u energiju na staničnoj razini. Kod kukaca rotenon ima toksične učinke prvenstveno na živčane i mišićne stanice, što uzrokuje brzi prestanak hranjenja. Smrt se događa nekoliko sati do nekoliko dana nakon izlaganja. Rotenon je izuzetno toksičan za ribu, a često se koristi kao riblji otrov u programima upravljanja vodama. Učinkovito ga sinergiraju PBO ili MGK 264 (Duke, 1990). Rotenon je jedan od najotrovnijih biljaka. Usporedbe radi, čisti, neformulirani rotenon je toksičniji od čistog karbarila (Sevin®) ili malationa, dva često korištena sintetska insekticida. U obliku prašiva od 1 %, rotenon predstavlja otprilike istu akutnu opasnost kao i obično dostupna 5 % prašina od Sevina (Bickers et al., 2003). Niti jedno sredstvo na bazi djelatne tvari rotenon nema dozvolu za suzbijanje štetnika u Hrvatskoj u 2021. godini (FIS, 2021).

Ryania

Ryania potječe od južnoameričke biljke *Ryania speciosa*. U stabljici i korijenu biljke sadržana je najveća količina aktivnih spojeva. Najznačajnija djelatna tvar koja potječe od ryanie je alkaloid rianoid, koji čini oko 0,2 % mase suhe stabljike ryanie. Ryania je sporo djelujući želučani otrov. Iako ne uzrokuje brzu paralizu ("knock-down" efekt), uzrokuje da se kukci prestanu hraniti ubrzo nakon što su je unijeli u probavni sustav. U usporedbi s brojnim biljnim insekticidima, ryania ima dulje

rezidualno djelovanje na kukce (Duke, 1990). Niti jedno sredstvo na bazi djelatne tvari rianoid nema dozvolu za suzbijanje štetnika u Hrvatskoj u 2021. godini (FIS, 2021).

Prema Korunić i Rozman (2012), prednosti botaničkih insekticida su mnogobrojne:

Brza razgradnja. Botanički insekticidi se razgrađuju vrlo brzo pod utjecajem sunčevog svjetla, vlage i djelovanjem oborina (kiša). Manje su postojani pa zbog toga imaju manji negativni utjecaj na korisne i ne ciljane organizme.

Brzo djelovanje. Botanički insekticidi u pravilu ubijaju kukce vrlo brzo ili sprječavaju njihovu prehranu neposredno nakon primjene insekticida.

Niska toksičnost za toplokrvne organizme. Većina botaničkih insekticida ima nisku toksičnost kad se unose u organizam putem usta (oralna toksičnost) i općenito nisu ili su vrlo malo toksični za toplokrvne organizme i pčele.

Selektivnost. Zbog svoje relativno kratkotrajne djelotvornosti, većina botaničkih insekticida je znatno manje štetna za korisne organizme u usporedbi s brojnim sintetskim insekticidima.

Minimalni utjecaj na biljke. Brojni botanički insekticidi nisu štetni za biljke (nisu ili su malo fitotoksični) kad se primjenjuju sukladno uputama.

Međutim, postoje i određeni nedostaci u korištenju botaničkih insekticida, a to su:

Brza razgradnja. Brza razgradnja botaničkih insekticida, premda povoljna sa stajališta zaštite okoliša i ljudskog zdravlja, često zahtijeva njihovu češću primjenu.

Toksičnost. Premda se smatra da su u pravilu znatno manje toksični u usporedbi s sintetskim insekticidima, pojedini botanički insekticidi kao nikotin i rotenon su otrovniji na čovjeka i ribe u usporedbi s nekim sintetskim insekticidima.

Cijena i dostupnost. Botanički insekticidi su u pravilu skuplji od sintetskih insekticida. Brojni nisu komercijalno dostupni zbog mnogih razloga, uključujući i standardizaciju proizvodnje.

Nedostatak podataka o dugotrajnoj djelotvornosti. Nema podataka o dugotrajnoj djelotvornosti botaničkih insekticida (Korunić i Rozman, 2012).

Rasooli (2011) u svojoj knjizi spominje dva botanička insekticida registrirana u Španjolskoj za suzbijanje *T. vaporariorum*: PROGRANIC CinnAcar na bazi ekstrakta cimeta, te BIODIE koji je kombinacija djelatnih tvari agremonin, berberin ricin i tertienil. Oba proizvoda imaju insekticidno i akaricidno djelovanje. Diljem svijeta provode se istraživanja koja za cilj imaju pronaći nove učinkovite botaničke insekticide. Iranski znanstvenici Dehghani i Ahmadi (2013) proveli su

istraživanje kojim su utvrđivali djelotvornost esencijalnih ulja i vodenih ekstrakata izoliranih iz pet aromatičnih biljaka. Istraživali su imaju li te djelatne tvari odbijajuće (repelentno) i anti-ovipozicijsko djelovanje na cvjetnog štitastog moljca. Istraživanje je provedeno na biljkama krastavaca. Biljke su tretirane esencijalnim uljima ili vodenim ekstraktima (40 µL/ml), a kontrolne biljke prskane destiliranom vodom. Otprilike 250 odraslih štitastih moljaca pušteno je u kavez. Kako bi se procijenio učinak repelenta i anti-ovipozicije, tri i šest dana nakon zaraze zabilježen je broj jajašaca i odraslih po listu. Najveći anti-ovipozicijski učinak u tri dana nakon zaraze dogodio se s esencijalnim uljem *Achillea millefolium* L. Najveći učinak odbijanja pojavio se tri, odnosno šest dana nakon zaraze vodenim ekstraktima *Cuminum cyminum* L. i *Thymus vulgaris* L. Esencijalno ulje i vodeni ekstrakt kore od narančinog voća (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) imali su najmanje repelentne i anti-ovipozicijske učinke. Ovi rezultati ukazuju na potencijalnu uporabu esencijalnih ulja i vodenih biljnih ekstrakata u suzbijanju cvjetnog štitastog moljca (Dehghani i Ahmadi, 2013).

Rasprava i Zaključak

Cvjetni štitasti moljac je štetnik koji je kroz posljednjih nekoliko desetljeća postao jedan od najvažnijih štetnika kultura u zaštićenim prostorima, a u toplijim krajevima i kultura koje se uzgajaju na otvorenom. Učestala pojava i veliki broj generacija tijekom vegetacije, ekonomski značajne štete, veliki broj biljaka domaćina i sve izraženija pojava otpornosti na insekticide razlozi su zbog kojih je suzbijanje ovog štetnika neophodno tijekom trajanja vegetacijske sezone povrća u zatvorenim prostorima, te ukrasnog bilja na kojem također pričinjava značajne štete (Mound i Halsey, 1978). Prije svega potrebno je utvrditi prisutnost moljca metodama prethodno opisanim u radu. Praćenje pojave štetnika jako je bitan dio u procesu suzbijanja jer omogućuje uvid u stanje populacije i daje priliku za pravovremeni početak suzbijanja. Sa suzbijanjem je potrebno početi već pri ulovu jedne odrasle jedinke na 100 biljaka (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Iako primjena insekticida u većini slučajeva predstavlja glavnu mjeru koja se koristi tijekom suzbijanja štetnika, unazad nekoliko godina učinkovitost im opada. Razlog tomu je sve manji izbor insekticida, ali i sve veći zabilježeni broj pojave otpornosti štetnika na djelatne tvari insekticida. Pojava rezistentnosti štetnika, u ovom slučaju cvjetnog štitastog moljca, na insekticide u poljoprivrednoj proizvodnji jedan je od najznačajnijih problema, jer broj zabilježenih slučajeva ide uzlaznom putanjom i zabilježena je za većinu djelatnih tvari koje su danas u upotrebi (Lemić et al., 2017). Rezistentnost cvjetnog štitastog moljca predstavlja globalni problem jer je utvrđena u svim regijama svijeta, neovisno o klimatskim prilikama. Razvoju rezistentnosti pogoduje niz čimbenika. Prije svega nepravilna i prekomjerna uporaba insekticida, loša poljoprivredna praksa (Roermund, 1995). Stoga je za zadovoljavajuće rezultate u praksi potrebno primjenjivati kombinaciju agrotehničkih, fizikalnih, kemijskih i bioloških mjera kako bi se spriječilo povećanje populacije i daljnje širenje štetnika, te razvoj rezistentnosti (Šimala et al., 2016). Biološke mjere suzbijanja odnosno uporaba prirodnih neprijatelja cvjetnog štitastog moljca i botaničkih

insekticida trebale bi biti neizostavan dio kompleksa mjera u suzbijanju ovog štetnika. Pri niskim populacijama moljca potvrđena je izrazita učinkovitost prirodnih neprijatelja protiv štetnika. Prednost bioloških mjera je što su ekološki prihvatljive, nije zabilježena nikakva otpornost štetnika prema prirodnim neprijateljima, a uporaba klasičnih sintetskih insekticida se tada smanjuje (Zabel et al., 2001). Time se umanjuje i usporava mogućnost razvoja rezistentnosti, a povećavaju izgledi učinkovitosti insekticida u situacijama kada je njihova primjena neophodna.

Botanički insekticidi zapostavljena su mjera suzbijanja, posebice u slabije razvijenim zemljama, unatoč njihovom velikom potencijalu. Sam potencijal odnosno sve mogućnosti uporabe, djelovanja i dobivanja botaničkih insekticida još nisu do kraja istraženi pa svakako ima mjesta za napredak. Visoka cijena koštanja proizvodnje botaničkog insekticida jedan je od glavnih razloga njihove male zastupljenosti na tržištu insekticida. Uz to, česta potreba za višekratnom primjenom, niža učinkovitost, slabija dostupnost u odnosu na kemijske insekticide čini sintetske insekticide privlačnijima i zastupljenijima na tržištu. No sve zvučniji problem rezistentnosti, ali i ekološki negativno djelovanje kemijskih insekticida potiče veću zainteresiranost za nove mjere zaštite, a jedna od njih su svakako botanički insekticidi (Korunić i Rozman, 2012).

Svaka od navedenih mjera suzbijanja ima svoje prednosti i nedostatke. Stoga suzbijanje cvjetnog štitastog moljca treba provoditi planski i promišljeno, koristeći kompleks mjera koje se međusobno nadopunjuju, a to se postiže integriranom zaštitom bilja. Važno je znati da doza čini otrov, neovisno o kojoj vrsti i skupini insekticida se radi. Botaničke i kemijske insekticide treba koristiti racionalno i odgovorno, a prije njihove primjene pažnju treba dati preventivnim mjerama koje mogu biti učinkovite ako se pravilno i pravovremeno primjenjuju (Šimala et al., 2016).

Literatura

APRD (2020). Arthropod Pesticide Resistance Database (Dostupno na: <https://www.pesticideresistance.org/>, posjećeno 28. 07. 2021.)

Bagi, F., Bodnar, K. (2012). Fitomedicina. Novi Sad: Laser studio.

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

Bickers, D., Calow, P., Greim, H., Hanifim, J. M., Rogers, A. E., Saurat, J. H., Sipes, I. G., Smith, T. G., Tagami, H. (2003). A toxicologic and dermatologic assessment of linalool and related esters when used as fragrance ingredients. *Food and chemical toxicology*, 41, 919-942.

Cloyd, R. (2012-13). *New England Greenhouse recommendation guide, A Management of Guide for Insects, Diseases, Weeds and Growth regulators. Section B: Integrated Pest Management and Insect Biology*. Kansas: Kansas State University.

Dhillon, K. (1999). Bionomics of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. Diplomski rad, Dr Y. S. Pramur University of horticulture and forestry Solan, Himachal Pradesh.

Dehghani, M., Ahmadi, K. (2013). Anti-oviposition and repellence activities of essential oils and aqueous extracts from five aromatic plants against greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19, 691-696.

Duke, S. O. (1990). *Natural Pesticides from Plants*. U: Advances in new crops (Janick J., E Simon J., Ur.). Timber Press, Portland, Oregon, 511-517.

EPPO (2004). EPPO Standards: Diagnostic protocols for regulated pests. *EPPO Bulletin*, 34, 155-157.

FIS (2021). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede, Republika Hrvatska (Dostupno na: <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>, posjećeno: 31. 08. 2021.)

Gamarra, H., Carhuapoma, P., Mujica, N., Kreuze, J., Kroschel, J. (2016). *Greenhouse whitefly, Trialeurodes vaporariorum (Westwood 1956). Pest distribution and risk atlas for Africa*. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates. Lima (Peru). International Potato Center (CIP), 154-168.

Gahukar, R. T. (1995). *Neem in plant protection*. Agri_Horticultural Publishinmg House, Nagpur, India.

Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2016). *Poljoprivredna entomologija- Sistematika kukaca*. Radin print, Sveta Nedjelja.

Hoddle, M. S., VanDriesche, R. G., Sanderson, J. P. (1998). Biology and use of the Whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. *Annual Review of Entomology*, 43, 645-669.

Isart, J. (1997). The Greenhouse whitefly, general information, preliminary investigations and possibilities for control. *Entomologia de la Esculea de Ingenieria Tecnica Agriola deBarcelona*, 86, 23.

Isman, M. B. (1997). Neem and Other Botanical Insecticides: Barriers to Commercialization. *Phytoparasitica*, 25(4), 339-344.

Johnson, M. W., Caprio, L. C., Coughlin, J. A., Tabashnik, B. E., Rosenheim, J. A., Welter, S. C. (1992). Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on Yield of Fresh Market Tomatoes. *Journal of Economic Entomology*, 85(6), 2370-2376.

Juran, I., Gotlin Čuljak, T., Ševar, M. (2020). *Biološke mjere (biopesticidi)*. U: Urbano biovrtlarstvo (Gotlin Čuljak, T., Ur.). Radin print d.o.o., Sveta Nedjelja, 137-169.

Karatolos, N. (2011). Molecular mechanisms of insecticide resistance in the glasshouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. Doktorska disertacija, University of Exeter, UK.

Kereši, T., Konjević, A., Popović, A. (2019). *Posebna entomologija 2*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Koppert Biological Systems (2021a). En-Strip. (Dostupno na: <https://www.koppert.hr/en-strip/>, posjećeno 29. 07. 2021.)

Koppert Biological Systems (2021b). Ercal. (Dostupno na: <https://www.koppert.hr/ercal/>, posjećeno 29. 07. 2021.)

Korunić, Z., Rozman, V. (2012). Biljni insekticidi. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012 – integralni pristup, 24. znanstveno – stručno - edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinsekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP), 269-280.

Lemić, D., Čačija, M., Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Bažok, R. (2017). Praćenje rezistentnosti štetnika. *Glasilo biljne zaštite*, 17(5), 439-445.

Martin, N. A. (1999). Whitefly: natural enemies of whitefly and their biology. *Crop & Food Research*, 92, 1-8.

Martin, N. A. (2005). Whitefly insecticide resistance management strategy. *Crop & Food Research*. (Dostupno na: <https://resistance.nzpps.org/index.php?p=insecticides/whitefly>, posjećeno 29. 07. 2021.)

Maceljiski, M. (2002). *Poljoprivredna entomologija*, Zrinski, Čakovec.

Macan, J., Varnai, V. M., Turk, R. (2006). Zdravstveni učinci piretrina i piretroida. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 57(2), 237-243.

Mound, A. L., Halsey, S. H. (1978). *Whitefly of the world: a systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data*. British Museum (Natural History) and Wiley, London.

- Nasruddin, A., Mound, L. (2016). First record of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) severely damaging field grown potato crops in South Sulawesi, Indonesia. *Journal of plant protection research*, 56(2), 199-202.
- Oštrec, Lj., Gotlin Čuljak, T. (2005). *Opća entomologija*. Zrinski, Čakovec.
- Pappas, M. L., Migkou, F., Broufas, G. (2013). Incidence of resistance of neonicotinoid insecticides in greenhouse populations of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Greece. *Applied Entomology and Zoology*, 48, 373-378.
- Pym, A., Singh, K. S., Nordgren, Å., Davies, T. G. E., Zimmer, C. T., Elias, J., Slater, R., Bass, C. (2019). Host plant adaptation in the polyphagous whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, is associated with transcriptional plasticity and altered sensitivity to insecticides. *BMC Genomics*, 20, 996.
- Rasooli, I. (2011). *Bioactive compounds in Phytomedicine*. InTech, Rijeka.
- Roermund, H. J. W. van (1995). Understanding biological control of greenhouse whitefly with the parasitoid *Encarsia formosa*. From individual behaviour to population dynamics. Doktorska disertacija, Wageningen University and Research, ProQuest Dissertations Publishing.
- Rozman, V. (2011). *Rezistencija štetnika na pesticide*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
- Sekulić, R., Spasić, R., Kereši, T. (2008). *Štetočine povrća i njihovo suzbijanje*. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad.
- Šimala, M., Masten Milek, T., Pintar, M. (2016). Štitasti moljci (Hemiptera: Aleyrodidae) – Gospodarski važni štetnici rajčice u zaštićenom prostoru. *Glasilo biljne zaštite*, 16(5), 433-446.
- Wintermantel, W. M. (2004). Emergence of Greenhouse Whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) Transmitted Criniviruses as Threats to Vegetable and Fruit Production in North America. APSnet, Feature Story. (Dostupno na: <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/GreenhouseWhitefly.aspx>, posjećeno: 23. 07. 2021.)
- Zabel, A., Manojlović, B., Stanković, S., Rajković, S., Kostić, M. (2001). Control of Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* Wetsw. (Hemiptera, Aleyrodidae) on Tomato by the new insecticide Acetamiprid. *Journal of Pest Science*, 74, 52-56.

Primljeno: 03. rujna 2021. godine

Received: September 03, 2021

Prihvaćeno: 19. listopada 2021. godine

Accepted: October 19, 2021

Multidisciplinarni pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca

A multidisciplinary approach to insect resistance research

Martina Kadoić Balaško^{1*}, Darija Lemić¹, Katarina Maryann Mikac², Renata Bažok¹

pregledni rad (scientific review)

doi: 10.32779/gf.4.4.2

Citiranje/Citation³

Sažetak

Pojava rezistentnosti na insekticide kod kukaca ozbiljan je i rastući problem u poljoprivrednoj proizvodnji. Razvijanjem učinkovitih programa praćenja rezistentnosti omogućava se rano otkrivanje rezistentnosti te razvoj i pravovremena implementacija antirezistentnih strategija. Polimorfizam pojedinačnog nukleotida, engl. Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs), novija je metoda analize cijelog genoma utvrđivanjem polimorfizma pojedinih nukleotida. Primjena SNPs-a na nemodelnim organizmima postala je pristupačno i lako dostupno sredstvo za generiranje važnih podataka o brojnim vrstama što bi inače bilo nemoguće zbog visokih troškova i često nedostatka stručnosti laboratorijskog osoblja. Obzirom na ogroman mogući broj pojedinačnih nukleotidnih polimorfizama koji se javljaju kod kukaca (od tisuće do milijuna), a koji se lako generiraju u jednom slijedu, pri izboru alata za utvrđivanje populacijske genetike neke vrste, SNPs tehnika je po svojim performansama daleko nadmašila primjenu mikrosatelita. S obzirom na velik broj SNPs-a (od tisuće do milijuna) koji se lako generiraju u jednom slijedu, nadmašili su mikrosatelite u izboru istraživačkog alata kada je u pitanju utvrđivanje. Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) i jabukin savijač (*Cydia pomonella* L.) najvažniji su štetnici koji ugrožavaju proizvodnju važnih ratarskih i voćarskih kultura u svijetu, ali i u Hrvatskoj. Sve navedene vrste razvile su rezistentnost na insekticide ili na strategije suzbijanja. U radu je prikazan pregled problema rezistentnosti kod navedenih štetnika, pregled genetskih istraživanja te način i mogućnost korištenja SNPs-ova za istraživanje rezistentnosti.

Ključne riječi: antirezistentne strategije, rezistentnost, krumpirova zlatica, kukuruzna zlatica, jabukin savijač.

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: mbalasko@agr.hr.

² Centre for Sustainable Ecosystem Solutions, School of Biology, Faculty of Science, Medicine and Health, University of Wollongong, Wollongong 2522, Australia.

³ Kadoić Balaško, M., Lemić, D., Mikac, K. M., Bažok, R. (2021). Multidisciplinarni pristup istraživanju rezistentnosti kod kukaca. *Glasilo Future*, 4(4), 22–36. / Kadoić Balaško, M., Lemić, D., Mikac, K. M., Bažok, R. (2021). A multidisciplinary approach to insect resistance research. *Glasilo Future*, 4(4), 22–36.

Abstract

Insect resistance to pesticides is a serious and growing problem in agricultural production systems. Regular monitoring for insecticide resistance is essential in order to react proactively to prevent its occurrence compromising effective pest control. Effective resistance monitoring programs capable for early detection of insecticide resistance in pest populations are needed in order to allow the implementation of insect resistance management (IRM) strategies in a timely manner. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) are single base substitutions found at a single genomic locus. The use of SNPs in non-model organisms represents an affordable and readily accessible tool for generating important genetic data on species of interest, that otherwise would be disenabled due to expensive costs and lack of available expertise personnel. Given the vast number of SNPs (thousands to millions) that are easily and affordably generated in a single sequencing run, in understanding of population genetics of a species SNPs represents an advanced technique over the use of microsatellites. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and codling moth (*Cydia pomonella* L.) are the most important pests in Croatian agriculture. These insect species have developed resistance to many insecticides commonly used in pest management strategies. This paper provides an overview of the insecticide resistance problem in these three important pest species, genetic research and the possibility of using SNPs for resistance research.

Key words: antiresistance strategies, resistance, Colorado potato beetle, western corn rootworm, codling moth.

Uvod

Rezistentnost štetnika poznata je od vremena od kada ljudi koriste kemijske metode zaštite bilja. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO, 2012.) rezistentnost štetnika je sposobnost kukca da se odupre učinku insekticida, odnosno kukac postaje otporan na toksične učinke putem prirodne selekcije i mutacije. Pojava rezistentnosti može ugroziti učinkovito suzbijanje štetnika što se može spriječiti pro-aktivnim djelovanjem koje podrazumijeva monitoring odnosno praćenje pojave rezistentnosti štetnika. Brojni autori navode kako je praćenjem, karakterizacijom i predviđanjem pojave i širenja rezistentnosti moguće duže koristiti postojeća sredstva za zaštitu bilja (Foster, 2006; Liu, 2012). Otkrivanje i monitoring rezistentnih populacija prvi je korak prema implementaciji antirezistentnih strategija i održivoj uporabi pesticida. Antirezistentne strategije imaju za cilj suzbiti rezistentne populacije kukaca te spriječiti ili što više odgoditi pojavu rezistentnosti (Bažok i Lemić, 2017).

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858), krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) i jabukin savijač (*Cydia pomonella* L., 1758) najvažniji su štetnici koji

ugrožavaju proizvodnju važnih ratarskih i voćarskih kultura u svijetu, ali i u Hrvatskoj. Navedeni štetnici razvili su rezistentnost na insekticide (krumpirova zlatica i jabukin savijač), ali i na strategije suzbijanja (kukuruzna zlatica). Iz tog razloga nužno je razviti učinkovite programe praćenja rezistentnosti, koji omogućuju rano otkrivanje rezistentnosti te razvoj i pravovremenu implementaciju antirezistentnih strategija. Antirezistentne strategije mogu osigurati dugoročnu učinkovitost suzbijanja štetnika. Polimorfizam pojedinačnog nukleotida (engl. Single Nucleotide Polymorphism (SNP)) novija je metoda analize cijelog genoma. Primjena SNP-a u nemodelnim organizmima postala je pristupačno i lako dostupno sredstvo za generiranje važnih podataka o brojnim vrstama što bi inače bilo nemoguće zbog visokih troškova i često nedostatka stručnosti laboratorijskog osoblja (Xing et al., 2005). Upotreba SNPs-a mogla bi pomoći u boljem razumijevanju populacijske genetike kukuruzne i krumpirove zlatice te jabukinog savijača. Takvi podaci, koji podrazumijevaju utvrđivanje promjene genoma povezane s razvojem rezistentnosti, ključni su za provedbu antirezistentnih programa kao sastavnog dijela integrirane zaštite bilja od štetnika. U ovom preglednom radu opisan je problem rezistentnosti kod navedenih važnih štetnika te je napravljen pregled istraživanja vezan za genetska istraživanja te mogućnost korištenja SNP-ova za detekciju rezistentnosti.

Problem rezistentnosti

Kukuruzna zlatica (*D. virgifera virgifera* LeConte), veoma je važan štetnik kukuruza na području SAD-a, ali i Europe. Prvi slučaj rezistentnosti ovog štetnika zabilježen je na insekticide iz skupine kloriranih ugljikovodika (OC insekticidi) aldrin i heptaklor 1959. godine u Nebraski (Ball i Weekman, 1962; 1963). Do danas, rezistentnost kukuruzne zlatice je zabilježena i na pojedine organofosforne insekticide (OP insekticidi) (metil paration), karbamate (karbaril) (Mainke et al., 1998; Wright et al., 2000) i piretroide (P) (bifentrin i teflutrin) (Pereira et al., 2015, 2017). Europske populacije kukuruzne zlatice pokazale su rezistentnost na aldrin (Ciosi et al., 2009). Rezistentnosti na *Bacillus thuringiensis* (Bt) toksin Cry3Bb1 prvi puta je zabilježena kod populacija zlatice iz Iowe (Gassmann et al., 2011), a s vremenom se proširila i u ostale države SAD-a (Gassmann, 2012; Wangila et al., 2015). Pojava unakrsne rezistentnosti između toksina Cry3Bb1 i mCry3A stvorila je dodatne probleme u suzbijanju kukuruzne zlatice (Gassmann et al., 2014; Wangila et al., 2015). Plodoredom gdje se najčešće izmjenjuju kukuruz i soja moguće je prekinuti životni ciklus štetnika jer jaja koja su odložena na staro polje kukuruza zasijati će se drugim usjevom (obično soja) gdje ličinke nisu u stanju preživjeti (Kiss et al., 2005). Upravo zato, plodored se koristio kao jedna od mjera za smanjivanje šteta u pojedinim područjima SAD i to vrlo uspješno, međutim početkom 90-tih godina uočeno je da je dio zlatice promijenio svoje navike i počeo odlagati jaja na polja sa sojom odnosno u usjev bez domaćina (Levine i Oloumi-Sadeghi, 1996; Sammons et al., 1997; Levine et al., 2002).

Jabukin savijač (*Cydia pomonella* L.), najznačajniji je štetnik jabuke u Hrvatskoj i u svijetu. Razvio je rezistentnost na različite grupe sintetskih insekticida u SAD-u i Europi zbog intenzivne primjene

insekticida (Franck et al., 2007). Prvi slučaj rezistentnosti savijača zabilježen je 1928. godine na arsenate u SAD-u (Reyes, 2007). Od tada se u gotovo svim glavnim regijama uzgoja jabuke prijavljuju novi slučajevi rezistentnosti. Prva pojava rezistentnosti jabukina savijača u Europi zabilježena je u Italiji i jugoistočnoj Francuskoj tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća na diflubenzuron (Ioriatti et al., 2000; Sauphanor et al., 2000). Od tada se spektar rezistentnosti dramatično povećao te obuhvaća karbamate, regulatore rasta i razvoja, benzoiluree, neonikotinoide, organofosforne i piretroide (Tablica 1.). (Reyes et al., 2009; APRD, 2020a).

Tablica 1. Pregled djelatnih tvari na koje je jabukin savijač razvio rezistentnosti prema Arthropod Pesticide Resistance Database. APRD, 2020a.

Table 1. Review of active ingredients and resistance development in Codling moth according to the Arthropod Pesticide Resistance Database. APRD, 2020a.

Grupa insekticida	Insekticid/Djelatna tvar	Rezistentnost (godina prve pojave)
Ostali	olovni arsenat	1928
Klorirani ugljikovodici	DDT	1955
	TDE	1965
	metoksiklor	1965
Organofosforni	azinfos-metil	1991
	klorpirifos	2011
	paration	1965
	paration-metil	2011
	fosmet	1999
Karbamati	karbaril	2012
Piretroidi	deltametrin	2001
	lambda-cihalotrin	2008
Mikrobiološki insekticidi	Codling moth granulovirus (CpGV)	2007
Regulatori rasta i razvoja	diflubenzuron	1988
	triflumuron	1995
	teflubenzuron	1995
	flufenoksuron	2011
	fenoksikarb	2007
	tebufenozid	1995
	methoksifenozyd	2008
Neonikotinoidi	acetamiprid	2010
	tiaklopid	2011

Dodatni problem pojavio se razvojem unakrsne rezistentnosti zbog koje je štetnik istovremeno stekao rezistentnost na nekoliko kemijskih podskupina insekticida (Sauphanor et al., 1998; Dunley i Welter, 2000).

Prema Arthropod Pesticide Resistance Database (APRD, 2020a), jabukin savijač razvio je rezistentnost na 22 različite aktivne tvari te je zabilježeno 193 slučaja rezistentnosti. U svijetu je trenutačno poznato pet mehanizama rezistentnosti savijača.

Rezistentnost je povezana sa sustavima za detoksikaciju mješovitih funkcionalnih oksidaza (MFO), glutathion-S-transferaza (GST), esteraza (EST), kdr mutacija koja odgovara zamjeni L1014F u naponu ovisnom o proteinu natrijevih kanala i acetilkolinesteraza (AChE) koji se primjenom različitih enzimatskih i molekularnih metoda istražuju u pojedinim populacijama štetnika (Reyes et al., 2009).

Krumpirova zlatica jedan je od ekonomski najvažnijih štetnika krumpira u Hrvatskoj i svijetu (Hare, 1990). U proteklih šezdeset godina, krumpirova zlatica razvila je rezistentnost na 56 različitih aktivnih tvari diljem uzgojnih područja krumpira u svijetu (Slika 1.).

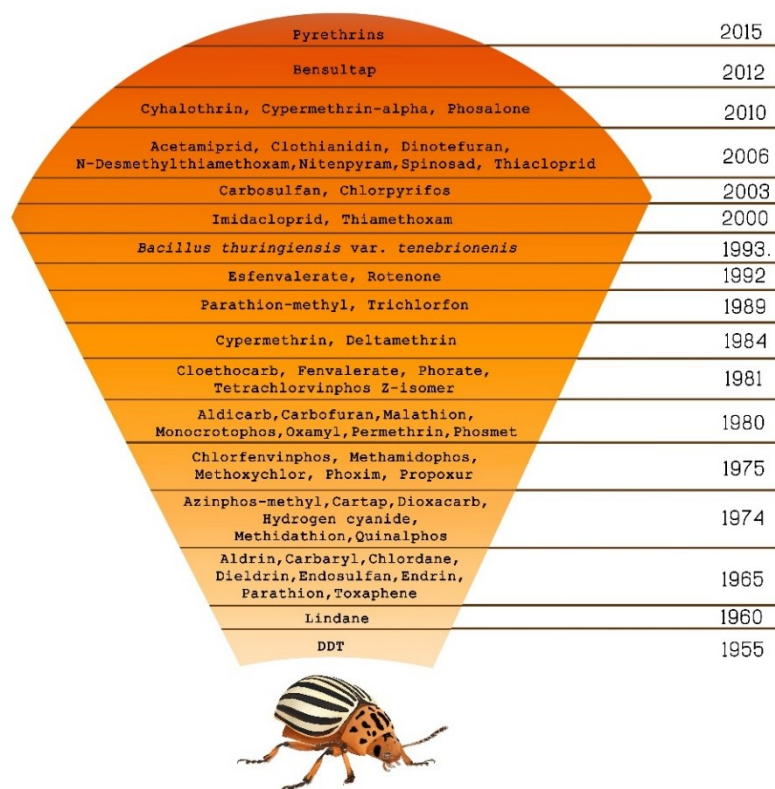
Prvi slučaj rezistentnosti zabilježen je 1955. na tada često korišteni DDT (Alyokhin, 2008). Rezistentnost na dieldrin zabilježena je 1958., a zatim i na druge insekticide iz skupine OC insekticida (Alyokhin, 2008).

Vrlo brzo zabilježena je rezistentnost i na karbamate (APRD, 2020b).

Rezistentnost na azinfosmetil iz skupine OP insekticida prvi puta je zabilježena 1974. godine, a zatim je rezistentnost zabilježena i na druge aktivne tvari iz ove skupine insekticida (APRD, 2020b).

Rezistentnost na piretroide prvi je puta zabilježena na aktivnu tvar permetrin 1980. godine (APRD, 2020b). Početkom 90-tih godina prošlog stoljeća proizvođači krumpira u SAD-u gotovo da nisu imali nikakva kemijska rješenja za suzbijanje krumpirove zlatice. Novi insekticidi iz skupine neonikotinoida koji su na tržište došli 1995. godine proizvođačima su donijeli olakšanje. Međutim, vrlo brzo prijavljeni su prvi slučajevi rezistentnosti na insekticide iz ove skupine (Zhao et al., 2000; Olson et al., 2000; Mota-Sanchez et al., 2006; Alyokhin et al., 2007).

Prva pojava rezistentnosti na OP insekticide i karbamate u Hrvatskoj je dokazana 1986. nakon 16 odnosno 18 godina uporabe, a rezistentnost na piretroide dokazana je 1987. nakon samo sedam godina njihove primjene (Maceljčki i Igrc, 1992; Maceljčki, 1995; Igrc Barčić et al., 1999). U kasnim 1990-tim, na području Hrvatske, za suzbijanje krumpirove zlatice rabili su se insekticidi iz grupe neonikotinoida i drugi insekticidi za koje rezistentnost u Hrvatskoj nije utvrđena (Igrc Barčić et al., 1999).



Slika 1. Vremenska crta razvoja rezistentnosti kod krumpirove zlatice (Izvor: Kadoić Balaško et al., 2020).

Figure 1. Timeline of resistance development in Colorado potato beetle (Source: Kadoić Balaško et al., 2020).

Dosadašnja genetska istraživanja

Genetska istraživanja kukuruzne zlatice

Lemic et al. (2013) prvi su istraživali vremensku i prostornu promjenu genetske strukture kukuruzne zlatice s ciljem procjene genetske varijabilnosti, protoka gena u populacijama i dinamike invazije ovog štetnika u Hrvatskoj te utjecaj mjera suzbijanja na parametre populacijske genetike. Istražujući populacije kukuruzne zlatice diljem Hrvatske tijekom 13-godišnjeg razdoblja, bilo je moguće utvrditi da se zbog nedostatka kontrole odnosno suzbijanja (tijekom 1996.-2009.) povećala genetska raznolikost populacija, a minimalna genetska struktura ostala je sve do danas očuvana. Mikrosatelitski markeri korišteni su za ispitivanje genetske varijabilnosti i strukture populacija kukuruzne zlatice prikupljenih tijekom 1996., 2009. i 2011. s brojnih lokacija diljem Hrvatske, Srbije i SAD-a. Rezultati dobiveni ovim istraživanjima ključni su za daljnje razumijevanje dinamike populacije kukuruzne zlatice tijekom glavnih faza europske invazije (Lemic et al., 2014). Već više od desetljeća populacijski genetski monitoring se koristi za informiranje o učinkovitim mjerama kontrole i zaštite protiv ovog važnog štetnika u Hrvatskoj (Lemic et al., 2017), a pokazao se korisnim i u razumijevanju invazije kukuruzne zlatice u Hrvatskoj i drugim zemljama.

Ivkosic et al., 2014 u svom istraživanju pokazali su da je sedam američkih populacija kukuruzne zlatice pokazalo najveću različitost alela u usporedbi s hrvatskim i srpskim populacijama. Pronađena je minimalna vremenska genetska varijabilnost među populacijama u Europi i Sjedinjenim Državama; rezultat koji je prethodno pokazan samo za vrste u SAD-u (Kim i Sappington, 2005). Bayesiev algoritam klasteriranja pokazao je dva genetska klastera i tako spojio populacije kukuruzne zlatice iz Hrvatske i Srbije te ih odvojio od američkih populacija. Klasteri su pokazali da su američke jedinke imale i europsko i američko porijeklo, što upućuje na postojanje dvosmjernog protoka gena (Lemic et al., 2015). Uska grla detektirana su u svim hrvatskim populacijama iz 1996. i 2011. te kod samo dvije populacije u 2009. godini. Kod populacija iz Srbije od 1996. do 2011. godine, kao i u populacijama iz SAD-a u 2011. godini uska grla nisu uopće detektirana. Kao što se i pretpostavljalo, Srbija je otkrivena kao geografski izvor kukuruzne zlatice u Hrvatskoj. Vremenski genetski nadzor proveden od 1996. do 2011. omogućio je dublje razumijevanje genetike kukuruzne zlatice u Hrvatskoj, Srbiji i izvornoj geografskoj regiji SAD-u.

Genetska istraživanja jabukinog savijača

Unatoč ekonomskoj važnosti, malo se zna o genetskoj diferencijaciji i protoku gena jabukina savijača (Franck et al., 2007). Genetska istraživanja populacija jabukinog savijača s pomoću mikrosatelita na uzorcima iz različitih zemalja pokazala su da su populacije jabukinog savijača strukturirane prema geografskoj udaljenosti na nadnacionalnoj razini (Franck et al., 2007). Analize tretiranih i netretiranih populacija u Europi i Južnoj Americi (Francuska i Čile) nisu potvrdile značajnu genetsku diferencijaciju proučavanih populacija na nacionalnoj razini, ali ipak je primijećen marginalni utjecaj insekticidnih tretmana na bogatstvo alela štetnika (Franck et al., 2007; Fuentes-Contreras et al., 2008). Analiza genetske strukture populacija jabukina savijača provedena je i u Hrvatskoj primjenom mikrosatelitnih markera na populacijama koje su tretirane insekticidima i na netretiranim populacijama (Pajač et al., 2011). Iako su hrvatski znanstvenici u istraživanjima utvrdili nisku genetsku varijabilnost unutar proučavanih populacija, utvrđena je statistički značajna genetska varijacija između tretiranih i netretiranih populacija štetnika (70 % do 96 %). Ovo istraživanje temeljna je baza genetske varijabilnosti i alela koja će se koristiti u daljnjim istraživanjima. Rezultati genetskih istraživanja populacija savijača u Hrvatskoj upućuju na određene promjene u genetskoj strukturi tretiranih populacija koje su mogle utjecati na povećanje reproduktivne sposobnosti štetnika, a samim time i na promjene u biologiji štetnika (Pajač et al., 2011). Netretirane populacije imale su kasniju pojavu odraslih oblika u proljeće, kasnije odlaganje jaja te kasniju pojavu gusjenica u usporedbi s tretiranim populacijama. U netretirane populacije utvrđene su dvije generacije štetnika tijekom vegetacijske sezone, a u tretiranih populacija utvrđena je i treća generacija štetnika. Rezultati istraživanja biologije, ekologije i genetike savijača u Hrvatskoj pokazali su da je u našoj zemlji moguć razvoj i treće generacije štetnika u godinama u kojima je suma efektivnih temperatura zbog klimatskih promjena veća od prosjeka, te u voćnjacima u kojima se provode intenzivne mjere suzbijanja štetnika primjenom insekticidnih tretmana (Pajač et al., 2012).

Genetska istraživanja krumpirove zlatice

Genetska istraživanja ovog štetnika započinju radom Grapputo et al. (2005) koji su istraživali populacijsku strukturu i genetsku varijabilnost sjevernoameričkih i europskih populacija krumpirove zlatice analizom mitohondrijske DNK i uporabom polimorfizma dužine amplificiranih fragmenata (AFLP). U navedenom istraživanju autori su dobili 297 fragmenata mDNK dužine od 50 do 220 baznih parova (bp), od čega je 99 % bilo polimorfno. Analiza klastera na temelju genetske udaljenosti *D* (Nei, 1972) pokazale su znatnu udaljenost između europskih i američka populacija krumpirove zlatice. Također dokazano je da postoje dvije različite grupe među europskim uzorcima (zapadna iz Španjolske, Francuske i Italije i istočna iz Poljske, Estonije, Finske i Rusije). Europske populacije pokazale su nešto niži polimorfizam (48 % naspram 67 % polimorfnih lokusa u Sjeverno Američkim populacijama) i nižu očekivanu heterozigotnost. Razumijevanje genetske varijabilnosti posebno je važno kod ove vrste štetnika s obzirom da je rezistentnost široko rasprostranjena. Istraživanje Grapputo (2006) jedino je u kojem su korišteni mikrosateliti kod krumpirove zlatice. Autor je identificirao 11 ponavljajućih polimorfni mikrosatelita u genomu populacija krumpirove zlatice iz Estonije, Rusije i Sjedinjenih Država. Rezultati ovog istraživanja omogućili su korištenje tih 11 ponavljajućih mikrosatelita kao markera genetskih procesa kod krumpirove zlatice, te za procjenu puta širenja i kolonizacije ovog važnog štetnika (Grapputo, 2006).

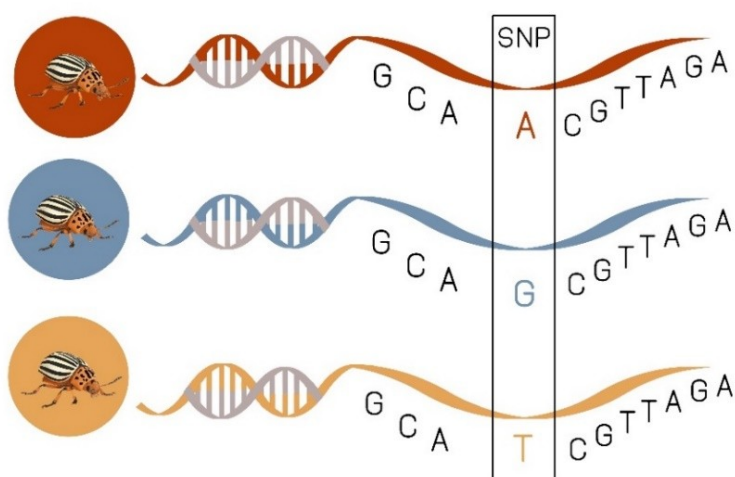
Kumar et al., (2014) analizirali su europske populacije krumpirove zlatice (odrasle i ličinke) da bi paralelnim sekvenciranjem DNK, istražili osnovni skup gena ove vrste. Njihovi rezultati nude nove spoznaje o genima povezanim s insekticidima kod ove vrste i pružaju temelj za komparativna istraživanja s drugim vrstama kukaca.

Polimorfizam pojedinačnog nukleotida

Istraživanja o genetskoj strukturi populacija kukuruzne i krumpirove zlatice te jabukina savijača, protoku gena i širenju doprinijela su razumijevanju utjecaja ovih važnih štetnika na globalnu poljoprivrednu proizvodnju i prehrambene resurse. Zbog velike važnosti ovih štetnika nužno je razviti učinkovite programe praćenja rezistentnosti, koji omogućuju rano otkrivanje rezistentnosti te razvoj i pravovremenu implementaciju strategija upravljanja rezistentnošću. Polimorfizam pojedinačnog nukleotida novija je metoda analize cijelog genoma utvrđivanjem polimorfizma pojedinih nukleotida (slika 2). Kroz genotipizaciju pomoću SNP metode moguće je analizirati genetsku strukturu, diferencijaciju, protok gena, rasprostranjenost i sposobnost prilagodbe štetnika (Brumfield et al., 2003).

Poznavanje evolucijskih promjena i ukupne promjene genetske varijabilnosti populacije nekog štetnika može pružiti korisne informacije za razumijevanje genetskih promjena povezanih sa stupnjem razvoja rezistentnosti štetnika, pa se tako praćenje i suzbijanje mogu prilagoditi pojedinoj vrsti štetnika

(Sakai et al., 2001). Diversity Array Technology (DArT) metoda je za analizu DNK polimorfizma. Predstavlja jeftin i postojan sustav s minimalnom potrebnom količinom DNK koji omogućuje sveobuhvatnu pokrivenost genoma (Jaccoud et al., 2001). DArTseq tehnologija ujedinjeni je postupak utvrđivanja i genotipizacije SNP-a u jednom koraku; omogućuje analizu SNP-a u širokom rasponu nemodelnih organizama i utvrđuje genetsku varijabilnosti unutar glavnih genetskih skupina (Nantoume et al., 2013). Primjena SNP-a u nemodelnim organizmima postala je pristupačno i lako dostupno sredstvo za generiranje važnih podataka o brojnim vrstama što bi inače bilo nemoguće zbog visokih troškova i često nedostatka stručnosti laboratorijskog osoblja. S obzirom na ogroman broj SNP-a (od tisuće do milijuna) koji se lako generiraju u jednom slijedu, nadmašili su mikrosatelite u izboru istraživačkog alata kada je u pitanju utvrđivanje populacijske genetike neke vrste (Morin et al., 2004).



Slika 2. Primjer polimorfizma pojedinačnog nukleotida (Izvor: Kadoić Balaško et al., 2020).

Figure 2. Example for single nucleotide polymorphism (Source: Kadoić Balaško et al., 2020).

Zaključak

Prema podacima FAO STAT-a za 2019. godinu, površine pod kukuruzom zauzimale su približno 197,2 miliona ha, površine pod krumpirom oko 17,3 miliona ha, a voćnjaci jabuke 4,7 miliona ha. Stoga možemo reći da sve tri kulture imaju veoma veliku važnost u svjetskoj poljoprivrednoj proizvodnji. Prema podacima Državnog zavoda za statistiku (2019). u Hrvatskoj je od 815.000 ha oranica i vrtova, oko 250.000 ha zasijano kukuruzom, oko 10 000 ha je pod krumpirom, a 5 000 ha zauzimaju voćnjaci jabuka, te također možemo zaključiti da su to važne kulture i u Hrvatskoj. Upravo zbog velikog udela i značaja ovih kultura u svjetskoj poljoprivredi proizlazi da se štetnost kukuruzne i krumpirove zlatice te jabukinog savijača ne smiju zanemariti. Suzbijanje štetnih kukaca poput navedenih često je otežano zbog nedostatka razumijevanja njihove biologije i ekologije, uključujući populacijsku genetiku (genetsku strukturu), genetsku diferencijaciju i protok gena. Poznavanje

evolucijskih promjena i ukupne genetske raznolikosti populacije nekog štetnika može pružiti korisne informacije za razumijevanje genetskih uzoraka povezanih sa svakim stupnjem razvoja otpornosti štetnika, tako da se praćenje i suzbijanje mogu prilagoditi rezistentnosti pojedinačne vrste štetnika. Populacije krumpirove zlatice i jabukinog savijača razvile su rezistentnost na brojne insekticide, a populacije kukuruzne zlatice i na primenjljivane strategije suzbijanja, te je važno buduća istraživanja usmjeriti na razvijanje učinkovitih programa praćenja rezistentnosti koji omogućuju rano otkrivanje novih mehanizama rezistentnosti te razvoj i pravovremenu implementaciju antirezistentnih strategija ili strategija upravljanja rezistentnošću.

S obzirom da poznavanje evolucijskih promjena i ukupne promjene genetske varijabilnosti populacije nekog štetnika može pružiti korisne informacije za razumijevanje genetskih promjena povezanih sa stupnjem razvoja rezistentnosti štetnika, SNP se ističe kao vrlo pristupačna i dostupna metoda za generiranje važnih podataka o brojnim vrstama jer se analizira cijeli genom. Upotreba SNP-a nužna je za bolje razumijevanje populacijske genetike kukuruzne i krumpirove zlatice te jabukinog savijača. Takvi podaci, koji podrazumijevaju utvrđivanje promjene genoma povezane s razvojem rezistentnosti ključni su za provedbu antirezistentnih programa kao sastavnog dijela integrirane zaštite bilja od štetnika.

Napomena

Rad je izrađen u okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost (IP-2016-06-7458): "Monitoring rezistentnosti štetnika: nove metode detekcije i učinkovite strategije upravljanja rezistentnošću (MONPERES)".

Literatura

Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Sanchez, D., Dively, G., Grafius, E. (2008). Colorado potato beetle resistance to insecticides. *American Journal of Potato Research*, 85, 395-413.

Alyokhin, A., Dively, G., Patterson, M., Castaldo, C., Rogers, D., Mahoney, M., Wollam, J. (2007). Resistance and cross- resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. *Pest Management Science*, 63, 32-41.

APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database (2020b). *Leptinotarsa decemlineata* - Shown Resistance to Active Ingredient(s). (Dostupno na: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=141>, posjećeno: 26. 03. 2021.)

APRD. Arthropod Pesticide Resistance Database. (2020a). *Cydia pomonella* - Shown Resistance to Active Ingredient(s). (Dostupno na: <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=407>, posjećeno: 26. 03. 2021.)

Ball, H.J., Weekman, G.T. (1962). Insecticide resistance in the adult western corn rootworm in Nebraska. *Journal of Economic Entomology*, 55, 439-441.

Ball, H.J., Weekman, G.T. (1963). Differential resistance of corn rootworms to insecticides in Nebraska and adjoining states. *Journal of Economic Entomology*, 56, 553-555.

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

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, 249-256.

Ciosi, M., Toepfer, S., Li, H., Haye, T., Kuhlmann, U., Wang, H., Siegfried, B., Guillemaud, T. (2009). European populations of *Diabrotica virgifera virgifera* are resistant to aldrin, but not to methyl-parathion. *Journal of Applied Entomology*, 133(4), 307-314.

Dunley, J.E., Welter, S.C. (2000). Correlated insecticide cross-resistance in azinphosmethyl resistant codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of economic entomology*, 93(3), 955-9-962.

DZS. Državni zavod za statistiku. Statistički ljetopis Republike Hrvatske. (2019). (Dostupno na: https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2019/sljh2019.pdf, posjećeno: 11. 04. 2021.)

FAO STAT (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Dostupno na: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>, posjećeno: 11. 04. 2021.)

Foster, S. (2006). Insecticide resistance and its implications for potato production in the UK. British Potato Council. (Dostupno na: <http://www.potato.org.uk>, posjećeno 23. 04. 2021).

Franck, P., Reyes, M., Olivares, J., Sauphanor, B. (2007). Genetic differentiation in the codling moth: comparison between microsatellite and insecticide resistant markers. *Molecular Ecology*, 16, 3554-3564.

Fuentes- Contreras, E., Espinoza, J.L., Lavandero, B., Ramírez, C.C. (2008). Population genetic structure of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from apple orchards in central Chile. *Journal of Economic Entomology*, 101(1), 190-8.

Gassmann, A.J. (2012). Field-evolved resistance to Bt maize by western corn rootworm: predictions from the laboratory and effects in the field. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110, 287-293.

Gassmann, A.J., Petzold-Maxwell, J.L., Clifton, E.H., Dunbar, M.W., Hoffmann, A.M., Ingber, D.A., Keweshan, R.S. (2014). Field-evolved resistance by western corn rootworm to multiple *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic maize. *PNAS*, 111, 5141-5146.

- Gassmann, A.J., Petzold-Maxwell, J.L., Keweshan, R.S., Dunbar, M.W. (2011). Field-evolved resistance to Bt maize by western corn rootworm. *PLoS ONE*, 6(7), e22629.
- Grapputo, A. (2006). Development and Characterization of Microsatellite Markers in the Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, *Molecular Ecology Notes*, 6, 1177-1179.
- Grapputo, A., Boman, S., Lindstroem, L., Lyytinen, A., Mappes, J. (2005). The voyage of an invasive species across continents: genetic diversity of North American and European Colorado potato beetle populations. *Molecular Ecology*, 14, 4207-4219.
- Hare, J.D. (1990). Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology*, 35, 81-100.
- Igrc Barčić, J., Barčić, J., Dobrinčić, R., Maceljiski, M. (1999). Effect of insecticides on the Colorado Potato Beetles resistant to OP, OC and P insecticides. *Journal of Pest Science*, 72(3), 76-80.
- Ioriatti, C., Saphanor, B., Cainelli, R., Rizzi, C., Tasin, M. (2000). *Cydia pomonella* L.: Primo caso di resistenza a diflubenzuron in Trentino. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 319-325.
- Ivkosic S.A., Gorman, J., Lemic, D., Mikac, K.M. (2014). Genetic Monitoring of Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Populations on a Microgeographic Scale. *Environmental Entomology*, 43(3), 804-818.
- Jaccoud, D., Peng, K., Feinstein, D., Kilian, A. (2001). Diversity arrays: a solid state technology for sequence information independent genotyping. *Nucleic Acids Research*, 29(4), e25-e25.
- Kadoić Balaško, M., Mikac, K. M., Bažok, R., Lemic, D. (2020). Modern techniques in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) control and resistance management: history review and future perspectives. *Insects*, 11(9), 581.
- Kim, K. S., Sappington, T. W. (2005). Genetic structuring of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations in the U.S. based on microsatellite loci analysis. *Environmental Entomology*, 34, 494-503.
- Kiss, J., Komaromi, J., Bayar, K., Edwards, C. R., Hatala-Zseller, I. (2005). *Western corn rootworm (Diabrotica virgifera virgifera LeConte) and the crop rotation systems in Europe*. U: Western corn rootworm: ecology and management. (Ur. Vidal S., Kuhlman U., Edwards C.R.). Wallingford, UK. 189-220.
- Kumar, A., Congiu, L., Lindström, L., Piironen, S., Vidotto, M. Grapputo, A. (2014). Sequencing, de novo assembly and annotation of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*, transcriptome. *PLoS ONE*, 9(1).

- Lemic, D., Benitez, H. A., Bazok, R. (2014). Intercontinental effect on sexual shape dimorphism and allometric relationships in the beetle pest *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zoologischer Anzeiger*, 253, 203-206.
- Lemic, D., Mikac, K., Benitez, H., Bažok, R. (2017). Innovative and modern monitoring techniques—essential tool for effective pest control management. 8th CASEE Conference, Warsaw University of Life Sciences—SGGW 14.-16. 05. 2017. Varšava, Poljska.
- Lemic, D., Mikac, K. M., Bažok, R. (2013). Historical and contemporary population genetics of the invasive western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia. *Environmental Entomology*, 42, 811-819.
- Lemic, D., Mikac, K. M., Ivković, S.A., Bažok, R. (2015). The Temporal and Spatial Invasion Genetics of the Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in Southern Europe. *PLoS ONE*, 10(9), e0138796.
- Levine, E., Oloumi-Sadeghi, H. (1996). Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) larval injury to corn grown for seed production following soybeans grown for seed production. *Journal of Economic Entomology*, 89, 1010-1016.
- Levine, E., Spencer, J. L., Isard, S. A., Onstad, D. W., Gray, M. E. (2002). Adaptation of the western corn rootworm to crop rotation: evolution of a new strain in response to a management practice. *American Entomologist*, 48, 94-107.
- Liu, N. (2012). *Pyrethroid Resistance in Insects: Genes, Mechanisms, and Regulation*. U: Insecticides - Advances in Integrated Pest Management (Ur. Perveen, F.). Shanghai. Kina, 457-468. (Dostupno na: <http://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/pyrethroid-resistance-in-insects-genes-mechanisms-and-regulation>, posjećeno: 20. 04. 2021.)
- Maceljski, M. (1995). Resistance of the Colorado potato beetle in Croatia. Proc. 2. Slovenian Conf. on Plant Prot. Radenci, 21.-22. 02. 1995., 47-60.
- Maceljski, M., Igrc, J. (1992). Studies on the efficacy of some insecticides against the Colorado Potato Beetle in the years 1986-1990. *Ziemniak*, 1, 33-51.
- Mainke, L. J., Siegfried, B. D., Wright, R. J., Chandler, L. D. (1998). Adult susceptibility of Nebraska western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations to selected insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 91, 594-600.
- Morin, P. A., Luikart, G., Wayne, R. K. (2004). SNPs in ecology, evolution and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19, 208-216.

- Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R. M., Grafius, E. J., Moyer, D. D. (2006). Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest Management Science*, 62(1), 30-37.
- Nantoume, A. D., Andersen, S. B., Jensen, B. D. (2013). Genetic differentiation of watermelon landrace types in Mali revealed by microsatellite (SSR) markers. *Genetic resources and crop evolution*, 60(7), 2129-2141.
- Nei, M. (1972). Genetic Distance between Populations. *American Naturalist*, 106(949), 283-292.
- Olson, E. R., Dively, G. P., Nelson, J. O. (2000). Baseline susceptibility to imidacloprid and cross resistance patterns in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) populations. *Journal of Economic Entomology*, 93(2), 447-458.
- Pajač, I., Barić, B., Mikac, M. K., Pejić, I. (2012). New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 65(2), 185-1-193.
- Pajač, I., Barić, B., Šimon, S., Mikac, M. K., Pejić, I. (2011). An initial examination of the population genetic structure of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in Croatian apple orchards. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(3-4), 459-464.
- Pereira, A. E., Souza, D., Zukoff, S. N., Meinke, L. J., Siegfried, B. D. (2017). Cross-resistance and synergism bioassays suggest multiple mechanisms of pyrethroid resistance in western corn rootworm populations. *PLoS ONE*, 12(6), e0179311.
- Pereira, A. E., Wang, H., Zukoff, S. N., Meinke, L. J., French, B. W., Siegfried, B. D. (2015). Evidence of field-evolved resistance to bifenthrin in western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populations in Western Nebraska and Kansas. *PLoS ONE*, 10(11), e0142299.
- Reyes, M., Franck, P., Charmillot, P. J., Ioriatti, C., Olivares, J., Pasqualini, E., Sauphanor, B. (2007). Diversity of insecticide resistance mechanisms and spectrum in European populations of the Codling moth, *Cydia pomonella*. *Pest Management Science*, 63, 890-902.
- Reyes, M., Franck, P., Olivares, J., Margaritopoulos, J., Knight, A., Sauphanor, B. (2009). Worldwide variability of insecticide resistance mechanisms in the codling moth, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Bulletin of Entomological Research*, 99, 359-369.
- Sakai, A. K., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A., Baughman, S., Cabin, R. J., Cohen, J. E., Ellstrand, N. C., Mccauley, D. E., O'Neil, P., Parker, I. M., Thompson, J. N., Weller, S. G. (2001). The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 305-332.

Sammons, A. E., Edwards, C. R., Bledsoe, L. W., Boeve, P. J., Stuart, J. J. (1997). Behavioral and feeding assays reveal a western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) variant that is attracted to soybean. *Environmental Entomology*, 26, 1336-1342.

Sauphanor, B., Brosse, V., Bouvier, J. C., Speich, P., Micoud, A., Martinet, C. (2000). Monitoring resistance to diflubenzuron and deltamethrin in French codling moth populations (*Cydia pomonella*). *Pest Management Science*, 56, 74-82.

Sauphanor, B., Brosse, V., Monier, C., Bouvier, J. C. (1998). Differential ovicidal and larvicidal resistance to benzoylureas in the codling moth, *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88, 247-253.

Wangila, D. S., Gassmann, A. J., Petzold-Maxwell, J. L., French, B. W., Meinke, L. J. (2015). Susceptibility of Nebraska western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations to Bt corn events. *Journal of Economic Entomology*, 108, 742-751.

WHO (2012). World Health Organization Global Plan for Insecticide Resistance Management in Malaria Vectors (GPIRM), (Dostupno na: http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789241564472_eng.pdf, posjećeno: 20. 04. 2021.)

Wright, R. J., Scharf, M. E., Meinke, L. J., Zhou, X., Siegfried, B. D., Chandler, L. D. (2000). Larval susceptibility of an insecticide-resistant western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) population to soil insecticides: laboratory bioassays, assays of detoxification enzymes, and field performance. *Journal of Economic Entomology*, 93, 7-13.

Xing, C., Schumacher, F. R., Xing, G., Lu, Q., Wang, T., Elston, R. C. (2005). Comparison of microsatellites, single-nucleotide polymorphisms (SNPs) and composite markers derived from SNPs in linkage analysis. *BMC Genetics*, 6, S29.

Zhao, J. Z., Bishop, B. A., Grafius, E. J. (2000). Inheritance and synergism of resistance to imidacloprid in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of economic entomology*, 93(5), 1508-1514.

Primljeno: 05. srpnja 2021. godine

Received: July 05, 2021

Prihvaćeno: 19. listopada 2021. godine

Accepted: October 19, 2021

Entomofauna lucerne na pokušalištu Šašinovec

Entomofauna of alfalfa at the Šašinovec experimental station

Maja Čaćija^{1*}, Petra Runjak¹, Ivan Juran¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.4.4.3

*Citiranje/Citation*²

Sažetak

Lucerna (*Medicago sativa* L.) je cijenjena je krmna kultura koja ima gospodarsku, poljoprivrednu i nutritivnu vrijednost te primjenu nalazi i u medicini. Na uzgoj i prinos svake kulture, pa tako i lucerne, veliki utjecaj može imati prisutna entomofauna. Ona može pozitivno, ali i negativno utjecati na prinose, ovisno o tome radi li se o korisnim ili štetnim kukcima. Cilj rada bio je istražiti dinamiku pojave entomofaune na lucerni, primjenjujući različite metode hvatanja štetnika (endogejski mamci, pitfall mamci, žute ljepljive ploče i entomološka mreža). Istraživanje je provedeno na pokušalištu Šašinovec Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu od kraja veljače do sredine svibnja 2019. godine. Očitavanja ulova obavljana su jednom tjedno. Determinacijom uhvaćenih vrsta utvrđeno je da najveći broj jedinki pripada redu Diptera (36,99 %), nakon kojeg slijede redovi Collembola (21,94 %), Hemiptera (19,75 %) i Coleoptera (18,75 %). Najmanji broj uhvaćenih jedinki pripada redovima Hymenoptera (1,88 %) i Lepidoptera (0,69 %). Osim razlike u brojnosti uhvaćene entomofaune po redovima, vidljiva je i razlika u brojnosti kukaca uhvaćenih različitim metodama hvatanja. Najviše kukaca ulovljeno je na žutim ljepljivim pločama (38,62 %), iza kojih slijede pitfall mamci (32,66 %) i ulov entomološkom mrežom (28,28 %), a najmanje jedinki prikupljeno je korištenjem endogejskih mamaca (0,44 %). Rezultati ovog istraživanja pridonose poznavanju entomofaune lucerne, što može utjecati na način održavanja i njege usjeva te na optimalno vrijeme i način zaštite nasada.

Ključne riječi: lucerna, mamci, praćenje, štetnici.

Abstract

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is a valued forage crop that has economic, agricultural and nutritional value and is used in medicine. On the cultivation of each crop, including alfalfa, the presence of

¹ Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Republika Hrvatska.

* E-mail: mcacija@agr.hr.

² Čaćija, M., Runjak, P., Juran, I. (2021). Entomofauna lucerne na pokušalištu Šašinovec. *Glasilo Future*, 4(4), 37–55. / Čaćija, M., Runjak, P., Juran, I. (2021). Entomofauna of alfalfa at the Šašinovec experimental station. *Glasilo Future*, 4(4), 37–55.

entomofauna plays a large role, which can positively and negatively affect yields, depending on whether it is a useful or harmful entomofauna. The aim of this study was to investigate the dynamics of entomofauna occurrence in alfalfa, by using different methods of pest capture (endogeic traps, pitfall traps, yellow sticky traps and entomological net). The research was conducted at the Šašinovec experimental station of the Faculty of Agriculture University of Zagreb from the end of February to the middle of May 2019. Catch readings were performed once a week. Identification of species showed that the largest number of insects belonged to the order Diptera (36.99 %), followed by orders Collembola (21.81 %), Hemiptera (19.75 %) and Coleoptera (18.75 %). The lowest number of insects belonged to the orders of Hymenoptera (1.88 %) and Lepidoptera (0.69 %). In addition to the difference in the number of captured entomofauna by orders, there is also a difference in the number of insects caught by different methods of capture. Most insects were caught on yellow sticky traps (38.62 %), followed by pitfall traps (32.66 %) and entomological net (28.28 %), and the fewest individuals were collected using endogeic traps (0.44 %). The results of this research contribute to the knowledge of the entomofauna of alfalfa, which can affect the care of crops, as well as the optimal time and means of protection against insect pests.

Key words: alfalfa, insect pests, monitoring, traps.

Uvod

Lucerna (*Medicago sativa* L.) je višegodišnja kultura koja pripada porodici mahunarki (Fabaceae), rodu *Medicago*. Jedna je od najstarijih krmnih kultura koja se uzgaja više od 3300 godina, a potječe iz Azije. U Hrvatskoj najvažnije vrste lucerne su plava, žuta i srednja. Proizvodne površine lucerne u periodu od 2013. do 2017. godine kretale su se u rasponu od 18,386 ha u 2015. godini (zabilježena kao godina s najmanjim proizvodnim površinama lucerne) do 26,057 ha u 2017. godini (zabilježena kao godina s najvećim proizvodnim površinama lucerne) (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018.).

Gospodarska važnost lucerne je proizvodnja voluminozne krme te osigurava visoke prinose stočne hrane koje su bogate bjelančevinama (Gregić, 2017). S prirodom od 12 t/ha suhe tvari ona je najveći proizvođač bjelančevina po hektaru (2000-2400 kg) (Stjepanović, 2009). Naziva se cijenjena krmna kultura upravo zbog svoje široke primjene jer kada se jednom posadi može se koristiti neprestano 4-5 godina i pritom daje 4-5 otkosa tijekom vegetacije. Prvenstveno se rabi košnjom za hranidbu u zelenome stanju, kao sijeno, silaža i ambalaža. Vrlo je važna u plodoredu. Ako je u proizvodnji 3-4 godine, u tlu ostavlja korijenovu masu tešku 8,5-10 t/ha suhe tvari, što je između 200 i 300 kg/ha dušika, 60-100 kg/ha fosfora, 80-100 kg/ha kalija itd. (Leto, 2017). Njezina najveća vrijednost leži u činjenici da daje do 2500 kg/ha visokovrijednih proteina koji po aminokiselinskom sastavu sliče proteinima životinjskog porijekla (Blažinkov et al., 2012). Osim gospodarske važnosti lucerne, ne smije se izostaviti njezina nutritivna važnost. Dobar je izvor bjelančevina, ugljikohidrata, minerala i vitamina. Naprednim tehnologijama se može dokazati da sadrži bjelančevinu koja se naziva Rubisco

(ribuloza 1, 5-bifosfatkarboksilaza). Ova bjelančevina bi mogla zamijeniti sojine bjelančevine u prehrani jer sadrži sve esencijalne aminokiseline potrebne ljudskom organizmu te joj je sastav sličan sastavu mliječnih bjelančevina (Mielmann, 2013). Neki od vitamina koje sadrži su: A, B1, B2, C, D i K. Osim vitamina, bogata je i mineralnim tvarima, posebice kalcijem koji je značajan u ishrani stoke. Osim kalcija sadrži i kalij, fosfor, klor, magnezij, silicij i drugi (Leto, 2017). Ne smije se izostaviti bitna činjenica važnosti lucerne u liječenju koja ima dugu tradiciju primjene u cijelome svijetu. Dostupna je u obliku različitih kapsula ili tekućih ekstrakata. Koristi se u liječenju kašlja, bubrežnih kamenaca, sniženju kolesterola u krvi te mnogim drugim bolestima i uzročnicima bolesti (Zečić, 2017).

Lucerna je jedna od najcjenjenijih krmnih kultura upravo zbog svoje široke primjene. Rabi se košnjom za ishranu preživača u zelenome stanju, proizvodnji silaže, sjenaže i sijena. Ona se i industrijski prerađuje dehidriranjem i time se dobije kvalitetno lucernino brašno, brikete, palete, lucernina pasta te visoko kvalitetno sijeno. Osim navedenih proizvoda, od lucerne se mogu dobiti još i škrob, beta karoten, hormoni, enzimi, mliječna kiselina, aminokiseline i organske kiseline. Njezina je važnost i u ekonomičnosti ishrane, jer je ona najjeftiniji proizvođač bjelančevina na oranicama (Stjepanović, 2009).

Da bi lucerna mogla imati gospodarsku, nutritivnu i važnost u liječenju, potrebno je ostvariti najbolji mogući prinos, koji je često ugrožen napadima različitih štetnika i bolesti. Na uzgoj i prinos svake kulture veliki utjecaj može imati entomofauna, koja može pozitivno, ali i negativno utjecati na prinos, ovisno o tome radi li se o korisnoj ili štetnoj entomofauni. Iz toga razloga važno je poznavati kukce koje nalazimo na lucerni, njihovu morfologiju, ekologiju, biologiju i simptome napada štetnih vrsta, kako bi se smanjile ili spriječile potencijalne ekološke i ekonomske štete.

Najvažniji štetnici lucerne

Lucernina lisna pipa, *Hypera postica* (Gyllenhal, 1813)

Lucernina lisna pipa je jako važan štetnik kod nas, posebice u Istri (Maceljski, 2002). Tijelo štetnika dugačko je oko 5,5 mm, zaobljeno i ovalnog oblika. Karakteristične je smeđe boje i ima tamniju uzdužnu prugu na spoju elitra (Slika 1.). Ličinke se mogu prepoznati po zelenoj boji što je također iznimka jer su ličinke ostalih pipa bijele boje. Ličinka naraste do 8 mm i prekrivena je kratkim čekinjama. Ženke svoja jaja odlažu u stabljike biljaka i prosječno odlože oko 700 jaja. Embrionalni razvoj traje oko 15 dana, a razvoj ličinki 15 do 28 dana. Ličinke se hrane mladim lišćem tako da se uvlači u lisne pupove, a odrasli oblici se hrane tako da izgrizaju lisne rubove. Lucernina lisna pipa se javlja čim temperature narastu iznad 10 °C i time možemo ustanoviti da prve štete nastaju u ožujku. Ovi štetnici se prate kečerom. Da li će se ovaj štetnik suzbijati može se znati jedino ako se primjeni prag odluke za suzbijanje kojim se mora utvrditi jedan odrasli oblik ili šest ličinki po zamahu ili pet odraslih na četvorni metar (Maceljski, 2002).



Slika 1. Lucernina lisna pipa (Izvor: <https://www.agroportal.hr/ratarstvo/13475>).

Figure 1. The alfalfa weevil (Source: <https://www.agroportal.hr/ratarstvo/13475>).

Lucernina zlatica, *Gonioctena fornicata* (Bruggemann, 1873)

Lucernina zlatica je najvažniji fiziološki štetnik kod nas (Maceljski, 2002). Prepoznaje se po ciglasto crvenoj boji, pet crnih pjega po pokrildu i dvije na nadvratnom štitu (Slika 2.). Tijelo je ovalnog oblika, dugačko 6 do 7 mm. Ličinka može narasti do 10 mm te je prljavo bijele do sive boje. Hrane se lišćem. Embrionalni razvoj traje 6 do 10 dana i jaja su odložena u skupinama po oko 25 jaja. Ovisno o temperaturi, razvoj ličinki traje 14 do 24 dana. U vrijeme razvoja ličinki nastaju najveće štete jer su u tom razdoblju još uvijek prisutni prezimjeli odrasli oblici. Odrasli oblici prezimljavaju u tlu te izlaze van kada temperatura tla dosegne 12 °C. Stadij kukuljice traje oko 10 do 14 dana. Mladi odrasli oblici tijekom lipnja izlaze iz tla van, hrane se i zatim odlaze na prezimljavanje. Ovaj štetnik ima jednu generaciju godišnje. Najjednostavniji način praćenja lucernine zlatice je kečerom i to na način ako se na 10 zamaha utvrdi 30 odraslih ili 60 ličinki bit će potrebno suzbijanje. Još jedan od načina praćenja zlatice je postavljanje folija unutar drvenih okvira veličine 1 m², čime se tlo brže zagrijava te zlatice brže izlaze van. Brojnost štetnika možemo smanjiti ranim otkosom uz brzo iznošenje zelene mase. Suzbijanje se provodi odmah nakon košnje usjeva, odnosno čim se otkos pokupi. Tom metodom se sprječava unašanje insekticida koji nisu dozvoljeni u stočnu krmu. Insekticidi moraju biti dozvoljeni na krmnom bilju, a isto tako moraju suzbijati samog štetnika, u ovom slučaju lucerninu zlaticu (Maceljski, 2002).



Slika 2. Lucernina zlatica

(Izvor: <https://agroplus.rs/serijal-integralna-zastita-ratarskih-kultura-od-stetocina-54>).

Figure 2. *Gonioctena fornicata*

(Source: <https://agroplus.rs/serijal-integralna-zastita-ratarskih-kultura-od-stetocina-54>).

Pipa lucernina sjemena, *Tychius flavus* (Becker, 1864)

Tijelo je ovalno izduženoga oblika, ima povijenu rilicu koja je kraća od vratnoga štita (Slika 3.). Tijelo je dugačko 2 do 3 mm. Ličinka je valjkastoga oblika, mliječnoblijede boje i prekrivena je bijelim kratkim dlačicama. To je važan štetnik u sjemenskoj proizvodnji lucerne. Odrasli (imago) se javlja u proljeće kada temperatura poraste iznad 12 °C. Hrane se lišćem i cvatovima. Ženka odlaže više od desetak jaja na sjeme kroz zelenu mahunu. Razvoj ličinke traje 10 do 20 dana, svaka ličinka ošteti 2 do 4 sjemenke. Odrasle ličinke se kukulje u tlu i izlaze iz tla iduće godine. Pipa lucernina sjemena ima jednu generaciju godišnje. Praćenje ovog štetnika se obavlja kečerom. Prag odluke za primjenu insekticida se smatra kada se svakim zamahom kečera uhvati jedna pipa tijekom cvatnje. Zaraza ovim štetnikom se može smanjiti pravovremenom košnjom (Maceljski, 2002).



Slika 3. Pipa lucernina sjemena (Izvor: agroAtlas.ru/en/content/pests/Tychius_flavus/index.html).
Figure 3. *Tychius flavus* (Source: agroAtlas.ru/en/content/pests/Tychius_flavus/index.html).

Lucernina velika pipa, *Otiorhynchus ligustici* (Linnaeus, 1758)

Tijelo lucernine velike pipe je dugačko 10 do 14 mm, nema krila pa ne leti (Maceljski, 2002). Smeđe je boje i pokrili je joj je sraslo (Slika 4.). Odrasli oblici se javljaju u travnju. Hrane se noću, a tijekom dana se zakopavaju u tlo. Hrane se vršnim dijelovima stabljike i tako čine štete na odraslim biljkama. Ženke odlažu 200-400 jaja u površini tla. Ličinke prezime prvu godinu, a iduće godine nastavljaju s ishranom te se iste godine kukulje u tlu, dok odrasli oblici iz tla izlaze idućeg proljeća. Razvoj jedne generacije lucernine velike pipe traje dvije godine. Ličinke se hrane korijenom biljke pritom čineći jako velike štete. Praćenje se obavlja lovnim posudama (Maceljski, 2002).



Slika 4. Lucernina velika pipa (Izvor: http://ukrbin.com/show_image.php?imageid=31463).
Figure 4. *Otiorhynchus ligustici* (Source: http://ukrbin.com/show_image.php?imageid=31463).

Pipe mahunarke, *Sitona* sp. (Germar, 1817)

Sitona vrste su dugačke 5 do 10 mm. Sive su boje, kratke izdužene glave i imaju prugasto tijelo (Slika 5.). Odrasli oblici prezimljuju na mahunarkama, u rano proljeće izlaze i izgrizaju rubove lišća pritom čineći vrlo velike štete. Odrasle oblike koji su prezimjeli možemo naći do polovice ljeta. Ženke odlaze u tlo ili na biljku oko 1000 jaja. Ličinke se hrane unutar bakterijskih kvržica te time smanjuju korisnu ulogu simbionta. Ženkama odgovara toplije vrijeme jer tada odlaze više jaja, a time se zaključuje da su štete veće jer se ličinke počinju intenzivnije hraniti. Krajem kolovoza i u rujnu počinju se javljati mladi kornjaši koji odlaze na prezimljenje. Imaju jednu generaciju godišnje. Praćenje pipa mahunarki obavlja se pomoću kečera, a kao prag odluke uzima se 10 % oštećene lisne mase ili 10 imaga/m² (Maceljski 2002).



Slika 5. Pipe mahunarke (Izvor: <https://www.chromos-agro.hr/staklenicki-i-duhanov-stitasti-moljac-lisne-usi-gusjenica-sovica-pozemljusa-sovica-prugaste-pipe-mahunarke-crnog-graskovog-savijaca/>).

Figure 5. *Sitona* sp. (Source: <https://www.chromos-agro.hr/staklenicki-i-duhanov-stitasti-moljac-lisne-usi-gusjenica-sovica-pozemljusa-sovica-prugaste-pipe-mahunarke-crnog-graskovog-savijaca/>).

Lucernina stjenica, *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778)

Lucernina stjenica jedan je od vrlo važnih štetnika lucerne. Dugačka je 6 do 9 mm, žutozelene je boje i možemo je lako uočiti jer na nadvratnom štitiću ima dvije crne točke (Slika 6.). U stadiju jajeta prezimljuje u stabljici biljke te na proljeće izlaze ličinke koje za mjesec dana se razviju u odrasli oblik štetnika. Imago se hrani sisanjem na biljci, odnosno na vrhovima stabljike, cvjetnim i lisnim pupoljcima. Pri jačem napadu stjenica suše se vršni dijelovi stabljike i dolazi do deformiranja lista. Ima dvije generacije godišnje. Polifagna je vrsta. Da bi se primijenili insekticidi pragom odluke se smatra 30 do 40 stjenica na m² ili 50 do 80 stjenica na 10 zamaha kečerom (Maceljski, 2002).



Slika 6. Lucernina stjenica (Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Adelphocoris_lineolatus).

Figure 6. *Adelphocoris lineolatus* (Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Adelphocoris_lineolatus).

Zelena i crna lucernina uš, Aphididae

Kukci dužine 2 do 3 mm, najčešće zelene, ali mogu biti smeđe, žute i crne boje (Slika 7.). Imago mogu imati krila, ali mogu biti i bez njih. Imaju dugačke noge i ticala te dobro razvijen usni aparat. Na bokovima imaju izraslinu kroz koju izlučuju voštanu tvar, dok tekućinu "mednu rosu" izbacuju kroz analni otvor. Tijekom godine mogu imati i do 10 generacija. Najveći napad ovog štetnika se javlja tijekom lipnja kada uši prekriju cijelu biljku i sisanjem sokova sprječavaju njezin daljnji razvitak. Prate se žutim pločama (Maceljski 2002.).



Slika 7. Zelena lucernina uš (Izvor: http://www.bilje.hr/POLJOPRIVREDA/AgBase_1/HTM/lucerna.htm).
Figure 7. *Aphididae* (Source: http://www.bilje.hr/POLJOPRIVREDA/AgBase_1/HTM/lucerna.htm).

Žičnjaci, Elateridae

Klisnjaci su štetnici uskoga tijela, dugački 7 do 15 mm, tamne boje. Na trbušnoj strani imaju izraslinu koja ulazi u otvor na zatku koja im omogućuje ako padne na leđa da skoči u zrak i vrati se na noge. Ličinke (žičnjaci) su žute boje, duljine oko 35 mm, imaju usko, izduženo i tvrdo tijelo (Kozina i Bažok, 2013) (Slika 8.). Embrionalni razvoj traje 2 do 4 tjedna. Ženka odloži u tlo 70 do 500 jaja. Kukuljenje traje 2 do 4 tjedna. Za razvoj su potrebne su minimalne temperature od 10 °C. Praćenje žičnjaka se obavlja kopanjem jama ili ukopavanjem zrnatih mamaca koji privlače ličinke, a za praćenje odraslih koriste se feromoni. Žičnjaci se hrane korijenjem biljaka, sjemenom i tek izniklim biljkama. Oni su najveći štetnici ratarskih usjeva. Kod jačeg napada mogu oštetiti mlade biljčice te se usjev mora ponovno presijavati. Najjači napada se može pojaviti nakon preoravanja usjeva (Maceljski, 2002).

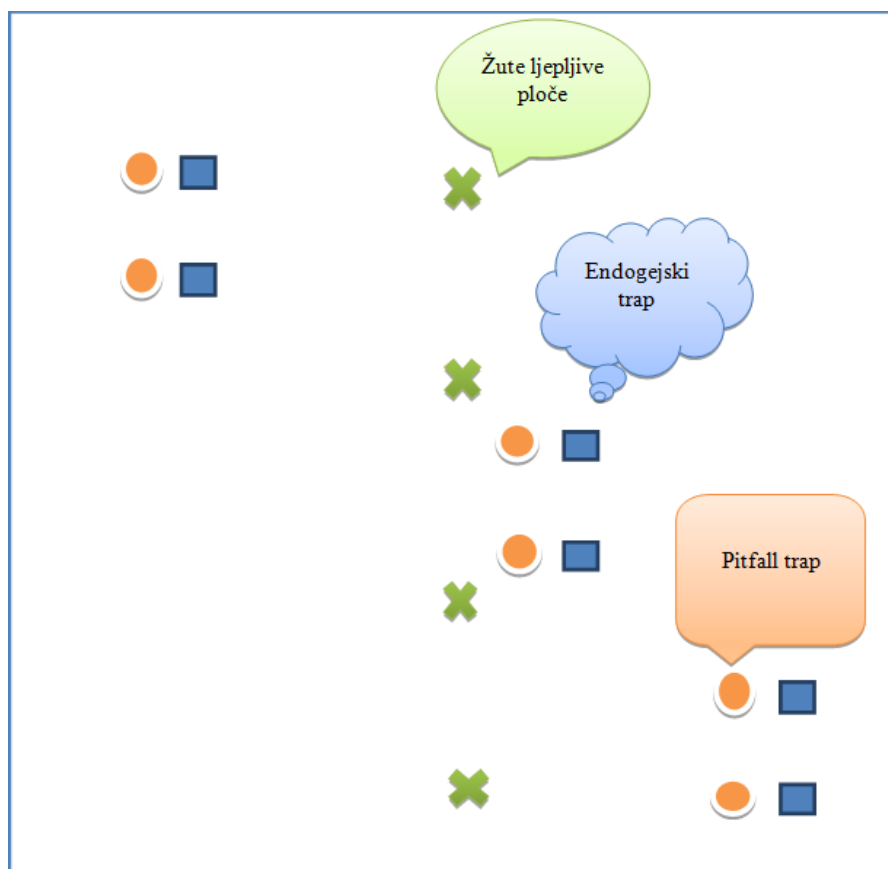


Slika 8. Žičnjaci (Izvor: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?category/38>).
Figure 8. *Elateridae* (Source: <https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?category/38>).

Materijali i metode

Istraživanje entomofaune lucerne provedeno je na polju lucerne na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Šašinovcu. Entomofauna je praćena različitim vrstama mamaca, ovisno o tome radi li se o podzemnoj, prizemnoj ili nadzemnoj fauni. Za prikupljanje podzemne faune korišteni su endogejski mamci, dok su se kukci koji se kreću po tlu prikupljali tzv. pitfall mamcima. Štetnici koji lete i kreću se iznad površine tla prikupljani su žutim ljepljivim pločama i entomološkom mrežom (kečerom). Raspored mamaca postavljenih u polju lucerne prikazan je Slikom 9. Kako bi se mamci bolje uočili, kraj mamaca su se postavljali signalni štapovi koji su na sebi imali povezanu crveno-bijelu traku.

Praćenje pojave entomofaune trajalo je od 27. veljače 2019., kada su postavljeni mamci, do 17. svibnja 2019. kada je bilo zadnje očitavanje. Očitavanja na svim navedenim mamcima obavljana su jednom tjedno. Prilikom svakog očitavanja, fauna prikupljena u endogejskim i pitfall mamcima te kečerom prebacivala se u bočicu sa 70 % alkoholom. Bočice s kukcima i cijele žute ploče donošene se na Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta, gdje je obavljana determinacija i utvrđivana brojnost jedinki. Determinacija je odrađena uz pomoć ključeva za identifikaciju. U slučaju da nije bilo moguće identificirati točnu vrstu, kukci su determinirani do najniže taksonomske razine do koje je to bilo moguće.



Slika 9. Prikaz postavljenih mamaca u polju lucerne (Šašinovec, 2019) (Izradila: Runjak, P., 2019).
Figure 9. Display of baits placed in alfalfa field (Šašinovec, 2019) (Made by: Runjak, P., 2019).

Pitfall mamci

U usjevu lucerne bilo je postavljeno šest pitfall mamaca. Prva dva mamca su bila postavljena na samom početku usjeva lucerne, dva u sredini i dva na suprotnom kraju. Pitfall mamac se sastoji od plastične kalenice i okruglog cementiranog okvira, odnosno prstena. Prvi korak postavljanja pitfall mamca je iskopati rupu dubine oko 15 do 20 cm. Zatim se okrugli cementirani prsten ukopava u zemlju tako da bude na njenoj površini te se unutar prstena stavlja plastična kalenica koja također mora biti postavljena u razini površine zemlje kako bi se osigurao siguran put ulova entomofaune (Slika 10.). Rupa zajedno s mamcem se zatrpava zemljom do vrha tako da je na kraju vidljiv cementirani okvir i vrh kalenice te se mamac ispuni smjesom vode i soli čija je zadaća usmrtiti ulovljene kukce. Pitfall mamac se mijenjao tako da bi se kalenica vadila iz zemlje, voda zajedno s kukcima koja je bila unutar kalenice prelijevala se u plastične posudice koje su bile označene brojem, datumom sakupljanja uzoraka, lokacijom provođenja pokusa. Na kraju se kalenica vraćala u zemlju te se punila smjesom vode i soli.



Slika 10. Postavljanje pitfall mamca (Foto: Uglješić, S., 2019).

Figure 10. Setting the pitfall trap (Photo: Uglješić, S., 2019).

Endogejski mamci

Endogejski mamac se postavljao odmah do pitfall mamca na razmak od 30 cm. Endogejski mamac je plastična cijev dugačka 40 do 50 cm koja se postavlja u zemlju (Slika 11.). Prvi korak postavljanja ovog mamca je bio iskopati rupu dubine 40 do 50 cm, a da bi se rupa iskopala koristila se sonda. Drugi korak je ulijevanje smjese vode i soli u valjkasti čep koji sadrži ovaj mamac te na kraju umetanje endogejskog mamca u zemlju koji mora biti u ravnini s površinom tla. Pražnjenje endogejskog mamca se provodilo na način da se mamac vadio iz zemlje, voda zajedno s kukcima se prebacivala u plastične posudice s navedenim podacima te se na kraju endogejski mamac ponovno ispunio smjesom vode i soli, kao što je to slučaj i kod pitfall mamca.



Slika 11. Endogejski mamac (Foto: Uglješić, S., 2019).

Figure 11. Endogeic trap (Photo: Uglješić, S., 2019).

Žute ljepljive ploče

Na polje lucerne postavljane su četiri žute ljepljive ploče na jednaku udaljenost po sredini usjeva. Za postavljanje žutih ljepljivih ploča bili su potrebni drveni štap koji je bio uboden u zemlju i same žute ljepljive ploče koje su postavljane na sredinu štapa (Slika 12.). Prilikom prikupljanja kukaca ploče su skidane s drvenog štapa. Na njih je potom stavljana aluminijska folija da bi se zaštitili kukci te da bi ostali neoštećeni do identifikacije. Nova žuta ljepljiva ploča stavljana je na drveni štap svakih tjedan dana.



Slika 12. Postavljena žuta ljepljiva ploča (Foto: Uglješić, S., 2019).

Figure 12. Installed yellow sticky trap (Photo: Uglješić, S., 2019).

Kečer

Za ulov entomofaune lucerne koristio se i kečer (entomološka mreža). Radi se o drvenom štapu na čijem se vršnom dijelu nalazio metalni obruč na koji se nastavljala platnena mreža, koja služi za ulov kukaca. Kečer se primjenjivao jednakim zamasima oko 20 puta po vrhu lucerne. Kečerom bi se mahalo na pet različitih mjesta koji su određeni na način da čine slovo W i taj bi se postupak ponavljao 20 puta na svakom od tih odabranih mjesta. Kukci uhvaćeni kečerom bi se premještali u označene plastične posude ispunjene 70 %-tnim alkoholom.

Rezultati istraživanja

U prvom očitavanju ukupno najviše štetne entomofaune prikupljeno je u pitfall mamcima (94,2 %), a većina jedinki pripadala je redu Collembola (93,9 % ukupnog ulova). Ostatak u tim mamcima je činio red Coleoptera (0,4 % ukupnog ulova). Na žutim pločama ulovljeno je 5,8 % ukupnog ulova kukaca, a sve su jedinke pripadale redu Hymenoptera (5,7 % ukupnog ulova). Niti jedan štetnik nije ulovljen u endogejskim mamcima ili kečerom (Tablica 1.).

Tablica 1. Entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 27. veljače, 2019.
Table 1. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on February 27, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Pterostichus anthracinus</i>	1
	Collembola	Collembola sp.	260
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Hymenoptera	Hymenoptera sp.	16
Kečer	-	-	0
Ukupno			277

U drugom očitavanju ukupno najviše jedinki (58,1 %) ulovljeno je na žutim pločama, a većina je pripadala redu Diptera. Red Diptera činio je 81,5 % ukupnog ulova na svim mamcima, a prikupljene su i jedinke iz redova Coleoptera (10,8 %) i Hemiptera (4,1 %). Najmanje štetnika je uhvaćeno u pitfall mamcima (dvije jedinke) i endogejskim mamcima (tri jedinke), dok je kečerom ulovljeno 35,1 % ukupnog ulova u očitavanju (Tablica 2.).

Tablica 2. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 6. ožujka, 2019.
Table 2. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on March 6, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	2
Endogejski mamci	Coleoptera	<i>Agriotes ustulatus</i>	1
	Coleoptera	<i>Athous niger</i>	1
	Diptera	Diptera sp.	1
Žute ploče	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	2
	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	2
	Diptera	Diptera sp.	39
Kečer	Diptera	Diptera sp.	23
	Hemiptera	Cicadidae sp.	3
Ukupno			74

U trećem očitavanju najveći broj ukupno prikupljenih štetnika pripadao je redu Hemiptera, porodici Aphididae (71,6 %), a ukupno najmanji broj pripadao je redu Coleoptera (5,2 %). Na mamcima su prikupljeni i pripadnici reda Diptera (23,2 % ukupnog ulova). Najviše štetnika (80,7 %) ulovljeno je pitfall mamcima i kečerom (19,3 %), dok u endogejskim mamcima i na žutim pločama nije bilo uhvaćenih kukaca (Tablica 3.).

Tablica 3. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 13. ožujka, 2019.
Table 3. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinevec on March 13, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	2
	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	2
	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	4
	Diptera	Diptera sp.	6
	Hemiptera	Aphididae sp.	111
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	-	-	0
Kečer	Diptera	Diptera sp.	30
Ukupno			155

Sredinom ožujka, u četvrtom očitavanju, niti jedna jedinka kukaca nije ulovljena u endogejskim mamcima, niti na žutim pločama ili kečerom (Tablica 4.). Jedinke su prikupljene jedino pitfall mamcima i pripadale su redovima Collembola (89,1 %) i Coleoptera (10,9 %).

Tablica 4. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 20. ožujka, 2019.
Table 4. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinevec on March 20, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Amara aenea</i>	1
	Coleoptera	<i>Phyllobius pyri</i>	2
	Coleoptera	<i>Ceutorhynchus assimilis</i>	2
	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	6
	Collembola	Collembola sp.	90
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	-	-	0
Kečer	-	-	0
Ukupno			101

Najveći ukupni broj prikupljene entomofaune u petom očitavanju bio iz reda Diptera (88,9 %), a navedeni kukci su bili ulovljeni samo na žutim pločama. Preostale jedinke pripadale su redu Coleoptera (11,1 %), a ulovljene su podjednako u pitfall mamcu i kečerom. U ovom pregledu niti jedna jedinka nije nađena u endogejskim mamcima (Tablica 5.).

Tablica 5. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 28. ožujka 2019.
Table 5. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on March 28, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	1
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Diptera	Diptera sp.	16
Kečer	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	1
Ukupno			18

U šestom pregledu mamaca prikupljeni su kukci iz samo dva reda. Ukupno najviše entomofaune prikupljeno je iz reda Diptera (89,4 %), a red Coleoptera činio je ostatak ukupnog ulova (10,6 %). Kukci su ulovljeni na žutim pločama (74,5 %) i kečerom (25,5 %), dok u pitfall i endogejskim mamcima nije bilo ulova. Kukci iz reda Diptera ulovljeni su većinom na žutim pločama, dok su kukci iz reda Coleoptera nešto više ulovljeni kečerom nego na žutim pločama (Tablica 6.).

Tablica 6. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 2. travnja 2019.
Table 6. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on April 2, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	-	-	0
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	3
	Diptera	Diptera sp.	67
Kečer	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	7
	Diptera	Diptera sp.	17
Ukupno			94

Sredinom travnja, u sedmom očitavanju mamaca, također su prikupljeni kukci pripadali u samo dva reda. Red Coleoptera činio je većinu ukupnog ulova (90,8 %), dok je red Hemiptera činio ostatak (6,9 %). Ukupno najviše jedinki ulovljeno je kečerom (57,4 %), slijede žute ploče (34,4 %) i pitfall mamci (8,04 %). U ovom očitavanju ni jedna jedinka nije nađena u endogejskim mamcima. Pripadnici reda Coleoptera hvatani su na svim mamcima (osim endogejskim), a pripadnici reda Hemiptera ulovljeni su samo kečerom (Tablica 7.).

Tablica 7. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 17. travnja, 2019.
Table 7. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on April 17, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Oulema melanopus</i>	2
	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	3
	Coleoptera	<i>Agriotes gallicus</i>	2
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	4
	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	4
	Diptera	Diptera sp.	22
Kečer	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	20
	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	4
	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	20
	Hemiptera	<i>Adelphocoris lineolatus</i>	6
Ukupno			87

U osmom očitavanju ukupno najviše entomofaune prikupljeno je na žutim pločama (81,8 %), a jedinke su bile većinom iz reda Diptera. Pored reda Diptera, koji je činio 86,1 % ukupnog ulova, prikupljene su i jedinke iz reda Coleoptera (7,5 %). Po prvi puta tijekom praćenja štetne entomofaune lucerne ulovljeni su pripadnici reda Lepidoptera, koji su činili 6,2 % ukupnog ulova. Pripadnici reda Coleoptera ulovljeni su pitfall i endogejskim mamcima, pripadnici reda Lepidoptera ulovljeni su na žutim pločama, a pripadnici reda Diptera na žutim pločama i kečerom (Tablica 8.).

Tablica 8. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 24. travnja, 2019.
Table 8. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on April 24, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	10
Endogejski mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	2
Žute ploče	Diptera	Diptera sp.	128
	Lepidoptera	Lepidoptera sp.	10
Kečer	Diptera	Diptera sp.	7
Ukupno			157

Početkom svibnja (deveto očitavanje mamaca) u ukupnom ulovu prikupljene su uglavnom jedinke iz reda Diptera (27,9 %) i Hemiptera (47,8 %), a ostatak su činili pripadnici reda Coleoptera (20,6 %). Najviše ukupnog ulova prikupljeno je kečerom (52,82 %), slijede žute ploče (45,84 %) i pitfall mamci (1,33 %). U endogejskim mamcima nije nađena ni jedna jedinka (Tablica 9.).

Tablica 9. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 3. svibnja, 2019.
Table 9. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on May 3, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	4
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	42
	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	16
	Diptera	Diptera sp.	74
Kečer	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	8
	Coleoptera	<i>Otiorhynchus ligustici</i>	3
	Diptera	Diptera sp.	4
	Hemiptera	Hemiptera sp.	4
	Hemiptera	Pentatomidae sp.	15
	Hemiptera	Aphididae sp.	125
Ukupno			295

U desetom očitavanju entomofaune prikupljeno iz reda Diptera (54,05 %) a najmanje iz reda Hemiptera (5,4 %). Najmanje štetnika je uhvaćeno u endogejskim mamcima, dok je najviše štetnika uhvaćeno na žutim pločama (Tablica 10.).

Tablica 10. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 8. svibnja, 2019.
Table 10. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on May 8, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	7
	Diptera	Diptera sp.	1
Endogejski mamci	-	-	0
Žute ploče	Diptera	Diptera sp.	35
	Lepidoptera	Lepidoptera sp.	1
	Hymenoptera	Hymenoptera sp.	14
Kečer	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	8
	Diptera	Diptera sp.	4
	Hemiptera	Hemiptera sp.	4
Ukupno			74

U zadnjem očitavanju ulovljeni su pripadnici iz tri reda: Coleoptera (37,7 %) i Diptera (43,5 %) te nešto manje Hemiptera, odnosno porodice Aphididae (9,43 %). U pitfall mamcima i endogejskim mamcima ulovljene su svega dvije jedinke po mamcu. Pripadnici reda Coleoptera ulovljeni su svim mamcima (najviše kečerom). Pripadnici reda Diptera ulovljeni su brojčano gotovo podjednako na žutim pločama i kečerom, dok su pripadnici reda Hemiptera ulovljeni samo kečerom (Tablica 11.).

Tablica 11. Štetna entomofauna prikupljena na lucerni u Šašinovcu 17. svibnja, 2019.

Table 11. Entomofauna collected in the alfalfa field in Šašinovec on May 17, 2019.

MAMCI	RED	VRSTA	BROJ
Pitfall mamci	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	2
Endogejski mamci	Coleoptera	Coleoptera sp.	2
Žuta ploča	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	40
	Coleoptera	<i>Canthoris rustica</i>	2
	Coleoptera	<i>Harmonia axyridis</i>	1
	Diptera	Diptera sp.	76
	Hemiptera	Pentatomidae sp.	2
Kečer	Coleoptera	<i>Gonioctena fornicata</i>	45
	Coleoptera	<i>Meligethes aeneus</i>	8
	Diptera	Diptera sp.	40
	Hemiptera	Aphididae sp.	25
	Hemiptera	Pentatomidae sp.	20
Ukupno			263

U istraživanju entomofaune lucerne prikupljeno je ukupno 1595 jedinki kukaca (Tablica 12.). Determinacijom je utvrđeno da pripadaju u šest različitih redova. Ukupno najviše entomofaune na lucerni pripada redu Diptera (36,99 %). Podjednak broj jedinki ulovljen je iz redova Collembola (21,94 %), Hemiptera (19,75 %) i Coleoptera (18,75 %). Najmanje jedinki ulovljeno je iz reda Hymenoptera (1,88 %) i reda Lepidoptera (0,69 %).

Tablica 12. Ukupna brojnost entomofaune prikupljene na lucerni u Šašinovcu tijekom 2019.

Table 12. Total entomofauna collected in alfalfa field in Šašinovec during 2019.

RED	BROJNOST
Diptera	590
Collembola	350
Hemiptera	315
Coleoptera	299
Hymenoptera	30
Lepidoptera	11
Ukupno	1595

Entomofauna lucerne prikupljana je različitim metodama sakupljanja, jer su hvatani kukci koji se nalaze u tlu, koji se kreću po površini tla i kukci koji lete, odnosno nalazimo ih u nadzemnim dijelovima biljke. S obzirom na različite vrste korištenih mamaca, najviše jedinki ulovljeno je na žutim pločama (38,62 %), slijede pitfall mamci (32,66 %) i kečer (28,28 %), dok je najmanje štetnika ulovljeno korištenjem endogejskih mamaca (0,44 %) (Tablica 13.).

Tablica 13. Ukupna entomofauna prikupljena na lucerni različitim metodama hvatanja štetnika (Šašinovec, 2019.)

Table 13. Total entomofauna collected in alfalfa field by different methods of pest capture (Šašinovec, 2019).

MAMCI	BROJNOST
Pitfall mamci	521
Endogejski mamci	7
Žute ploče	616
Kečer	451
Ukupno	1595

Rasprava i zaključak

Lucerna je važna poljoprivredna kultura te svoj značaj ima u gospodarstvu, poljoprivredi kao krmna kultura, vrlo je važna za plodored te ima neizostavnu nutritivnu vrijednost (Leto, 2017). Kao što je to slučaj sa svakom uzgajanom kulturom, kod lucerne je također potrebno poznavati korisnu i štetnu entomofaunu kako bi se mogli optimizirati uvjeti održavanja i njege usjeva, te kako bi se moglo odrediti optimalno vrijeme i način zaštite nasada (Maceljki, 2002).

Istraživanjem, koje su proveli Kullaj et al. (2005) na jednogodišnjem usjevu lucerne, zabilježena je najveća pojava vrsta iz redova Coleoptera i Homoptera te u svom radu ističu kako je najveći broj štetnika uhvaćen u proljeće. Ti rezultati se ne podudaraju u potpunosti s rezultatima dobivenim na pokušalištu Šašinovec, gdje su kao vodeća populacija zabilježeni kukci iz reda Diptera. Petanec et al. (2015) ističu kako je red Coleoptera najznačajniji predstavnik entomofaune kada je riječ o lucerni, budući da je zastupljen u najvećem broju. Istraživanje su proveli u periodu od travnja do srpnja četiri uzastopne godine (od 2011. do 2014.). U svom radu navode kako su vremenske prilike imale veliki utjecaj na količinu prikupljenih štetnika što je vidljivo iz podataka koji pokazuju kako je najveći postotak ukupnih štetnika iz istraživanja uhvaćen 2012., kada su bile više temperature te manja količina oborine, u odnosu na 2013. godinu koju su karakterizirale niže temperature te veća količina oborine. Obilne kiše su utjecale na prikupljanje štetnika i na pokušalištu Šašinovec te se pretpostavlja kako bi broj uhvaćenih štetnika bio veći u uvjetima manjih oborina te viših temperatura. Obilne kiše u periodu praćenja pojave štetnika su otežale njihovo hvatanje stoga podaci o brojnosti štetnika u našem istraživanju nisu u potpunosti reprezentativni.

Kao najzastupljenije porodice reda Coleoptera, Petanec et al. (2015) navode porodice Curculionidae, Coccinellidae i Chrysomelidae. U našem istraživanju utvrđeno je pet različitih porodica reda Coleoptera: Curculionidae, Elateridae, Nitidulidae, Chrysomelidae i Carabidae. Vrste utvrđene iz prve četiri porodice ubrajamo u štetne vrste kukaca na lucerni, dok su pripadnici porodice Carabidae korisni kukci koji se hrane štetnicima.

Kao najčešće uhvaćene i najzastupljenije štetne vrste Petanec et al. (2015) navode vrste *Hypera postica*, *Sitona* vrste, *Otiorrhynchus ligustici*, *Gonioctena fornicata* i druge, odnosno prevladavaju vrste reda Coleoptera. Pojedine štetne vrste, koje se svrstavaju među najvažnije štetne vrste lucerne (kao npr. *Hypera postica*, *Sitona* vrste) nisu zabilježene u ovom istraživanju. Razlog njihove manje zastupljenosti ili potpunog izostanka bi se mogao pripisati vremenskim prilikama koje su otežale hvatanje ili usporile razvoj pojedinih štetnika. Kraći vremenski period provođenja istraživanja na pokušalištu Šašinovec također je imao utjecaj na brojnost i vrste uhvaćenih jedinki, budući da se različite vrste pojavljuju tijekom cijele vegetacije ili u određenim periodima.

Najviše štetne entomofaune prikupljeno je pomoću žutih ljepljivih ploča, budući da se radi o vizualnim mamcima koji svojom bojom privlače kukce. Najmanje jedinki u cijelom istraživanju prikupljeno je u endogejskim mamcima. Razlog tomu su pretpostavljamo vremenske neprilike, odnosno kiša koja je uzrokovala ispiranje endogejskih mamaca i onemogućila prikupljanje pojedinih vrsta kukaca koji su dio podzemne entomofaune. Ovakvo faunističko istraživanje bilo bi dobro ponoviti i provesti ga kroz cijeli vegetacijski period lucerne, kako bi se dobio što bolji uvid u entomofaunu prisutnu na području Šašinovca.

Literatura

Blažinkov, M., Uher, D., Čolo, J., Štafa, Z., Sikora, S. (2012). Učinkovitost primjene bakterizacije u uzgoju lucerne na području Bjelovarsko-bilogorske županije. *Mljekarstvo*, 62(3), 200-206.

Gregić, Z. (2017). Lucerna za proizvodnju voluminozne krme. Diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Kozina A., Bažok R. (2013). Žičnjaci i sovce pozemljuše u krumpiru. *Glasilo biljne zaštite*, 13(4), 289-296.

Kullaj, E., Çakalli, A., Shahini, S., Varaku, S. (2005). Entomofaunistic study on alfalfa, a precondition to the biological control of its pests. Conference: 1st Congress of Plant Protection "Environmental Concern and Food Safety" and XXXth Meeting for Plant Protection in the Republic of Macedonia; 2005.

Leto, J. (2017). Lucerna – kraljica krmnih kultura. *Mljekarski list*, 54(1), 34-38.

Macelj M. (2002). *Poljoprivredna entomologija*. Zrinski, Čakovec.

Mielmann, A. (2013). The utilisation of lucerne (*Medicago sativa*): a review. *British Food Journal*, 115(4), 590-600.

Petanec, D. I., Micu, L. M., Bizau, G., Cotuna, O. (2015). Study on the evolution of the coleoptera in the alfalfa crop in the Sag-Timiş. *Research Journal of Agricultural Science*, 47(1), 153-158.

Statistički ljetopis Republike Hrvatske (2018). Državni za statistiku Republike Hrvatske. (Dostupno na: https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2018/sljh2018.pdf, posjećeno: 02. 07. 2021.)

Stjepanović, M., Zimmer, R., Tucak, M., Bukvić, G., Popović, S., Štafa, Z. (2009). Lucerna. Sveučilište Josipa Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku i Poljoprivredni institut Osijek, Grafika, Osijek.

Zečić, H. (2017). Ljekovita i nutritivna vrijednost lucerne (*Medicago sativa* L.). Završni rad, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Primljeno: 08. rujna 2021. godine

Received: September 08, 2021

Prihvaćeno: 19. listopada 2021. godine

Accepted: October 19, 2021

**Europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) –
biologija, ekologija, morfologija i suzbijanje**

Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) – biology, ecology, morphology and control

Klara Barić^{1*}, Zvonimir Ostojić¹, Ana Pintar¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.4.4.4

Citiranje/Citation²

Sažetak

Invazivna alohtona vrsta europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) danas je jedna od najagresivnijih i najštetnijih korovnih vrsta u Hrvatskoj. Jakim habitusom s naglašeno velikim listovima vrlo brzo može zasjeniti uzgajanu kulturu uzrokujući značajne gubitke prinosa. Relativno krupno sjeme omogućuje mu nicanje i iz dubljih slojeva tla što zbog kontinuiranog nicanja s različitih dubina iz tla predstavlja problem u suzbijanju. Uz spomenuto, dormantnost sjemena ograničava prognozu nicanja i uspješno suzbijanje ove vrste. Kompeticija mračnjaka, osim morfološkim značajkama, izražena je i alelopatskim sposobnostima. Europski mračnjak eksudatima svih biljnih dijelova može izazvati inhibiciju rasta i razvoja biljaka u svojoj blizini. Za pouzdano i učinkovito suzbijanje europskog mračnjaka, osobito u kulturama slabijih kompetitivnih sposobnosti, nužno je integrirati sve raspoložive mjere suzbijanja.

Ključne riječi: *Abutilon theophrasti*, morfološke značajke, alelopatska svojstva, suzbijanje, invazivna vrsta.

Abstract

The invasive allochthonous species *Abutilon theophrasti* Medik. is one of the most aggressive and harmful weed species in Croatia. Due to its strong growth with conspicuously large leaves, it can very quickly overshadow the cultivated crop and cause significant yield losses. Relatively large seeds enable it to germinate from deeper soil layers, which poses a problem in control as it germinates continuously from different depths of the soil. Seed dormancy further limits the prediction of germination as well as successful control of this species. In addition to morphological characteristics,

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

* E-mail: apintar@agr.hr.

² Barić, K., Ostojić, Z., Pintar, A. (2021). Europski mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.) – biologija, ekologija, morfologija i suzbijanje. *Glasilo Future*, 4(4), 56–64. / Barić, K., Ostojić, Z., Pintar, A. (2021). Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) – biology, ecology, morphology and control. *Glasilo Future*, 4(4), 56–64.

competition from *A. theophrasti* is also expressed through allelopathic capabilities. *A. theophrasti* can cause inhibition of plant growth and development in its environment through exudates from all parts of the plant. For reliable and effective control of *A. theophrasti*, especially in crops with weak competition, it is necessary to integrate all available control methods.

Key words: *Abutilon theophrasti*, morphological characteristics, allelopathic properties, control, invasive species.

Uvod

Vrsta *Abutilon theophrasti* je jednogodišnja zeljasta biljka koja potječe iz Kine, Tibeta, Mandžurije, Koreje (Kovačević, 1974; Mitich, 1991). Isti autori ističu da je na spomenutim područjima vrsta davno kultivirana kao tekstilna biljka za proizvodnju vlakana za različite potrebe. Za istu svrhu s brojnim namjenama (tkanine, rublje, užad, cerade, šatori, jedra, vreće, špage i sl.), uz konoplju, lan i pamuk, i na našim prostorima spominje ju Todorić davne 1968. Naziva ju lipica.

Ova vrsta pripada porodici Malvaceae (sljezovi) s više od 900 vrsta iz 42 roda (Hanf, 1982). Rod *Abutilon* obuhvaća približno 150 vrsta. Prema Zimdahlu (1989) naziv ove biljne vrste potječe od originalne arapske riječi *abutilon* što znači sljezolika biljka (Malvaceae) koju je vjerojatno "skovao" arapski filozof Avicenna ili drugim imenom Ibn-Sina (oko 900 god. pr. Kr.). Zbog toga je jedan od sinonima za ovu vrstu *Abutilon avicennae* Gaertn. Prema Simonoviću (1959) naziv ovog roda je kovanica gdje su značenja *a* = ne, bez; *bus* = bik i *tilos* = proljev što znači da je ova biljka davana stoci protiv proljeva. Zimdahl (1989) navodi da je naziv ove vrste povezan i s oblikom lista duda (mulberry) jer je list vrsta roda *Abutilon* sličan listu duda. Naziv vrste (*theophrasti*) dan je u počast grčkom filozofu Theophrastusu. Kako je i uobičajeno, promjene naziva, odnosno sinonimi za istu biljnu vrstu tijekom vremena se, ovisno o vremenu i autoru, mijenjaju (reklasificiraju). Simonović (1959) navodi i nazive *A. pubescens* Moench, *Sida abutilon* L., *Sida tiliifolia* Fisch. Prema Mitichu (1991) današnji naziv mračnjaka (*Abutilon theophrasti*) prema grčkim riječima "skovao" je njemački botaničar F. C. Medicus (1736-1808). Hrvatski autori (Schlosser i Farkaš-Vukotinović, 1869; Šulek, 1879; Kovačević, 1974; Domac 1994) ovu vrstu u Hrvatskoj davno spominju pod različitim narodnim nazivima (žutosljez, žuti sljez, veliki sljez, duga konoplja, duga konopljika, mračnjak pusteni, lipica, evropski mračnjak, mračnjak) što upućuje na botaničku pripadnost i na namjenu ove vrste. Hulina (1998) ju spominje pod nazivom Teofrastova lipica. Ista autorica navodi da je ova vrsta iz uzgoja "pobjegla" u "divljinu" i postala prijetnja prirodnom biljnom pokrovu.

Iako se u Hrvatskoj davno spominje, kao korovna vrsta u poljoprivredi javlja se znatno kasnije, početkom 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća (Flegar i Novak, 2005; Ostojić, 2010). Špoljarić (1982) izvještava da je vrsta *Abutilon theophrasti* novi problem ratarskih površina na PIK-u Belje. Prema ovom izvoru može se zaključiti da je u početku pojava mračnjaka imala lokalni značaj, odnosno

rasprostranjenost, ovisno o lokaciji, nije bila ujednačena. Tako prema analizi poljskih pokusa Zavoda za herbologiju tijekom 15-godišnjeg razdoblja (od 1985. do 1999.) na 95 različitih pokusnih lokacija na kontrolnim (netretiranim) parcelama utvrđeno je da je učešće europskog mračnjaka iznosilo samo 6 %. Za usporedbu, u isto vrijeme učešće nativnih korovnih vrsta (loboda bijela, dvornici, šćir, ambrozija, slak, koštan i muhari) u usjevu kukuruza kretalo se od 42 % (muhari) do 91 % koštana (Šehrić, 2000). Međutim, europski mračnjak danas u poljoprivrednoj praksi ima puno veći značaj. Istu tvrdnju za svoje zemlje navode brojni autori. Mitich (1991) navodi da se 1982. u Sjevernoj Americi utrošilo 114 milijuna dolara za suzbijanje mračnjaka u kukuruзу i 229 mil. dolara za suzbijanje u soji. Također ističe da je gubitak prinosa soje zbog ne suzbijanja ove vrste procijenjen na milijardu dolara.

U novije vrijeme u poljoprivrednoj praksi češće se koristi naziv europski mračnjak, mračnjak i Teofrastova lipica (list sličan listu lipe). Čak ju i Schlosser i Farkaš- Vukotinović (1869) spominju pod nazivom mračnjak. Isti autori pod ovim imenima u to vrijeme navode da se javlja na području Moslavine, Požeške kotline i Srijema. Naziv mračnjak vezan je uz bujnu nadzemnu masu ove vrste, osobito zbog velike površine listova koji zasjenjuju ostale biljne vrste u svojoj blizini.

Kako je spomenuto, invazivne alohtone vrste imaju specifične sposobnosti prilagodbe na novim prostorima od kojih se, osim morfoloških značajki, ističu alelopatska svojstva, odnosno sposobnost da svojim eksudatima inhibitorno utječu na ostale biljke u svojoj blizini što im dodatno omogućuje invazivnost na novim prostorima. Zbog toga ju u Hrvatskoj u prvom redu spominjemo kao važnu korovnu vrstu u brojnim širokorednim (okopavinskim) kulturama.

Biologija, ekologija i morfologija europskog mračnjaka

Važnost poznavanja biologije, ekologije i morfologije korova i njihovog uključivanja u sustav suzbijanja Zimdahl (2007b) obrazlaže činjenicom da se u tzv. "eri kemije" fokus interakcije kultura i korova odnosio na glavno pitanje "*definirati problem (korov) i odabrati rješenje (herbicide)*". Danas se zbog zaštite zdravlja ljudi, okoliša i bioraznolikosti izučava (i aplicira) puno kompleksnija interakcija većeg broja čimbenika (kultura-korov-okoliš-agrotehničke mjere). Stoga isti autor navodi da je danas glavno pitanje "*definirati problem i postaviti pitanje - od kud korov na ovoj njivi*". Naime, vrlo je kompleksna interakcija poljoprivrede i okoliša. Poljoprivrednik svojim zahvatima ima važan utjecaj na agroekosustav i na okoliš općenito. Stoga je važno poznavati posljedice (i pozitivne i negativne) agrotehničkih zahvata na okoliš kao i mogućnosti ublažavanja negativnih utjecaja. Sve je veći udio istraživanja u području biologije, ekologije i invazivnosti korova (Barić et al., 2018). Isti autori ističu fokuse recentnih istraživanja na mogućnost prognoze nicanja korovnih vrsta u usjevu ovisno o temperaturi i vlazi tla, dubini tla na kojoj se nalazi sjeme korova i utjecaju obrade tla na dinamiku populacije, alelopatski potencijal pojedinih korovnih vrsta kao dio biljnih interferencija, fitocenološka istraživanja sastava korovne flore i sl.

S gledišta morfoloških značajki europskog mračnjaka, kao i za ostale korovne vrste, veličina sjemena je važno svojstvo korovne vrste u kompeticiji s uzgajanim usjevom. Prema Kovačeviću (1974) sjeme mračnjaka (Slika 1) dugo je i široko 2,75 - 3,25 mm i debljine 1,5 - 1,75 mm. Masa 1000 sjemenki iznosi 8 - 12 g. Da je riječ o relativno krupnom sjemenu govori usporedba istog autora sa sjemenom također važne korovne vrste *Chenopodium album* L. kod koje masa 1000 sjemenki iznosi samo 1,15 g, gotovo 10 puta manje nego kod mračnjaka. Upravo krupnoća sjemenki ove vrste omogućuje joj nicanje iz dubljih slojeva tla što zbog kontinuiranog nicanja s različitih dubina iz tla predstavlja problem u suzbijanju ove korovne vrste. Tvrdna sjemena ovojnica štiti vijabilnost, te sjemenke bez oštećenja prolaze kroz probavni trakt životinja.



Slika 1. Sjeme korovne vrste *Abutilon theophrasti* (Foto: Pintar, A.).

Figure 1. *Abutilon theophrasti* seed (Photo: Pintar, A.).

Prema Slici 1. vidljivo je da je sjeme spljošteno i bubrežastog oblika. Osim krupnog sjemena treba istaknuti i ostale morfološke značajke ove vrste. Visina ove biljke, lisna površina i dubina korijena u uskoj su vezi s okolišem u kojem se razvija. Naime, broj sjemenki po biljci i morfološke značajke u uskoj su vezi s brojem jedinki po jedinici površine te kompetitivnim sposobnostima kulture i/ili korova koje rastu u blizini. Slika 2. prikazuje da je rast i razvoj suncokreta bio znatno brži od rasta mračnjaka. Treba istaknuti da je priprema tla za sjetvu obavljena isti dan kad i sjetva. Slično navodi i Benvenuti 1994. (cit. Novak, 2007) da zasjenjene biljke daju oko 60 % manji broj sjemenki po biljci.



Slika 2. Usporedni prikaz razvoja suncokreta i europskog mračnjaka (Foto: Barić, K.).

Figure 2. A comparative view of the development of sunflower and *Abutilon theophrasti* (Photo: Barić, K.).

Ovisno o vrsti istraživanja i uvjetima okoliša, navode se različiti podaci o morfološkim značajkama ove vrste. Prema nekim istraživanjima uvjeti okoliša utječu na duljinu dormantnosti sjemena i permeabilnost sjemene ovojnice. Ukoliko mračnjak raste s kompetitivnim biljkama (kukuruz, suncokret i sl.) stvara slabiju sjemenu ovojnicu čime se dormantnost sjemena smanjuje. Dubina na kojoj se nalazi sjeme korova u tlu važan je čimbenik koji određuje dormantnost sjemena, odnosno njegovu vijabilnost (Hulina, 1998). Važan je podatak da sjeme može zadržati vijabilnost u tlu i do 50 godina (Warwick i Black, 1988). Ostojić (2010) i Hulina (2011) navode da je mračnjak uspravna i uglavnom nerazgranjena (pri vrhu razgranjena) vrlo snažna biljka. Visinom doseže od 0,5 do 1,5 m ali može doseći i do 3 m, ovisno o uvjetima okoliša gdje raste. Listovi su naizmjenični na dugim peteljka (Slika 3). Lice i naličje lista prekriveno je gustim baršunastim dlačicama, odakle i potječe engl. naziv za biljku "velvetleaf". Cvjetovi su pojedinačni u pazušcima listova. Krupni su, svjetlo žute boje i upravo zbog lijepog izgleda cvjetova i krupnih listova često se koriste kao ukrasne biljke što doprinosi širenju ove štetne vrste (Novak, 2007). Plod je tobolac duljine 1,3 - 2,5 cm i promjera 2,5 cm s 12-15 pregrada u kojima se prosječno nalaze po tri sjemenke (Hulina, 2011). Ostojić (2010) navodi da jedna biljka soliter može donijeti i do 17 000 sjemenki. Prema rezultatima istraživanja bioloških parametara Huline (2000) gustoća biljaka kretala se od 6 do 12/m², visina od 211 do 281 cm, površina lista 300,4-470,6 cm², a produkcija po biljci iznosila je 2700-6530 sjemenki.



Slika 3. Listovi korovne vrste *Abutilon theophrasti* (Foto: Pintar, A.).

Figure 3. *Abutilon theophrasti* leaves (Photo: Pintar, A.).

Osim bujne nadzemne mase i korijenov sustav mračnjaka je vrlo snažan. Korijen je jak, vretenast, prodire duboko i snažne je sorpcijske snage, osobito u sušnim uvjetima što mu omogućuje jaku kompeticiju s kulturnim i korovnim biljkama koje rastu u blizini (Mitich, 1991).

Kompeticija mračnjaka, osim morfološkim značajkama, izražena je i alelopatskim sposobnostima. Eksudati svih dijelova biljke mogu izazvati inhibiciju rasta i razvoja biljaka u svojoj blizini. Prema istraživanju Poropat (2007) vodeni ekstrakt mračnjaka inhibirao je duljinu klicina korjenčića kukuruza za 48,9 %. Znatnu inhibiciju na duljinu klicinog korjenčića (60,2 %) i duljinu klice (75,86 %) uljane repice utvrdio je i Novak (2007).

Suzbijanje europskog mračnjaka

Osim pozitivnih svojstava, zbog kojih se u početku i uzgajao (tekstilna biljka), mračnjak je uglavnom vrlo štetan i opasan korov u poljoprivrednim kulturama. Pretežno je korov okopavina (kukuruz, soja, suncokret, šećerna repa, kupus i druge povrćarske kulture). Iako je već dugi niz godina prisutan u našoj zemlji, njegovo brzo širenje započelo je početkom 80-tih godina prošlog stoljeća, a posebno od sredine 90-tih. Danas je nesumnjivo jedan od najnapasnijih i najagresivnijih korova okopavina u Republici Hrvatskoj. Štete koje nanosi poljoprivrednim usjevima mogu biti ogromne. U jednom istraživanju Zavoda za herbologiju utvrđeno je da jedna biljka po dužnom metru međurednog prostora uzrokuje smanjenje prinosa kukuruza za 22,8 %; tri biljke za 36,6 %; pet za 52,5 %; sedam za 54,6 % a 10 biljaka na istom prostoru za 65,7 % (Kralj, 1991). Iz istog izvora je vidljivo da biljke mračnjaka međusobno (interspecijski) konkuriraju jedna drugoj, odnosno gubitak prinosa nije linearan. U soji 2,5 - 5 biljaka/m² mogu umanjiti prinos za 24-40 % (Mitich, 1991). Ostojić (2010) navodi da ga poljoprivrednici uglavnom još uvijek ne poznaju dovoljno pa ne poduzimaju pravovaljane mjere suzbijanja.

Zbog spomenutih šteta, suzbijanje mračnjaka treba biti sustavno i treba integrirati sve raspoložive mjere. Vrlo su važne kulturalne mjere s ciljem sprječavanja plodonošenja. Širok plodored neizravno smanjuje potencijal banke sjemena u tlu. Naime, u usjevima gustog sklopa (žitarice, uljana repica, lucerna i sl.) mračnjak se ne javlja (Mitich, 1991). Kao i kod drugih korovnih vrsta, svojstvo dormantnosti sjemena predstavlja velik problem kod suzbijanja. Zimdahl (2007a) navodi rezultate Toolea i Browna iz 1946. po kojima je sjeme mračnjaka ukopano u tlo na različite dubine zadržalo klijavost od 38 % nakon 39 godina. Također iznosi rezultate Warwicka i Blacka (1988) koji su ustanovili da sjeme mračnjaka na području Kanade zadržava vijabilnost u tlu i nakon 50 godina. Mitich (1991) navodi postotak klijavog sjemena mračnjaka nakon četiri godine (od početnih 53 milijuna sjemenki po akru = 4047 m²) u različitim načinima gospodarenja. Najmanji postotak (10 %) klijavog sjemena ostao je nakon kontinuirane obrade tla na ugaru, kod kemijskog suzbijanja na ugaru bez obrade tla klijavost je zadržana na 37 %, dok je na površini pod lucernom nakon četiri godine preostalo 56 % klijavog sjemena. Podaci govore o važnosti uključivanja različitih nekemijskih mjera u sustav suzbijanja ove vrste. Isti autor navodi da dugogodišnje oslanjanje na jednokratnu primjenu herbicida u prošlosti nije dalo zadovoljavajuće rezultate te da je doprinijelo njegovu širenju, pa uspješne mjere borbe uz kemijske, moraju obuhvaćati i sve druge raspoložive mjere. Slično navodi i Ostojić (2010) da je nakon žetve spomenutih kultura potrebno tijekom ljeta višekratno buditi sjemenke na nicanje, a zatim ih plitkom obradom tla uništavati. Na ovaj način se može znatno smanjiti potencijal ove biljke, odnosno smanjiti banku sjemena u tlu kao izvor buduće zakorovljenosti.

Ipak se suzbijanje europskog mračnjaka u poljoprivrednim usjevima, pogotovo kod veće zakorovljenosti, najviše zasniva na primjeni kemijskih mjera, odnosno na primjeni registriranih i

učinkovitih herbicida. Ovisno o namjeni u pojedinoj kulturi (registraciji), ova vrsta je osjetljiva ili umjereno osjetljiva na relativno velik broj herbicida registriranih u Hrvatskoj (Barić i Ostojić, 2021).

U Tablici 1. prikazana je relativna osjetljivost (prilagođeno prema brojnim izvorima dostupne svjetske literature) europskog mračajka (*Abutilon theophrasti* Medik.) na herbicide registrirane u Hrvatskoj.

Tablica 1. Relativna osjetljivost europskog mračajka (*Abutilon theophrasti* Medik.) na herbicide registrirane u Hrvatskoj.

Table 1. Relative susceptibility of *Abutilon theophrasti* Medik. to herbicides registered in Croatia.

Herbicid Herbicide	Ocjena Rate	Herbicid Herbicide	Ocjena Rate	Herbicid Herbicide	Ocjena Rate
2,4 - D	8 - 9	imazamoks	7 - 8	prosulfuron	7 - 8
bentazon	7 - 9	izoksafutol	7 - 9	rimsulfuron	7
bromksinil	8 - 9	klomazon	6 - 9	tembotrion	7 - 9
dikamba	7 - 8	mezotrion	9 - 10	terbutilazin	8 - 9
flazasulfuron	8	metribuzin	7 - 9	tienkarbazon	6 - 8
flumioksazin	5 - 7	oksifluorfen	8 - 9	tifensulfuron	7 - 8
foramsulfuron	7 - 9	piridat	7 - 8	topramezon	8 - 10
glifosat	8 - 10	prosulfokarb	8	triflusulfuron	8 - 9

Ocjena učinka: 10 = 95 - 100 %; 9 = 90 - 95 %; 8 = 85 - 90 %; 7 = 80 - 85 %; 6 = 70 - 80 %.

Ocjene manje od 6 ne zadovoljavaju učinkom, stoga podaci o manje učinkovitim herbicidima nisu navedeni.

Osjetljivost, odnosno učinak herbicida uglavnom se označava kao relativna osjetljivost. To znači da osjetljivost nije konstantno svojstvo, odnosno uvjetovano je većim brojem čimbenika. Glavni čimbenici učinka herbicida su razvojna faza korova u vrijeme tretiranja (mlađi korovi su osjetljiviji), uvjeti okoliša (vlaga i temperatura), agrotehnički zahvati u tehnologiji uzgoja te kultura u kojoj se primjenjuju. Povećanje učinka herbicida može se postići dodatkom pomoćnih sredstava (adjuvanata). Zbog već spomenute sposobnosti nicanja s različitih dubina tla i kontinuiranog nicanja, često je potrebna višekratna primjena herbicida (nakon svakog novog ponika korova), osobito u kulturama slabijih kompetitivnih sposobnosti (šećerna repa, povrćarske kulture).

Zaključak

Europski mračaj (*Abutilon theophrasti*) je jedan od najnapasnijih i najagresivnijih korova okopavinskih kultura u Hrvatskoj. Visokim habitusom s naglašenim velikim listovima vrlo brzo zasjeni uzgajanu kulturu uzrokujući znatne gubitke prinosa. Proizvodi veliki broj sjemenki po biljci, a sjeme zbog svojstva dormantnosti dugo godina u banci sjemena tla može zadržati vijabilnost. Iz tog razloga sve nesuzbijene jedinke mračajka u usjevu, unatoč tome što ne moraju uzrokovati pad prinosa

određene kulture, osjemenjivanjem obogaćuju banku sjemena tla te na taj način predstavljaju problem u narednim usjevima. Važan je i s gledišta alelopatskog djelovanja budući da eksudati svih dijelova biljke mogu djelovati inhibitorno na klijanje i rast konkurentskih biljaka. Zbog svega navedenog, učinkovito suzbijanje mračnjaka može se postići jedino integracijom svih raspoloživih mjera suzbijanja.

Literatura

Barić, K., Ostojić, Z. (2021). *Herbicidi*. U: Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2021. godinu. *Glasilo biljne zaštite*, 21(1-2), 231-302.

Barić, K., Šoštarčić, V., Šćepanović, M., Pintar, A., Ostojić, Z. (2018). Recentna znanstvena proučavanja korova i načina suzbijanja. *Glasilo biljne zaštite*, 18(6), 523-530.

Domac, R. (1994). *Flora Hrvatske*. Školska knjiga, Zagreb, 142.

Flegar, Z., Novak, N. (2005). *Europski mračnjak (Abutilon theophrasti Med.)*. Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske.

Hanf, M. (1982). *Ackerunkräuter Europas mit ihren Keimlingen und Samen*. BASF, Ludwigshafen.

Hulina, N. (2011). *Više biljke stablašice*. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb, 103.

Hulina, N. (2000). Verbreitung und Biologie von *Abutilon theophrasti* Med. in Kroatien. *Z. Pfl Krankh. Sonderh.*, 17, 153-158.

Hulina, N. (1998). *Korovi*. Školska knjiga, Zagreb, 25.

Kovačević, J. (1974). *Korovi u poljoprivredi*. Nakladni zavod Znanje, Zagreb, 536.

Kralj, K. (1991). Utjecaj korovne vrste *Abutilon theophrasti* na prinos kukuruza. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.

Mitich, L. W. (1991). *Velvetleaf*. U: Intriguing World of Weeds. *Weed Technology*, 5, 253-255.

Novak, N. (2007). Alelopatski utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) na neke poljoprivredne kulture. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Ostojić, Z. (2010). Mračnjak - sjemenke žive i do 50 godina. *Gospodarski list*, 11, 24.

Poropat, A. (2007). Utjecaj europskog mračnjaka (*Abutilon theophrasti* Med.) i kužnjaka (*Datura stramonium* L.) na klijanje sjemena kukuruza. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Schlosser, J. C., Farkaš-Vukotinović, L. (1869). *Flora Croatica*, Zagreb, 370.

Simonović, D. (1959). *Botanički rečnik imena biljaka*. Izdavačka ustanova srpske akademije nauka, Beograd, 3-4.

Šehrić, A. (2000). Brojnost i učestalost korovnih vrsta u kukuruzu u razdoblju od 1985. do 1999. godine. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

Špoljarić, J. (1982). *Abutilon theophrasti* Med. - novi problem ratarskih površina na PIK-u "Belje". Zbornik radova, Jugoslavensko savetovanje o primeni pesticida, Opatija 7 - 11. 1981., 545-546.

Šulek, B. (1879). *Jugoslavenski imenik bilja*. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 490.

Todorić, I. (1968). *Proizvodnja ratarskih kultura II dio*. Viša poljoprivredna škola Križevci, Križevci, 59.

Warwick, S. I., Black, L. D. (1988). The biology of canadian weeds - *Abutilon theophrasti*. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(4), 1069-1085.

Zimdahl, R. L. (1989). *Weeds and Words. The Etymology of the Scientific Names of Weeds and Crops*. Iowa State University Press Ames, Iowa USA, 4.

Zimdahl, R. L. (2007a). *Consequences of Weed Seed Dormancy*. U: *Fundamental of Weed Science*, Elsevier Academic Press publications, 109-122.

Zimdahl, R. L. (2007b). *Weed Ecology*. U: *Fundamental of Weed Science*, Elsevier Academic Press publications, 123-185.

Primljeno: 20. srpnja 2021. godine

Received: July 20, 2021

Prihvaćeno: 19. listopada 2021. godine

Accepted: October 19, 2021

Inter-populacijska varijabilnost sjemena ambrozije – mehanizam uspješne prilagodbe na različite okolišne uvjete

Inter-population variability of common ragweed seeds – a mechanism of successful adaptation to different environmental conditions

Valentina Šoštarčić^{1*}, Dasen Višić², Maja Šćepanović¹

stručni rad (professional paper)

doi: 10.32779/gf.4.4.5

Citiranje/Citation³

Sažetak

Ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) je invazivna korovna vrsta na području Hrvatske, ali i ostatku Europe. Uspješnost prilagodbe na različite okolišne uvjete omogućili su ovoj vrsti visoku rasprostranjenost i visoku brojnost populacije u gotovo svim dijelovima Hrvatske. Inter-populacijska varijabilnost jedna je od karakteristika ove vrste, a ostvaruje se u različitim morfološkim i funkcionalnim svojstvima ambrozije s različitih lokaliteta (populacija). Morfološka varijabilnost sjemena ili sjemenski polimorfizam je pojava formiranja različitog sjemena unutar same biljke ovisno o poziciji sjemena na majčinskoj biljci, između dviju jedinki unutar iste populacije, ali i između jedinki različitih populacija. Na području kontinentalne Hrvatske, promatrana je morfološka varijabilnost sjemena između različitih populacija ambrozije s deset lokaliteta kontinentalne Hrvatske: Badljeva, Nova Bukovica, Bošnjaci, Šljivoševci, Ivanka, Čazma, Johovec, Dubrovčak Lijevi, Lijeva Martinska Ves i Nevinac, gdje ambrozija redovito zakorovljuje okopavinske usjeve. Za svaku populaciju izračunate su mase 1000 roški (sjemenki) i utvrđena je dimenzija pojedinačnog sjemena. Raspon mase 1000 roški kretao se od 2,39 g do 5,56 g. Duljina roške kretala se u rasponu od 3,65 mm do 4,16 mm, dok se širina roške kretala u rasponu od 1,87 mm do 2,15 mm. Utvrđena je inter-populacijska varijabilnost između populacija. Koeficijent varijabilnosti duljine kretao se u rasponu od 8,8 % do 13,4 %, dok se koeficijent varijabilnosti širine kretao u rasponu od 10,3 % do 14,3 %. Utvrđena je slaba varijabilnost između populacija što potencijalno može značiti i razliku u stupnju dormantnosti i klijavosti.

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

* E-mail: vsostarcic@agr.hr.

² Student preddiplomskog studija Fitomedicina, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

* Izvod iz završnog rada "Morfološka varijabilnost sjemena različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske", Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

³ Šoštarčić, V., Višić, D., Šćepanović, M. (2021). Inter-populacijska varijabilnost sjemena ambrozije – mehanizam uspješne prilagodbe na različite okolišne uvjete. *Glasilo Future*, 4(4), 65–78. / Šoštarčić, V., Višić, D., Šćepanović, M. (2021). Inter-population variability of common ragweed seeds – a mechanism of successful adaptation to different environmental conditions. *Glasilo Future*, 4(4), 65–78.

Ova morfološka mjerenja sjemena ambrozije na području Hrvatske pružaju osnovu za daljnja istraživanja morfološke i funkcionalne varijabilnosti kao doprinos boljem poznavanju biologije ove invazivne vrste.

Ključne riječi: dimenzije sjemena, masa sjemena, Hrvatska, pelinolisni limundžik, *Ambrosia artemisiifolia*.

Abstract

Ambrosia artemisiifolia L. is an invasive weed species in Croatia, but also in the rest of Europe. The success of adaptation to different environmental conditions has enabled this species a high distribution and population size in almost all parts of Croatia. Interpopulation variability is one of the characteristics of this species, which is realized in various morphological and functional traits possessed by this species. Morphological variability of seeds, or seed polymorphism, is visible within the plant itself, depending on the position of the seed on the mother plant, between two individuals within the same population, as well as between individuals of different populations. On the Croatian mainland, the morphological variability of seeds between ten different populations of Badljovina, Nova Bukovica, Bošnjaci, Šljivoševci, Ivankovo, Čazma, Johovec, Dubrovčak Lijevi, Lijeva Martinska Ves, Nevinac was observed and the masses of 1000 horns were calculated and the dimension of individual seeds was determined. 1000 horns ranged from 2.39 g to 5.56 g. The length of the horn ranged from 3.65 mm to 4.16 mm, while the width of the horn ranged from 1.87 mm to 2.15 mm. Interpopulation variability was observed between populations. The coefficient of length variability ranged from 8.8 % to 13.4 %, while the coefficient of width variability ranged from 10.3 % to 14.3 %. Weak variability was found between populations possibly signifying a difference in the degree of dormancy and germination. These morphological measurements of common ragweed seeds in Croatia provide a basis for further studies on morphological and functional variability as a basis for a better knowledge of the biology of this invasive species.

Key words: common ragweed, Croatia, seed dimensions, seed weight, *Ambrosia artemisiifolia*.

Uvod

Pelinolisni limundžik ili ambrozija je invazivna korovna vrsta porijeklom iz Sjeverne Amerike koja se Europom proširila trgovinom sjemenskog materijala. U Hrvatskoj je prvi put zabilježena 1941. u okolini Pitomače (Kovačević i Groman, 1964). Danas se ambrozija nalazi na drugom mjestu prema učestalosti pojave u kontinentalnoj Hrvatskoj, odmah poslije koštana (*Echinochloa crus-galli* L.), odnosno prva po redu kao jednogodišnja širokolisna vrsta (Šarić et al., 2011). Trogodišnjim monitoringom na različitim poljoprivrednim, ruderalnim i urbanim staništima širom Hrvatske, Galzina et al. (2010) utvrđuju prisustvo ambrozije u gotovo cijeloj kontinentalnoj Hrvatskoj osim u nekim priobalnim dijelovima i otocima (Slika 1.).



Slika 1. Rasprostranjenost ambrozije u Hrvatskoj od 2004. do 2006. godine (Izvor: Galzina et al., 2010).

Figure 1. Distribution of common ragweed in Croatia from 2004 to 2006 (Source: Galzina et al., 2010).

Ambrozija se redovito javlja u okopavinskim usjevima i u raznim povrtnim kulturama. U istraživanju provedenom u Mađarskoj, utvrđeno je da ambrozija pri gustoći od 26 biljaka po m² usjeva kukuruza uzrokuje gubitak prinosa i više od 70 % (Varga et al., 2000; Varga et al., 2002). U grahu prinos zrna može se smanjiti za oko 20 % kad ambrozija ponikne istovremeno s usjevom (Chikoye et al., 1995), a čak i do 75 % kad je u usjevu prisutna od cvatnje do žetve (Evanylo i Zehnder, 1989). Nadalje, Coble et al. (1981) utvrdili su da četiri biljke ambrozije na 10 m reda smanjuju prinos soje za 8 %, a u šećernoj repi svega jedna biljka ambrozije na četvornom metar smanjuje prinos šećerne repe za 30 % (Šubić, 2001).

Osim kompetitivnih sposobnosti i šteta koje čini smanjujući prinose poljoprivrednih kultura, ambrozija je i veliki medicinski problem. Samo jedna biljka ambrozije stvara do osam milijuna alergeni peludnih zrnaca (Medzihradzsky i Jarai-Komlodi, 1995) koje se vjetrom šire i do 300 km (Pleše, 2003). Zbog toga su alergijske reakcije zabilježene i u područjima na kojima ova invazivna vrsta nije prisutna. Iako rasprostranjena u većini Europskih zemalja, najveća koncentracija alergene peludi utvrđena je za područje Hrvatske i susjednih država poput Srbije, Mađarske, Slovenije, Italije i dr. (Storkey et al., 2014; Šikoparija et al., 2017; Lommen et al., 2018). Prema procjenama, u Hrvatskoj je od svih polinoza 10-15 % uzrokovano polenom ambrozije (Galzina et al., 2010), a u Mađarskoj je čak 80 % populacije alergično na polen ove vrste (Mezei et al., 1995). Utvrđeno je da atmosferska koncentracija peludi između 10 i 50 zrnaca/m³ u trajanju od 24h uzrokuje alergijsku reakciju

(Bergmann et al., 2008; Solomon, 1984). Prema Stjepanović et al., (2015), prosječna dnevna koncentracija peludi u zraku u razdoblju od 2006. do 2009. u Zagrebu iznosila je 16 – 86 zrna/m³.

Uspješnosti širenja ambrozije povezana je s mnoštvom svojstava koje joj omogućuju visoku invazivnost kao što su: mogućnost prilagodbe različitim uvjetima okoliša, visoka produktivnost sjemena, dugovječnost sjemena u banci sjemena tla, rani ponik, svojstvo neotenije⁴, intra- i inter-populacijska varijabilnost i dr. Intra-populacijska varijabilnost je primarno uvjetovana genotipom, ali i položajem sjemena na majčinskoj biljci, veličini i masi sjemena i sl. (Moles et al., 2000), a javlja se kao prilagodba vrste određenom okolišu. Inter-populacijska varijabilnost uvjetovana je abiotičkim čimbenicima (dostupnost hraniva, svjetlosti i sl.) te biotičkim čimbenicima posebno intra i interspecifičnom kompeticijom na nekom prostoru (Patracchini et al., 2011). Uz ostala invazivna svojstva, ova vrsta razvila je i rezistentnost na često korištene herbicide u poljoprivrednim usjevima. Dosad je utvrđeno 38 slučajeva rezistentnosti u Kanadi i SAD-u. U najvećem broju slučajeva rezistentnost je utvrđena na aktivnu tvar glifosat (Heap, 2021). I u Hrvatskoj je 2019-te dokazana rezistentnost ambrozije na herbicid oksasulfuron zbog učestalog korištenja u usjevu soje (Brijačak et al., 2020). Stoga je suzbijanje ambrozije sve veći izazov za proizvođače, a poznavanje biologije ove vrste sve više dobiva na važnosti.

Od bioloških značajki, dormantnost sjemena i sposobnost ranog nicanja ambrozije jedna je od važnijih jer direktno utječe na mogućnost veće kompetitivnosti u usjevima. Nicanje ambrozije započinje rano u proljeće pri sumi od 33 toplinskih jedinica (Werle et al., 2014) što ovu vrstu čini ranoproljetnom vrstom. Nicanje u polju odvija se ovisno o populaciji, pri temperaturi od 11 – 13 °C, dok neki autori navode i 5°C (Kazinczi et al., 2008). U laboratorijskim uvjetima utvrđene vrijednosti biološkog minimuma⁵ još su niže i razlikuju se u ovisnosti o istraživanoj lokaciji. Tako je utvrđena vrijednost biološkog minimuma europskih populacija ambrozije 2,0°C, dok za američke (nativne) populacije vrijednost biološkog minimuma iznosi 4,2°C (Leiblein et al., 2014). Optimalna temperatura za klijanje ove vrste je između 20 – 22 °C (Forcella et al., 1997). Nicanje završava pri nakupljenoj sumi od 103 toplinske jedinice što ovu vrstu čini kratko nicajućom u odnosu na ostale proljetne korovne vrste (Werle et al., 2014). Osim temperature, vlaga tla važna je pri klijanju i nicanju svih vrsta pa tako i ambrozije. Sposobnost klijanja pri različitoj vlažnosti tla određuje vrijednost biološkog vodnog potencijala⁶. Biološki vodni potencijal također se razlikuje u ovisnosti o populaciji te za ambroziju iznosi od -0,80 MPa (Shrestha et al., 1999) do -1,28 MPa (Gullemin et al., 2013). Ove vrijednosti ukazuju da ambrozija može klijati pri niskoj vlažnosti tla što uvelike pomaže ostvarenju invazivnog potencijala.

⁴ Pojava kada u izrazito nepovoljnim uvjetima života, jednogodišnje korovne vrste, za vrlo kratko vrijeme razviju generativne organe (Hulina, 1998).

⁵ Najniža temperatura pri kojoj je moguće klijanje.

⁶ Najniža vrijednost vodnog potencijala tla pri kojoj vrsta može ostvariti klijavost.

Kao jednogodišnja monokarpna vrsta ambrozija se razmnožava i širi isključivo sjemenom. Lokalno se širi na kratke i srednje udaljenosti barohorijskim putem koji predstavlja širenje dijaspora osipanjem pod utjecajem gravitacije (Basset i Crompton 1975). Iako je primarni čimbenik u širenju ambrozije čovjek, ambrozija se širi i hidrohorijski s obzirom da roške ambrozije zbog male gustoće plutaju na površini vode (Basset i Crompton, 1975; Fumanal et al., 2007). Ambrozija pripada porodici Asteraceae (glavočiike) pa, kao i ostale vrste iz ove porodice, posjeduje suhi nepucavi jednosjemeni plod rošku. Kod ovog tipa ploda perikarp je spojen sa sjemenom ovojnicom i sjemenka se od njega u prirodi teško i gotovo nikada ne odvaja. Stoga se u literaturi roška (plod) često pojednostavljeno naziva sjemenom iako to nije botanički ispravno. Prema podacima iz literature ambrozija u povoljnim uvjetima može proizvesti i do 62 000 sjemenki po biljci ovisno o veličini biljke, načinu razvoja, kompetitivnosti i ekološkim uvjetima (Kazinczi et al., 2008). Sjeme je dugovječno te, jednom kad dospije u banku sjemena tla, sposobno je klijati i nakon 40 godina (Cunze et al., 2013) što znači da sjeme razvija dormantnost odnosno mirovanje do nastupa povoljnih uvjeta za klijanje. Tip dormantnosti koji razvija naziva se endogena dormantnost, točnije fiziološka dormantnost što podrazumijeva dormantnost uzrokovanu biljnim hormonima, regulatorima rasta – giberelinskom (GA) i apscizinskom kiselinom (ABA) (Baskin i Baskin, 2004; Willemsen i Rice, 1972). Fiziološku dormantnost Baskin i Baskin (2004) dijele na visoku, srednju i nisku. Dok je za većinu viših biljaka karakteristična niska fiziološka dormantnost (Finch-Savage i Leubner-Metzger, 2006), pretpostavka je da ambrozija posjeduje srednji tip dormantnosti. U prirodi se ovaj tip dormantnosti prekida tek prolaskom kroz hladni period, dva do tri mjeseca zimi u vlažnom tlu (Baskin i Baskin, 2004). Upravo je ta brzina gubitka dormantnosti odnosno sposobnost klijanja/nicanja ključna za uspješni razvoj pa ju je neophodno dobro poznavati kako bi se mogla učinkovito suzbiti ova napasna korovna vrsta. Međutim, sva navedena svojstva mogu se razlikovati između populacija (inter-populacijska varijabilnost) i unutar populacije (intrapopulacijska varijabilnost) što je kod ambrozije kao invazivne korovne vrste posebno izraženo (Fumanal et al., 2007). Slično je dokazano i za drugu invazivnu korovnu vrstu *Abutilon theophrasti* Med. (europski mračnjak) u istraživanju Plodinec et al. (2015). Autori utvrđuju značajnu razliku u postotku i dinamici nicanja te sumi toplinskih jedinica potrebnih za početak i sredinu nicanja između 12 populacija europskog mračnjaka podrijetlom iz Europe i SAD-a.

Interpopulacijsku varijabilnost moguće je razlikovati na razini morfološkog izgleda sjemena (morfološka varijabilnost), te na razini svojstava koja su vezana uz same potrebe razvoja biljke primjerice stupanj dormantnosti, sposobnost klijavosti i sl., što se naziva funkcionalna varijabilnost. U daljnjem radu naglasak je na interpopulacijskoj varijabilnosti sjemena ambrozije.d

Inter-populacijska varijabilnost ambrozije

Inter-populacijska varijabilnost predstavlja sve morfološke i fiziološke varijabilnosti između jedinki iste vrste, ali iz različitih populacija tj. različitih područja na kojem se razvijaju. Sve varijabilnosti

između populacija uzrokovane su dvama čimbenicima: utjecajem okoline i genotipom. Utjecaj okoline podrazumijeva sve interakcije i kompeticije između jedinke i drugih jedinki koje ju okružuju, kao i sam utjecaj ekoloških čimbenika područja na kojem jedinka raste, razvija se i razmnožava. Diskontinuirani i nepredvidivi uvjeti okoline novih područja glavni su razlog prilagodba i varijabilnosti introduciranih jedinki kojima je u cilju preživljavanje i daljnje razmnožavanje (Baskin i Baskin, 2001). Tako Loomen et al. (2018) utvrđuju varijabilnost u volumenu ambrozije između 39 lokacija u Europi široke longitudinalne i lateralne rasprostranjenosti (1000 – 3000 km), sa značajno većim volumenom biljaka na longitudinalno istočnijim lokacijama u Europi što zapravo predstavlja prilagodbu ambrozije različitim geografskim uvjetima.

Inter-populacijska varijabilnost promatrana na razini sjemena jedna je od prednosti u širenju i potom uspješnom razvoju invazivnih vrsta poput ambrozije. Vrlo važna osobina sjemena ambrozije je morfološki sjemenski polimorfizam, što predstavlja pojavu sjemena različitog izgleda (boja, masa, duljina, širina, tekstura, razvoj sekundarnih struktura (Milberg et al., 1996) čime Willis i Hulme, (2004) objašnjavaju uspješnost invazije neke vrste. Svako izlaganje korovne vrste novim uvjetima okoline potiče vrstu na prilagodbu tim uvjetima. Tako aktualno globalno zatopljenje ide u korist invazivnim vrstama koje brže evoluiraju s ciljem veće adaptivnosti (Clements i DiTomaso, 2011). Upravo sposobnost evoluiranja korovima omogućuje nesmetano razmnožavanje i širenje unatoč iscrpnom trudu čovjeka za eradikaciju istih (Hulina 1998). Također, velika sjemenska proizvodnja kod većine korovnih vrsta značajno utječe na njihovu uspješnost širenja. Međutim, brojnost proizvedenog sjemena kod određene korovne vrste ovisi o obliku i veličini biljke, kompeticiji s drugim vrstama, kompeticiji s jedinkama iste vrste te ekološkim čimbenicima područja na kojem biljka raste (Baskin i Baskin, 2001). Sjeme za samu vrstu ima važnost zbog reprodukcije i širenja vrste te kao takvo predstavlja optimalan način preživljavanja. Osim velikom sjemenskom proizvodnjom, uspješnost u reprodukciji i širenju pospješuje se različitim oblikom, dimenzijama, težinom i izraštajima na sjemenu (Milberg et al., 1996). Poznato je da je veličina sjemena određene biljne vrste često povezana s brojnošću proizvedenog sjemena pa tako vrste sa najvećim sjemenkama proizvedu najmanje sjemenki i obratno. Također, na razlike u veličini sjemena utječe i pozicija sjemena u majčinskoj biljci, gdje kod biljaka iz porodice Asteraceae, kao što je ambrozija, sjeme iz sredine glavice ima veće dimenzije od postranog sjemena s rubova glavice (Milberg et al., 1996). Tako su kod ambrozije utvrđene jasno vidljive fenotipske razlike između onih jedinki koje rastu kao soliterne biljke i jedinki koje rastu pri visokoj gustoći populacije (Brandes i Nitzsche, 2006). Soliterne jedinke su kraće i razgranatije zato što ne postoji prirodna kompeticija za prostor, vodu i hranjivo između njih i drugih jedinki. Također je utvrđena vidljiva razlika u sjemenu ambrozije između autohtonih jedinki i alohtonih jedinki (Leiblein-Wild et al., 2014). Sjeme introduciranih invazivnih alohtonih jedinki u prosjeku je većih dimenzija i značajno brže klije te bolje podnosi promjenu okolišnih uvjeta (temperatura i vlaga) od sjemena autohtonih jedinki. Pretpostavlja se da je razlog te prilagodbe evolucijski povećana kompetitivna

sposobnost invazivnih korovnih vrsta, uzrokovana konstantnom prilagodbom vrste na nove uvjete okoline. S obzirom na široku rasprostranjenost ambrozije, evidentna je velika adaptivnost na nove klimatske uvjete, kao i ogroman potencijal razmnožavanja i disperzije. Morfološka varijabilnost sjemena potencijalni je pokazatelj i drugih svojstava koje vrsta posjeduje. Dinelli et al. (2013) proveli su istraživanje o povezanosti morfoloških karakteristika sjemena ambrozije i rezistentnosti na određene herbicide. Utvrđene prosječne dimenzije roški, korištenih u njihovom pokusu, iznosile su oko 3 mm duljine i 2 mm širine. Osjetljive populacije ambrozije imale su u prosjeku dimenzije roški od 3,32 mm duljine i 2,26 mm širine. Rezistentne populacije ambrozije imale su roške manjih dimenzija od osjetljivih (3,01 mm duljine i 1,86 mm širine). Autori su utvrdili da postoje znatne razlike u dimenzijama sjemena između rezistentnih i osjetljivih populacija. Također, poznato je da biljke koje imaju sjeme većih dimenzija niču brže i iz većih dubina tla, što su dokazali Reuss et al. (2001) provedenim pokusom na šćiru, lobodi i ostalim širokolisnim korovnim vrstama. Utvrdili su da najveće sjeme šćira i lobode (do 2mm promjera) ima osjetno bolju klijavost nego sjeme duljine 0,5 – 1,0 mm, kao i da dulje zadržava sposobnost klijanja. Nadalje, Washitani i Nishiyama (1992) utvrdili su da vrsta *Ambrosia trifida*, zbog svojih krupnih roški, niče puno ranije te da ostaje duže klijava u banci sjemena u tlu od ostalih korovnih vrsta. Iz tog razloga proučavanje morfologije sjemena zanimljivo je iz raznih aspekata, a posebice zbog boljeg poznavanja biologije vrste i različitosti unutar istog geografskog područja.

Morfološka svojstva sjemena različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske

Na području kontinentalne Hrvatske ambrozija je široko rasprostranjena u okopavinskim usjevima (Slika 2.) i ruderalnim površinama (Slika 3.). Zanimljivo je stoga usporediti morfološka svojstva sjemena na različitim lokacijama kao polazište za daljnja istraživanja i bolje poznavanje ove vrste i njenoj prilagodbi u ovom geografskom području.



Slika 2. Usjev kukuruza zakorovljen ambrozijom na lokaciji Kloštar Ivanić (Foto: V. Šoštarčić, srpanj, 2019).
Figure 2. Common ragweed in maize field at location Kloštar Ivanić (Photo: V. Šoštarčić, July, 2019).



Slika 3. Ambrozija uz rub ceste (Foto: Z. Ostojić, lipanj, 2006).
Figure 3. Common ragweed along the roadside (Photo: Z. Ostojić, June, 2006).

Morfološka varijabilnost ambrozije na području Hrvatske dosad nije promatrana na razini sjemena, a potencijalna saznanja o postojanju varijabilnosti mogu unaprijediti istraživanja biologije i ekologije. Cilj istraživanja bio je usporediti dimenzije sjemena (duljina i širina) između deset populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske. Materijali i metode rada podrazumijevali su prikupljanje sjeme ambrozije s deset lokacija kontinentalne Hrvatske te je uspoređivanje masa i dimenzija sjemena svih populacija. Mjerenja su provedena na 200 sjemenki ambrozije po svakoj populaciji, što je ukupno 2 000 sjemenki. Dimenzije sjemena utvrđene su digitalnim mikroskopom Dino-Lite (IDCP B.V., Nizozemska) (Slika 4.), dok je masa 1 000 sjemenki po populaciji utvrđena analitičkom vagom. Rezultati rada prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Masa 1000 roški, duljina i širina roški 10 različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske.

Table 1. Mass of 1000 achene, length and width of different common ragweed populations from continental Croatia.

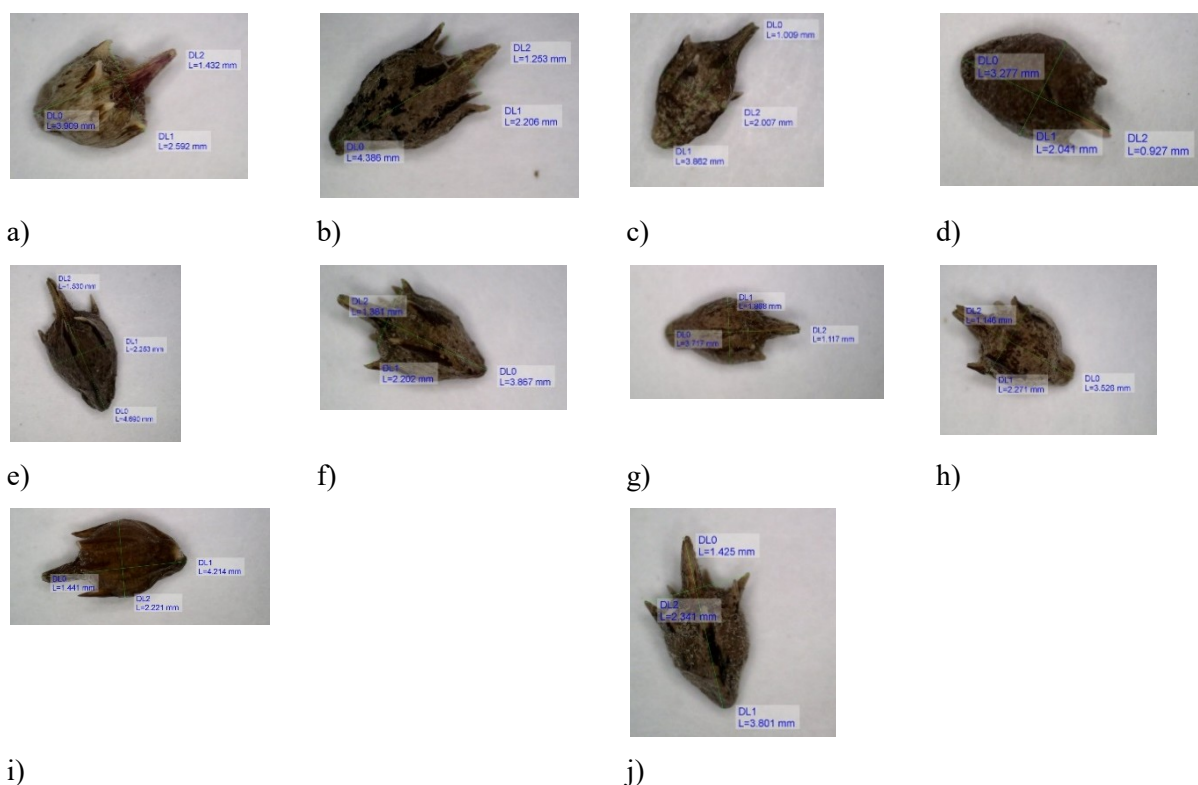
Lokacija	Masa 1000 roški (g)	Duljina (mm)	Širina (mm)
Čazma	3,49	3,87 cd**	1,95 c
Lijeva Martinska Ves	2,39	3,91 c	1,86 d
Johovec	5,10	3,95 bc	2,08 b
Bošnjaci	5,32	4,04 b	2,15 a
Ivankovo	3,81	3,56 e	1,87 d
Nova Bukovica	5,56	3,86 cd	2,06 b
Nevinac	5,28	3,87 cd	2,12 a
Dubrovčak Lijevi	3,25	3,65 e	1,91 cd
Šljivoševci	4,88	4,16 a	2,13 a
Badljevina	5,06	3,79 d	1,87 d
Medijan	4,88	-	-
Prosjek	4,41	-	-
CV (%)*	24,7	11,9	14,3
S.D	1,04	-	-

* CV (%) – koeficijent varijabilnosti; (0 – 10 ; vrlo slab, 10 – 30 ; relativno slab, 30 – 50 ; umjeren, 50 – 70 ; relativno jak, >70 ; vrlo jak).

** Vrijednosti označene istim slovima statistički se ne razlikuju.

Raspon mase 1000 roški između 10 lokacija kontinentalne Hrvatske kretao se od 2,39 g do 5,56 g, a varijabilnost u masi bila je relativno slaba (24 %). Duljina roške ambrozije između 10 populacija kretala se u rasponu od 3,56 mm do 4,16 mm. Širina roške ambrozije između istraživanim populacijama kretala se u rasponu od 1,86 mm do 2,15 mm. Populacije poredane po duljini sjemena od najmanjeg prema najvećem su: Dubrovčak Lijevi = Ivankovo < Badljevina = Čazma = Nevinac = Nova Bukovica ≤ Lijeva Martinska Ves ≤ Johovec < Bošnjaci < Šljivoševci. Populacije poredane po širini sjemena

od najmanjeg prema najvećem su: Lijeva Martinska Ves = Badljevina = Ivankovo ≤ Dubrovčak Lijevi < Čazma < Nova Bukovica = Johovec < Nevinac = Šljivoševci = Bošnjaci. Iako je utvrđena slaba varijabilnost između populacija vidljivo je da ona postoji što potencijalno može značiti da postoji i funkcionalna varijabilnost između populacija (stupnju dormantnosti, klijavosti). Na varijabilnost ovih morfoloških parametara utječu mnogi čimbenici stoga nije moguće bez dodatnih istraživanja, zaključiti što je utjecalo na iste. Predstavljene podaci daju uvid u veličinu i masu sjemena ambrozije na području Hrvatske i pružaju osnovu za daljnja istraživanja varijabilnosti, morfološke i funkcionalne kao doprinos boljem poznavanju ove invazivne vrste. U daljnjim istraživanjima potrebno je posebnu pažnju posvetiti onim populacijama ambrozije za koje je dokazano da su razvile rezistentnost na herbicide (Šćepanović et al., 2020). Kao što je u literaturi navedeno, potrebno je utvrditi da li se populacije koje posjeduju morfološki različito sjeme razlikuju i u osjetljivosti prema herbicidima (rezistentne i osjetljive populacije). Takvo saznanje otvara mogućnost ranog otkrivanja rezistentnosti u polju što je puno jednostavniji način od dosadašnjih dugotrajnih provođenja biotestova. Naime, ukoliko se i na našem području dokaže da rezistentne populacije imaju sitnije sjeme, tada bi se relativno brzim i jednostavnim mjerenjem dimenzija sjemena potencijalno mogle odrediti rezistentne populacije i time na vrijeme odrediti mjere suzbijanja ove alergene i napasne korovne vrste.



Slika 4. Sjeme ambrozije sakupljeno s različitih lokaliteta na području kontinentalne Hrvatske slikano digitalnim mikroskopom: a) Bošnjaci; b) Čazma; c) Dubrovčak Lijevi; d) Ivankovo; e) Johovec; f) Badljevina g) Lijeva Martinska Ves; h) Nevinac; i) Nova Bukovica, j) Šljivoševci.

Figure 4. Common ragweed seeds collected at different locations in continental Croatia and photographed by digital microscope: a) Bošnjaci; b) Čazma c) Dubrovčak Lijevi; d) Ivankovo; e) Johovec; f) Badljevina, g) Lijeva Martinska Ves; h) Nevinac; i) Nova Bukovica, j) Šljivoševci.

Zaključak

Ambrosia artemisiifolia već je 80 godina prisutna u korovnoj flori Hrvatske, ipak biologija i ekologija njenih populacija na području Hrvatske relativno je slabo poznata. U dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da ambrozija posjeduje interpopulacijsku varijabilnost u raznim funkcionalnim (stupanj dormantnosti, biološki minimum, biološki vodni potencijal, nicanje) i morfološkim (boja, veličina sjemena) svojstvima. Navedena svojstva najčešće su uspoređivana između populacija podrijetlom iz različitih država. Unutar područja kontinentalne Hrvatske vidljivo je da postoji varijabilnosti u masi sjemena koja se čak dvostruko razlikuje između najkrupnije i najsitnije populacije. Dimenzije sjemena (širina x dužina) ne razlikuju se za više od 1 mm, ipak utvrđena je značajna razlika između različitih populacija. Uvid u morfološka svojstva različitih populacija ambrozije kontinentalne Hrvatske samo su polazište za daljnja istraživanja ka boljem poznavanju i detaljnijem istraživanju funkcionalnih i morfoloških svojstava.

Literatura

- Baskin, C. C., Baskin, M. J. (2001). Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, New York. 150-220.
- Baskin, J. M., Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14, 1-16.
- Bassett, I. J., Crompton, C. W. (1975). The biology of Canadian weeds.: 11. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. *Canadian Journal of Plant Science*, 55(2), 470.
- Bergmann, C. K., Werchan, D., Maurer, M., Zuberbier, T. (2008). The threshold value for number of ambrosia pollen including acute nasal reactions is very low. *Allergo Journal*, 17, 375-376.
- Brandes, D., Nitzsche, J. (2006). Biology, introduction, dispersal and distribution of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) with special regard to Germany. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 58, 286-291.
- Brijačak, E., Šoštarčić, V., Pintar, A., Lakić, J., Barić, K., Šćepanović, M. (2020). Prvi dokazi rezistentnosti ambrozije na ALS herbicide u Republici Hrvatskoj i Europi. 64. *Seminar biljne zaštite*, Opatija 4. do 7. veljače 2020.
- Chikoye, D., Weise, S. F., Swanton, C. J. (1995). Influence of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) time of emergence and density on white bean (*Phaseolus vulgaris*). *Weed Science*, 43(3), 375-380.

Clements, D. R., DiTomasso, A. (2011). Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted?. *Weed Research*, 51, 227-240.

Coble, H. D., Williams, F. M., Ritter, R. L. (1981). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) interference in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 29(3), 339-342.

Cunze, S., Leiblein, M. C., Tackenberg, O. (2013). Range expansion of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe is promoted by climate change. *ISRN Ecology*, 1-9.

Dinelli, G., Marotti, I., Catizone, P., Bosi, S., Tanveer, A., Abbas, R.N., Pavlovic, D. (2013). Germination ecology of *Ambrosia artemisiifolia* L. and *Ambrosia trifida* L. biotypes suspected of glyphosate resistance. *Central European Journal of Biology*, 8(3), 286-296.

Evanylo, G. K., Zehnder, G. W. (1989). Common ragweed interference in snap beans at various soil potassium levels. *Applied Agricultural Research*, 4(2), 101-105.

Finch-Savage, W. E., Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501-523.

Forcella, F., Wilson, R. G., Dekker, J., Kremer, R., Cardina, J., Anderson, R. L., Alm, D. Renner, K. A., Harvey, R. G., Clay, S., Buhler, D. D. (1997): Weed seed bank emergence across the Corn Belt. *Weed Science*, 67,123-129.

Fumanal, B., Chauvel, B., Sabatier, A., Bretagnolle, F. (2007). Variability and cryptic heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* seeds: what consequences for its invasion in France? *Annals of Botany*, 100, 305-313.

Galzina, N., Barić, K., Šćepanović, M., Goršić, M., Ostojić, Z. (2010). Distribution of the invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* L. in Croatia. *Agriculture Conspectus Scientificus*, 75(2), 75-81.

Guillemin, J. P., Gardarin, A., Granger, S., Reibel, C., Munier-Jolain, N., Colbach, N. (2013) Assessing potential germination period of weeds with base temperatures and base water potentials. *Weed Research*, 53, 76-87.

Heap, I. (2021), International survey of herbicide resistant plants. (Dostupno na: <http://www.weedscience.org>, posjećeno: 15. 07. 2021.)

Hulina, N. (1998). *Korovi*. Školska knjiga, Zagreb, 99-158.

Kazinczi, G., Béres, I., Novák, R., Bíró, K., Pathy, Z. (2008). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): A review with special regards to the results in Hungary. I. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Herbologia*, 1(9), 55-91.

- Valentina Šoštarčić, D. Višić, Maja Šćepanović / Inter-populacijska varijabilnost sjemena ambrozije - mehanizam uspješne prilagodbe na različite okolišne uvjete / Glasilo Future (2021) 4 (4) 65–78
- Kovačević, J., Groman, E. (1964). Korov limundžik (*Ambrosia artemisiifolia* L.) u Jugoslaviji. *Zaštita bilja*, 77, 81-85.
- Leiblein-Wild, M. C., Kaviani, R., Tackenberg, O. (2014). Germination and seedling frost tolerance differ between the native and invasive range in common ragweed. *Oecologia*, 174, 739-750.
- Lommen, S., Hallmann, C., Jongejans, E., Chauvel, B., Leitsch Vitalos, M., Aleksanyan, A., Toth, P., Preda, C., Šćepanović, M., Onen, H., Tokarska, Guzik, B., Anastasiu, P., Dorner, Z., Annamária, F., Karrer, G., Nagy, K., Pinke, G., Tiborcz, V., Zagyvai, G., Müller-Schärer, H. (2018). Explaining variability in the production of seed and allergenic pollen by invasive *Ambrosia artemisiifolia* across Europe. *Biological Invasions*, 20(6), 1475-1491.
- Medzihradszky, Z., Jarai-Komolodi, M. (1995). I came from America-my name is Ambrosia-some feature of the ragweed. 9th European Weed Research Symposium: Challengers for Weed Science in a Changing Europe, Budapest, 57-64.
- Mezei, G., Jaraine, K. M., Medzihradszky, Z., Cserhati, E. (1995). Seasonal allergic rhinitis and pollen count (a 5-year survey in Budapest). *Orvosi hetilap.*, 136, 1721-1724.
- Milberg, P., Andersson, L., Elfverson, C., Regnér, S. (1996). Germination characteristics of seeds differing in mass. *Seed Science Research*, 6, 191-198.
- Moles, A. T., Hodson, D. W. , Web, C. J. (2000). Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos*, 89: 541-545.
- Patracchini, C., Vidotto, F., Ferrero, A. (2011). Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) growth as affected by plant density and clipping. *Weed Technology*, 25, 268-276.
- Pleše, V. (2003). Je li moguće izbjeći limundzik (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Hrvatske šume*, 79/80, 28-29.
- Plodinec, M., Šćepanović, M., Barić, K., Jareš, D. (2015). Inter-populacijska varijabilnost u nicanju korovne vrste *Abutilon theophrasti* Med., *Agronomski glasnik*, 77(1-2), 23-40.
- Reuss, S. A., Buhler, D. D., Gunsolus J. L. (2001). Effects of soil depth and aggregate size on weed seed distribution and viability in a silt loam soil. *Applied Soil Ecology*, 16(3), 209-217.
- Solomon, W. R. (1984). Aerobiology of pollinosis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 74(4), 449-61.
- Shrestha, A., Roman, E. S., Thomas, A. G., Swanton, C. J. (1999). Modeling germination and shoot-radicle elongation of *Ambrosia artemisiifolia*. *Weed Science*, 47, 557-562.

Stjepanovic, B., Svecnjak, Z., Hrga, I., Večenaj, A., Šćepanović, M., Barić, K. (2015). Seasonal variation of airborne ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen in Zagreb, Croatia. *Aerobiologia*, 31(4), 525-535.

Storkey, J., Stratonovitch, P., Chapman, D. S., Vidotto, F., Semenov, M. A. (2014). A Process-Based Approach to Predicting the Effect of Climate Change on the Distribution of an Invasive Allergenic Plant in Europe. *PLoS ONE*, 9(2), e88156.

Šarić, T., Ostojić, Z., Stefanović, L., Deneva Milanova, S., Kazinczi, G., Tyšer, L. (2011). The changes of the composition of weed flora in southeastern and central europe as affected by cropping practices. *Herbologia*, 12, 8-12.

Šćepanović, M., Šoštarčić, V., Pintar, A., Lakić, J., Barić, K. (2020). Pojava rezistentnih populacija korova na herbicide inhibitore acetolaktatsintaze u Republici Hrvatskoj, *Glasilo biljne zaštite*, 20(6), 628-640.

Šubić, M. (2001). Utjecaj broja jedinki korovne vrste *Ambrosia elatior* L. na prirod korijena šećerne repe (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* Alef.). Magistarski rad. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Šikoparija, B., Skjøth, C. A., Celenk, S., Testoni, C., Abramidze, T., Alm Kübler, K., Belmonte, J., Berger, U., Bonini, M., Charalampopoulos, A., Damialis, A., Clot, B., Dahl, A., Weger, L. A., Gehrig, R., Hendrick, M., Hoebeke, L., Ianovici, N., Kofol Seliger, A., Magyar, D., Mányoki, G., Milkovska, S., Myszkowska, D., Páldy, A., Pashley, C. H., Rasmussen, K., Ritenberga, O., Rodinkova, V., Rybníček, O., Shalaboda, V., Šaulienė, I., Ščevková, J., Stjepanović, B., Thibaudon, M., Verstraeten, C., Vokou, D., Yankova, R., Smith, M. (2017). Spatial and temporal variations in airborne *Ambrosia* pollen in Europe. *Aerobiologia*, 33, 181-189.

Varga, P., Btres I., Reisinger P. (2000). The effect of weeds on yield and leaf-area changes of maize in field trials. *Növényvédelem*, 36(12), 625-631.

Varga, P., Btres, I., Reisinger, P. (2002). The competitive effect of three dangerous weeds on the yields of maize in different years. *Növényvédelem*, 38(5), 219-226.

Werle, R., Sandell, L. D., Buhler, D. D., Hartzler, R. G., Lindquist, J. L. (2014). Predicting emergence of 23 summer annual weed species. *Weed Science*, 62, 267-279.

Willemssen, R. W., Rice, E. L. (1972). Mechanism of seed dormancy in *Ambrosia artemisiifolia*. *American Journal of Botany*, 59, 248-257.

Valentina Šoštarčić, D. Višić, Maja Šćepanović / Inter-populacijska varijabilnost sjemena ambrozije - mehanizam uspješne prilagodbe na različite okolišne uvjete / Glasilo Future (2021) 4 (4) 65–78

Washitani, I., Nishiyama, S. (1992). Effects of Seed Size and Seedling Emergence Time on the Fitness Components of *Ambrosia trifida* and *A. artemisiaefolia* var. *elatior* in Competition with Grass Perennials. *Plant Species Biology*, 7, 11-19.

Willis, S. G., Hulme, P. E. (2004). Environmental Severity and Variation in the Reproductive Traits of *Impatiens glandulifera*. *Functional Ecology*, 18(6), 887-898.

Primljeno: 23. srpnja 2021. godine

Received: July 23, 2021

Prihvaćeno: 19. listopada 2021. godine

Accepted: October 19, 2021

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 tri 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: *Carduelis carduelis* L.- češljugar.

Autorica: Antonia Dorbić, mag. art.