

BILJNI INSEKTICIDI U VOĆARSTVU

BOTANICAL INSECTICIDES IN FRUIT GROWING

Ivana Paladin Soče, Mara Marić

SAŽETAK

Suočeni s ekološkim izazovima povezanim s masovnom upotrebom sintetičkih insekticida, poljoprivredni sektor sve više istražuje alternativne pristupe zaštiti bilja. Botanički insekticidi, iako poznati stoljećima, dobivaju na značaju u ekološkoj poljoprivredi, osobito u voćarstvu, gdje postoji potreba za učinkovitim, ali ekološki prihvatljivom zaštitom usjeva. Iako su botanički insekticidi prirodni spojevi s poviješću dugom više stoljeća, sintetički insekticidi su postali dominantni zbog brzog djelovanja, niskih troškova i širokog spektra učinkovitosti. No, dugotrajna upotreba sintetičkih insekticida rezultirala je negativnim posljedicama, ostavljajući štetne posljedice na okoliš, ljude i neciljane organizme. Ovaj rad analizira primjenu botaničkih insekticida u voćarstvu poput piretrina i azadiraktina. Također, razmatra se rastuća upotreba insekticida na bazi eteričnih ulja, posebice u posljednjem desetljeću. Primjena botaničkih insekticida je u skladu s načelima ekološke i održive poljoprivrede, i u voćarstvu predstavlja važan korak prema održivom gospodarenju i smanjenju negativnih utjecaja sintetičkih sredstava.

Ključne riječi: botanički insekticidi, ekološka poljoprivreda, održiva poljoprivreda, neem, piretrin

ABSTRACT

Faced with the environmental challenges associated with the widespread use of synthetic insecticides, the agricultural sector is increasingly exploring alternative approaches to crop protection. Botanical insecticides, although known for centuries, are gaining significance in organic farming, particularly in fruit growing, where there is a need for effective yet environmentally friendly crop protection. Although botanical insecticides are natural compounds with a history spanning several centuries, synthetic insecticides have become dominant due to their rapid action, low costs, and broad-spectrum effectiveness. However, the prolonged use of synthetic insecticides has led to negative consequences,

causing harmful effects on the environment, humans, and non-target organisms. This paper analyzes the application of botanical insecticides in fruit growing, such as pyrethrin and azadirachtin. Additionally, the increasing use of essential oil-based insecticides, especially in the last decade. The application of botanical insecticides aligns with the principles of organic and sustainable agriculture and represents an important step towards sustainable management in fruit growing, as well as reducing the negative impact of synthetic substances.

Key words: botanical insecticides, organic farming, sustainable agriculture, pyrethrin, neem

UVOD

20. stoljeće je obilježio značajan razvoj konvencionalne poljoprivredne proizvodnje. Konvencionalna proizvodnja, potaknuta globalnim tržištima, u velikoj mjeri je bila orijentirana monokulturnoj proizvodnji što je uzrokovalo i unaprjeđenje u kemijskoj industriji. Povećana proizvodnja hrane i sigurni prinosi mogući su zbog upotrebe umjetnih gnojiva i kemijskih pesticida. Kemijski insekticidi, poznati kao sintetički insekticidi, postali su široko korišteni kako bi se usjevi zaštitili od napada štetnih organizama (Nkechi i sur., 2018.).

Uz učinke u suzbijanju štetnika, ova praksa je posljedično rezultirala smanjenjem plodnosti tla, zagađenjem okoliša i ozbiljnim prijetnjama ljudskom zdravlju (Krišković, 1989.; Grassini i sur., 2013.). U kontekstu negativnih posljedica koje prate intenzivnu primjenu sintetičkih insekticida, istraživanja su pokazala da dugotrajno korištenje kemijskih sredstava direktno uzrokuje smanjenje genetske raznolikosti biljaka, povećanje rezistentnosti štetnih organizama te kontaminaciju hrane, tla i okoliša (Kumar, 2012.; Cioffi i sur., 2013.). Sintetski insekticida često se koriste u zaštiti biljaka, no zbog izrazito štetnog i opasnog djelovanja na ljudsko i životinjsko zdravlje, na okoliš i na smanjenje biološke raznolikosti, u Rio de Janeiru je 1992. godine potpisana Konvencija o biološkoj raznolikosti (*Convention on Biological Diversity – CBD*) (Meštrović, 2000.).

U nerazvijenim i tranzicijskim zemljama gdje se bilježi povećana upotreba sintetičkih insekticida, ali i u razvijenijim društvima kod kojih jača svijest o ekološkoj proizvodnji voća, stavlja se veći naglasak na upotrebu biljnih pripravaka u suzbijanju štetnika u voćarstvu (Korunić i Rozman, 2012.; Iqbal i sur., 2022.). Botanički insekticidi su proizvodi koji se koriste za suzbijanje ili odbijanje štetnih organizama, a napravljeni su od osušenih mljevenih biljnih dijelova, sirovih biljnih ekstrakata ili kemijskih spojeva

izoliranih iz biljaka (Isman, 1995.). Posjeduju razna svojstva, repelentno, insekticidno, nematocidno, akaricidno djelovanje, te djeluju kao inhibitori rasta i razmnožavanja (Maia, 2011.; Bosco i Butnariu, 2022.). Za razliku od mnogih sintetičkih insekticida, biljni insekticidi imaju značajno bržu razgradnju. Nisu toksični za sisavce i predstavljaju mali rizik za korisne grabežljivce i parazite (Ling, 2003.). Danas predstavljaju inovativni pristup u poljoprivrednoj proizvodnji, tj. ekološkoj, čime se postiže ravnoteža između učinkovite zaštite kultura i minimalnog utjecaja na okoliš (Ngegba i sur., 2022.).

Mahmood i sur. (2016.) naglašavaju važnost biljnih insekticida kao alternativnog pristupa u suzbijanju štetnika. U današnjem društvu, gdje je naglasak na konzumiranju zdravih namirnica visoke kvalitete, ključno je osigurati proizvodnju hrane uz primjenu ekološki održivih metoda. Upotreba biljnih insekticida ima dugu tradiciju. Prvi dokumentirani zapis o primjeni biljnih insekticida zabilježen je u Rimu 400.g. prije Krista, a istraživanja ukazuju na to da su se slične metode koristile i u drugim civilizacijama svijeta na području Kine, Egipta, Grčke i Indije (Singh, 2014.; Iqbal i sur., 2022.). Jeličić (2020.) ističe, prema zapisima iz 17. stoljeća, kako su biljni ekstrakti nikotina bili među najčešće korištenim biljnim insekticidima u suzbijanju voćne strizibube *Tetrops praeustus* L. Repelentne biljne vrste koristile su se prije stotinu tisuća godina, a Baker (1996.) ističe da se i danas populacije majmuna služe biljkama kao što su agrumi, *Piper marginatum* Jacq. i *Clematis dioica* L., kako bi se zaštitile od uboda komaraca.

Piretrin, prirodni insekticid dobiven iz cvjetova dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch.Bip.), jedan je od najučinkovitijih biljnih insekticida (Slika 1.).

Njegovo insekticidno djelovanje prepoznato je sredinom 19. stoljeća zahvaljujući Antunu Drobcu, Dubrovčaninu koji je otkrio insekticidna svojstva ove biljke. Drobac je bio pionir u proizvodnji i međunarodnoj trgovini prahom od osušenih cvjetova buhača, čime je doprinio prepoznavanju i gospodarskom značaju ove samonikle biljke (Bakarić, 2005). Zahvaljujući njemu, dalmatinski buhač dobio je izniman status i postao poznat kao biljka koja je "Dalmaciju pozlatila" (Perić, 1991.).



Slika 1. Cvijet dalmatinskog buhača *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch.Bip.) (Rasadnik Čibača, Zavod za mediteranske kulture, UNIDU 8.5.2024. foto: Paladin Soče, I.)

Figure 1 Flower of Dalmatian pyrethrum *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch.Bip. (Nursery Čibača, Department for Mediterranean Plants, UNIDU, May 8, 2024. Photo: Paladin Soče, I.)

Buhačev učinak, odnosno strukturu aktivnih komponenti piretrina I prepoznali su kemičari, Nobelovci Hermann Stäudinger i Lavoslav Ružička (Mešić i sur., 2023.). Danas se piretrin koristi kao siguran i ekološki prihvatljiv insekticid, ne samo u voćarstvu, već i u ostalim granama poljoprivrede, uključujući povrtlarstvo, vinogradarstvo i ratarstvo.

Cilj rada je napraviti prikaz i učinkovitost i potencijal biljnih insekticida kao ekološki prihvatljive alternative sintetičkim sredstvima u zaštiti voćarskih kultura od štetnika.

BILJNI INSEKTICIDI

Biljni metaboliti predstavljaju ključne molekule koje sudjeluju u rastu i razvoju biljaka, a dijele se na primarne i sekundarne. Primarni metaboliti obavljaju osnovne funkcije poput diobe stanica, respiracije, skladištenja i reprodukcije u svim biljnim vrstama (Kliebenstein i Osbourn, 2012.; Bosco i Butnariu, 2022.). Sekundarni metaboliti sudjeluju u interakciji biljke s okolinom. Mnogi sekundarni metaboliti imaju insekticidno, repelentno te antifidantno djelovanje čija je uloga zaštita biljke od štetnih organizama, a kod mnogih biljnih vrsta, sinteza sekundarnih metabolita je potaknuta napadom štetnih organizama (Grdiša i Gršić, 2013.). Prema Khare i suradnicima (2020.), biljke imaju nekoliko vrsta sekundarnih metabolita kao obrambena zaštita od napada štetnika. Sekundarni biljni metaboliti uključuju alkaloidne, terpenne, amine, glukozinolate, cijanogene glukozide, kinone, fenole, peptide i poliacetilene čija se proizvodnja značajno povećava prilikom napada štetnika, kao prirodni odgovor biljke na stres (Jamwal i sur., 2018.; Mešić i sur., 2023.). Upravo je zbog tih svojstava interes znanstvene i stručne javnosti usmjeren na biljne sekundarne metabolite kao osnovu za razvoj biljnih insekticida. Diljem svijeta zabilježeno je više od 2500 biljnih vrsta iz 235 porodica koje pokazuju biološku aktivnost u suzbijanju štetnika (Makaza i Mabhegedhe, 2016.; Iqbal i sur., 2022.). Posebno su značajne porodice kao što su: Rutaceae, Compositae, Meliaceae, Leguminosae, Araceae, Platycondoniaceae, Solanaceae, Chenopodiaceae, Zingiberaceae, Labiatae, Loniceraceae, Umbelliferae, Polygonaceae i Euphorbiaceae koje obiluju spojevima s izraženom insekticidnom aktivnošću (Ngegba i sur., 2022.).

U voćarskoj proizvodnji, voćke su biljke koje su kontinuirano izložene biotskim i abiotskim stresovima poput visokih temperatura, suše, saliniteta tla, UV zračenja i napada štetnika (Teklić i sur., 2021.). U poljoprivredi, kukci su jedni od najvažnijih skupina štetnika i odgovorni su za uništenje gotovo jedne petine godišnjeg uroda (IPM, 2014.), dok u nekim slučajevima, šteta uzrokovana štetnicima, može rezultirati još većim gubicima ili potpunim uništavanjem usjeva (Dougoud i sur., 2019.). U našoj zemlji, poznato je više od tisuću vrsta kukaca koje uzrokuju značajne ekonomske štete na poljoprivrednim kulturama (Bokulić i sur., 2015.).

Kako bi se umanjile posljedice šteta uzrokovanih štetnicima, sve se više pažnje posvećuje primjeni održivih metoda zaštite, među kojima se ističe kombiniranje biljaka ili konsocijacija. Konsocijacija je istovremeni uzgoj više kultura na istom mjestu s ciljem povećanja prinosa i zaštite od štetnika i korova (Radman i sur., 2021.). Konsocijacija biljaka je značajnija u povrćarstvu nego u voćarstvu zbog nižeg rasta biljaka i manjeg razmaka između i unutar redova

(Gotlin Čuljak i sur., 2019.). Primjerice u voćarstvu, kombinacija boražine (*Borago officinalis* L.) i vrtne jagode (*Fragaria x ananassa*) rezultirala je povećanjem oprašivanja od strane kukaca što je u konačnici rezultiralo s 35 % više plodova i 32 % urodom veće mase (Griffiths-Lee i sur., 2020.). Aromatične biljke također su korištene za povećanje prisutnosti prirodnih neprijatelja u voćnjacima. Beizhou i sur. (2010.) su utvrdili u nasadu krušaka kako sadnja aromatičnih biljaka poput primorskog vriska ili primorskog čubara (*Satureja montana* L.), mirisne kunice (*Ageratum houstonianum* Mill.) i bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) između redova stabala kruške značajno povećava aktivnost prirodnog neprijatelja *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 te smanjuje učestalost lisne uši *Aphis citricola* Patch, 1914.

Iako biljni insekticidi nude niz prednosti, uključujući biorazgradivost i nisku toksičnost za neciljane organizme, njihov komercijalni razvoj je još uvijek ograničen. Razlog tome je sporije djelovanje biljnih insekticida u odnosu na sintetičke, češću primjenu, ovisnost o okolišnim uvjetima, a uspješnost je uvelike ovisna o dostupnosti sirovina potrebnih za proizvodnju biljnih insekticida te samoj ekonomskoj isplativosti i učinkovitosti kvalitete (Isman 1997.; 2008.).

U Europskoj Uniji registrirano je 35 pripravaka za suzbijanje štetnika u ekološkoj proizvodnji (EPPO, 2025.). Prema FIS portalu (2025.) u Europskoj Uniji su trenutno odobrene tri biljne aktivne tvari: piretrini, azadiraktin i ulje od narančine kore koje je odobreno tek 2014. godine. Azadiraktin je odobren u Njemačkoj 2011. godine Provedbenom direktivom Komisije 2011/44/EU, nakon stručnog pregleda procjene rizika (EFSA, 2018.).

NAJPOZNATIJE VRSTE BILJNIH INSEKTICIDA

Repelenti

Veliki broj tvari prirodnog podrijetla uz insekticidna svojstva posjeduje i repelentna svojstva. Repelenti su sredstva koja se koriste za odbijanje i odvraćanje organizama s površina koje se žele zaštititi (poljoprivredne površine, vrtovi i dr.) (Peterson i Coats, 2001.). Ključna karakteristika repelentata je da ne nanose štetu ciljanim organizmima, već čine biljku neprivlačnom štetniku zahvaljujući svojim specifičnim svojstvima (Peterson i Coats, 2001.). Pod repelentima najčešće spadaju biljni ekstrakti i eterična ulja (Owusu, 2001.). Eterična ulja mogu biti toksična, ali i repelentna za pojedine kukce, a osim toga mogu djelovati kao antifidanti (Owusu, 2001.). Neemovo ulje (ili ulje neema) je prirodno biljno ulje dobiveno iz sjemenki drva neem (*Azadirachta indica* A.Juss.) iz porodice Meliaceae, koje potječe iz Indije i drugih dijelova južne

Azije, a rasprostranjeno je i u drugim dijelovima svijeta (Australija, Južna i Srednja Amerika, dijelovi Afrike) (Schmutterer, 1990.). Prema Solangi i suradnicima (2011.) ulje neema i otopine listova eukaliptusa pokazali su najjače repelentno djelovanje protiv voćne muhe *Bactrocera zonata* Saunders, 1842 na guavi. Od testiranih biljnih insekticida, ulje neema se pokazalo najučinkovitijim, dok je duhanska otopina imala najslabiji učinak. Singh i sur. (2007.) su u svom istraživanju dokazali repelentno djelovanje proizvoda dobivenih od drva neema kod vrsta *Batrocera dorsalis* (Hendel, 1912) i *B. zonata*.

Jabučni savijač *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758.) je jedan od glavnih štetnika u nasadima jabuka (Furmanczyk i sur., 2022.), čiji napad može uzrokovati gubitke prinosa od 30–50 %, a u određenim godinama može biti i do 80 % (Pajač i sur., 2012.) Pszczolkowski (2023.) u svom radu je analizirao učinkovitost 23 biljna ekstrakta i eteričnih ulja koji djeluju kao repelenti i time sprječavaju zarazu jabuke ličinkama jabučnog savijača *C. pomonella*. Također, provedena su istraživanja i sirovih ekstrakta različitih vrsta *Artemisia* (*Artemisa arborescens* L. i *Artemisa annua* L.) kao repelentna sredstva ličinki *C. pomonella* (Creed i sur., 2015.; Durden i sur., 2011.). Ovi rezultati naglašavaju veliki potencijal biljnih repelenata u ekološkoj zaštiti voćnih kultura te ukazuju na potrebu daljnjih ispitivanja u većim nasadima jabuka i naravno, na ostalim štetnicima i na ostalim voćnim kulturama.

Eterična ulja

Eterična ulja su biljni sekundarni metaboliti. Ovisno o biljnoj vrsti koja ih sintetizira mogu sadržavati i više od 200 komponenti koje u najvećem broju pripadaju terpenima (Owusu, 2001.). Prema Sithisut i suradnicima (2011.), eterična ulja su sigurnija od sintetičkih insekticida zbog neželjenih neurotoksičnih, kancerogenih i mutagenih učinaka na neciljane organizme. U ekološkoj proizvodnji ogromnu popularnost imaju eterična ulja ekstrahirana iz aromatičnih biljaka. Eterična ulja posjeduju repelentne, antifidantne i insekticidne učinke te inhibirajuće učinke na rast, odlaganje i razvoj jaja (Sithisut i sur., 2011.). Također, eterična ulja mogu utjecati i na živčani sustav štetnika uzrokujući paralizu (Ryan i Byrne, 1988.). Najčešća ulja koja se koriste su ulje mente (*Mentha piperita* L.), ulje kadifica (*Tagetes* spp.), ulje ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), ulje komorača (*Foeniculum vulgare* Miller), ulje eukaliptusa (*Corymbia citridora* Hook. K.D. Hill & L. A. S. Johnson) i dr. u borbi protiv štetnika u voćarstvu, primjerice lisnih ušiju, ali i od molestanata poput komaraca i kućnih muha (Jeličić, 2020.; Seyoum i sur., 2003.). U

istraživanju Pszczolkowskog (2023.), neka eterična ulja, poput onih dobivenih iz češnjaka (*Alium sativum* L.), buhača (*Tanacetum vulgare* L.), pelina (*Atrémisia arborescens* L.), ginka (*Ginkgo biloba* L.), rutvice (*Ruta graveolens* L.), pokazala su izuzetno visok potencijal u zaštiti jabuke od napada ličinki jabučnog savijača *C. pomonella*. Više od 95 % ličinki izbjegavalo je tretirane plodove, što potvrđuje izraženi repelentni učinak prirodnih spojeva. Prema dostupnoj literaturi, mnoga eterična ulja i njihovi izolirani kemijski spojevi iz biljaka posjeduju fumigantna svojstva i više se primjenjuju kao fumiganti skladišnih kukaca. Visakh i sur. (2022.) su u svom istraživanju ekstrahirali i kemijski analizirali eterična ulja iz četiri različite vrste agruma koja su pokazala kontaktno, fumigantno i repelentno djelovanje protiv dva ključna skladišna štetnika *Tribolium castaneum* (Herbst 1979.) i *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus, 1758.). Eterično ulje kore naranče je pokazalo odlična repelentna svojstva na odrasle razvojne stadije i ličinke štitaste uši *Icerya seychellarum* (Westwood, 1855.), dok su eterična ulja mandarine, pokazale najmanju učinkovitost (El-Badawy, 2015.). Također, istraživanja su pokazala da i niže koncentracije eteričnog ulja kore naranče može imati značajnu insekticidnu aktivnost. Primjerice, u voćarstvu je utvrđeno da eterično ulje kore naranče pokazuje dobru učinkovitost protiv vrste *Aphis gossypii* (Glover, 1877.), što dodatno potvrđuje njihov potencijal u integriranim programima zaštite bilja (Laudani i sur., 2022.).

Alkaloidi

Najpoznatiji biljni insekticid iz skupine alkaloida je azadiraktin, prirodni biopesticid koji se dobiva ekstrakcijom iz sjemena tropskog drveta Neem (*Azadirachta indica* A. Juss.). Iako se azadiraktin može pronaći u svim dijelovima biljke, najveće koncentracije (0,2-0,6 %) nalaze se u sjemenkama (Grdiša i Gršić, 2013.).

Azadiraktin ima široki spektar djelovanja na štetnike, inhibira rast i razvoj kukaca, djeluje kao repelent, posebno na ličinke, čime sprječava njihov daljnji razvoj (Schmutterer, 1990.). Prema provedenim studijama, suzbija više od 500 vrsta štetnika, prvenstveno štetnike iz redova Hemiptera, Lepidoptera i Thysanoptera koji su česti u voćarskoj proizvodnji (Iqbal i sur., 2022.; Dougoud i sur., 2019.; Schmutterer i Singh, 1995.).

Njegova visoka insekticidna učinkovitost potvrđena je i na vinskoj mušici *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830.), duhanovom štitastom moljcu *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Lai i sur., 2014.; Barbosa i sur., 2015.) te ličinkama orijentalne voćne muhe *B. dorsalis* gdje inhibira njihov rast i razvoj

(Zhao i sur., 2019.). Primjerice, istraživanje Castilla -Sánchez-a (2015.) je imalo za cilj procijeniti insekticidnu i repelentnu učinkovitost heksanskih ekstrakata sjemenki neem-a na odrasle razvojne stadije *B. tabaci*. Najviša ispitivana koncentracija (10 %) rezultirala je 100-postotnom smrtnošću i repelentnim učinkom oba ekstrakta, bez značajnih razlika s obzirom na vrijeme berbe i skladištenja sjemenaka. Osim navedenih, provedena su brojna istraživanja na ostalim štetnicima u voćarstvu i povrćarstvu gdje je azadiraktin pokazao izvrsnu učinkovitost u suzbijanju štetnika (Santos i sur., 2015., Cutler i sur., 2009., Andrade Coelho i sur., 2006. i dr.).

Na tržištu u Republici Hrvatskoj dostupni su pripravci na bazi neem-a (*Azadirachta indica*), koji sadrže različite koncentracije azadiraktina kao glavne aktivne tvari u rasponu od 9,8 g/L do 26 g/L. Ovi se pripravci primjenjuju u zaštiti voćarskih i povrtlarskih kultura, prvenstveno za suzbijanje grinja i različitih skupina štetnika (FIS portal, 2025.). Zbog brze degradacije na suncu, azadiraktin nije perzistentan u okolišu, što ga čini pogodnim za upotrebu u integriranoj zaštiti bilja i u organskom uzgoju voća i povrća (Schmutterer, 1990.).

Uz azadiraktin, nedavna istraživanja istaknula su i potencijal drugih alkaloidnih spojeva. Četiri benzilizokinolinska alkaloida koja se mogu naći u biljkama *Discaria chacaye* (G. Don) Tortosa, *Talguenea quinquenervia* (Gillies & Hook) iz porodice Rhamnaceae, zatim *Peumus boldus* (Molina) Lyons iz porodice Monimiaceae, i *Cryptocarya alba* (Molina) Looser iz porodice Lauraceae: koklaurin, laurilitin, boldin i pukatein si pokazala visoku toksičnost za *C. pomonella* i *Drosophila melanogaster* već pri vrlo niskim koncentracijama. Osim što utječu na hranjenje štetnika, ovi spojevi uzrokuju i fizičke deformacije te visoku smrtnost štetnika, čime dodatno potvrđuju važnost alkaloida kao potencijalno snažnih biljnih insekticida (Quiroz-Carreño i sur., 2020.).

Terpenoidi

Osim u ekološkoj proizvodnji, prirodni piretrini dobivaju značajniju ulogu i u integriranoj proizvodnji (Mesić, 2023.). Piretrini, klasificirani u skupinu terpenoida, spadaju u sekundarne metabolite dalmatinskog buhača *Tanacetum cinerariifolium* Sch.Bip., endemične vrste karakteristične za istočnu obalu Jadranskog mora (Grdiša i sur., 2009.). Naziv piretrum odnosi se na ekstrakt dobiven iz cvjetova dalmatinskog buhača, dok naziv piretrini predstavljaju insekticidnu komponentu šest aktivnih spojeva (piretrin I, piretrin II, cinerin I, cinerin II, i jasmolin I i jasmolin II) (Mešić i sur., 2023.). Piretrini koji se dobivaju ekstrakcijom cvjetnih glavica podijeljeni su na estere (Grdiša i sur.,

2013.). Tako su piretrin I, cinerin I i jasmolin esteri krizantemske kiseline, dok su piretrin II, cinerin II i jasmolin II esteri piretrinske kiseline (Grdiša i Gršić, 2009.). Piretrin I i piretrin II su najaktivniji i najdominantniji sastojci, dok su cinerin I, II i jasmolin I i II prisutni u nižim koncentracijama (Zong-Mao i Yun-Hao, 1996.). Piretrin I je najznačajniji u suzbijanju štetnika, toliko je toksičan da djeluje u minutama, dok piretrin II djeluje nekoliko sati od primjene (Mešić i sur., 2023.). Piretrini djeluju kao kontakti insekticidi koji utječu na živčani sustav štetnika, blokirajući nervne spojeve, uzrokuju efekt obaranja, paralizu i smrt štetnika (Sonderlund, 1995.). Budući da su fotolabilni i brzo se razgrađuju pod utjecajem sunčeve svjetlosti, preporučuje se njihova primjena u sumrak. S obzirom da podliježe razgradnji, ne zadržavaju se u okolišu niti u podzemnim vodama (Brnjić, 2023.). Kukci imaju mogućnost razgradnje manje količine piretrina u svom tijelu, stoga kako bi se navedena pojava spriječila i kako bi se mogla primijeniti manja količina piretrina, dodavaju se sinergisti. Najčešće je to piperonyl butoxide (PBO) (Duke, 1990.). U laboratorijskom istraživanju Dadera i suradnika (2019.), primjena piretrina s PBO rezultirala je sa 86 % smrtnosti ličinki *Philaenus spumarius* Linnaeus, 1758, vektora bakterije *Xylella fastidiosa*, nakon 24 sata, što je usporedivo s učinkovitošću sintetskih piretroida poput deltametrina i λ -cihalotrina.

Piretrin je poznat po svom širokom spektru djelovanja protiv različitih štetnika. Koristi se za suzbijanje štetnika u voćarstvu, uključujući štetnike iz reda Diptera, Hemiptera, Coleoptera i porodice Aphididae (Woodward i sur., 1985.; Pejić, 2019.; FIS, 2025.). Također, piretrin se pokazao učinkovitost u suzbijanju Kelijevoeg tripsa agruma *Pezothrips kellyanus* (Bagnall, 1916.) (Vassiliou, 1980.).

Osim u voćarstvu, primjena piretrina rezultirala je smanjenjem broja odraslih jedinki maslinine muhe *Bactrocera oleae* Rossi, 1790, u ekološkom masliniku, za više od 50 % u odnosu na netretiranu kontrolu, što upućuje na njegovu potencijalnu učinkovitost u ekološkoj zaštiti maslina (Godena i sur., 2018.).

U okviru zaštite agruma od karantenskog štetnika agruma, narančinog trnovitog štitastog moljca *A. spiniferus* (Quitance, 1903.), provedeno je istraživanje djelotvornosti pet organski certificiranih bioloških insekticida na bazi aktivne tvari: eterično ulje slatke naranče (*Citrus sinensis*), ekstrakt *Clitoria ternatea* (CT), mineralno ulje, piretrin i azadiraktin. Posebno se istaknuo piretrin koji je pokazao najizraženiji učinak na odlaganje jaja i smrtnost prvog razvojnog stadija *A. spiniferus*. Također, piretrin i eterično ulje naranče su pokazali izraženi repelentni učinak. Na biljkama tretiranim navedenim pripravcima nije zabilježena ovipozicija (Mokrane i sur., 2020.).

U Republici Hrvatskoj dopuštena je primjena pripravaka na bazi prirodnog piretrina, s registriranim koncentracijama aktivne tvari koje se kreću u rasponu od 2 g/L do 46,53 g/L. (FIS, 2025.).

TRADICIONALNI BILJNI INSEKTICIDI U VOĆARSTVU

Osim piretrina i azadiraktina koji se primjenjuju i danas, tu su još prirodni insekticidi rotenon koji se ekstrahira iz korijena biljaka roda *Derris*, *Lonchocarpus* i *Tephrosia* (tropske leguminoze) i veratin koji se dobiva iz sjemenki biljke *Schoenocaulon officinale* (Schltld. & Cham.) A.Gray (Isman, 2006.), zatim nikotin iz duhana (*Nicotiana tabacum* L.) i *Allium sativum* L. (Dougoud i sur., 2019.). Rotenon je prirodni biljni toksin i prirodno se pojavljuje u više od 65 biljnih vrsta (Grdiša i Gršić, 2013.). Dobiva se iz vrsta roda *Derris* i *Lonchocarpus* te u štetnika zbog inhibirajućeg djelovanja brojnih bioloških procesa uzrokuje paralizu usta i glave što dovodi do prestanka hranjenja i smrti (Ware i Witacre, 2004.). Spada u kontaktne i kontaktno - želučane insekticide koji djeluje na širok spektar štetnika u voćarstvu i povrćarstvu, posebice na vrste iz reda Diptera, Thysanoptera, Hemiptera (Tomlin, 2000.). Veratin dobiven iz sjemenki *Schoenocaulon off.* spada u skupinu alkaloida (Grdiša i Gršić, 2013.), a utječe na membranu živčanih stanica što uzrokuje gubitak funkcije živaca, paralizu i smrt štetnika. Djeluje na gusjenice iz reda Lepidoptera, zatim na Thysanoptera, Hemiptera (Grdiša i Gršić, 2013.). Nikotin iz duhana također spada u skupinu alkaloida i kod štetnika uzrokuje paralizu, konvulziju i u konačnici smrt. Jedan je od najstarijih biljnih insekticida (Gou i sur., 2020.). Insekticidna aktivnost češnjaka pripisuje se spojevima koji sadrže sumpor, a nastaju enzimatskom razgradnjom alicina (Huang i sur., 2000.; Zhao i sur., 2013.). Ekstrakti dobiveni iz češnjaka pokazali su akaricidna i insekticidna svojstva posebice za štetnike iz reda Diptera, Coleoptera i Lepidoptera (Zhao i sur., 2013.). U Hrvatskoj, Krišković još davne 1989. godine u svom djelu *Bioagrikultura u praksi* navodi korištenje preslice (*Equisetum arvense* L.) kao odličan repelent za jabučnog savijača, i koprivu (*Urtica dioica* L.) kao insekticid protiv lisnih ušiju u voćarstvu, pelin (*Artemisia* spp.) protiv jabučnog savijača, zelene i crne uši te gusjenica u voćarstvu.

ZAKLJUČAK

Masovna upotreba sintetičkih insekticida u integriranoj poljoprivredi uzrokuje ozbiljne ekološke probleme širom svijeta. Kao održiva alternativa, primjena biljnih insekticida u voćarstvu pruža ekološki prihvatljive metode

zaštite usjeva. Iako biološki insekticidi zahtijevaju češću primjenu i mogu biti manje učinkoviti od sintetičkih, oni imaju manji negativan utjecaj na okoliš, brže se razgrađuju te ostavljaju minimalne ili nikakve ostatke na plodovima voća. S obzirom na rastuću svijest o održivoj poljoprivredi, sve je veća primjena biljnih insekticida, koji doprinose očuvanju biološke raznolikosti i smanjenju zagađenja okoliša.

LITERATURA

- ANDRADE COELHO, C. A., DE SOUZA, N. A., FEDER, M. D., DA SILVA, C. E., GARCIA, E. DE S., AZAMBUJA, P., GONZALEZ, M. S., RANGEL, E. F. (2006.): Effects of azadirachtin on the development and mortality of *Lutzomyia longipalpis* larvae (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). *Journal of Medical Entomology*. 43(2): 262–266.
- BAKARIĆ P. (2005.): Buhač-prirodni insekticid. *Gospodarski list*. 17: 41 – 45.
- BAKER, M. (1996.): Fur rubbing: Use of medicinal plants by capuchin monkeys (*Cebus capucinus*). *American Journal of Primatology*. 38: 263.
- BARBOSA, W. F., DE MEYER, L., GUEDES, R. N., SMAGGHE, G. (2015.): Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). *Ecotoxicology*. 24: 130–142.
- BEIZHOU, S., JIE, Z., JINGHUI, H., HONGYING, W., YUN, K., YUNCONG, Y. (2010.): Temporal dynamics of the arthropod community in pear orchards intercropped with aromatic plants. *Pest Management Science*. 67(9): 1107–1114.
- BOKULIĆ, A., BUDINŠČAK, Ž., ČELIG, D., DEŽDEK, B., HAMEL, D., IVIĆ, D., NOVAK, M., MRNJAVČIĆ VOJVODA, A., NIKL, N., NOVAK, N., NOVAKOVIĆ, V., PAVUNIĆ MILJANOVIĆ, Z., PEČEK, G., POJE, I., PRPIĆ, I., REHAK, T., ŠEVAR, M., ŠIMALA, M., TURK, R. (2015.): Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja, Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb.
- BOSCO, N. S., BUTNARIU, M. (2022.): The biological role of primary and secondary plants metabolites. *Journal of Nutrition and Food Processing*, 5(3):1-7.
- BRNJIC, D. (2023): Uloga botaničkih insekticida u suzbijanju skladišnih kukaca. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Diplomski rad.

- CASTILLO-SÁNCHEZ, L. E., JIMÉNEZ-OSORNIO, J. J., DELGADO-HERRERA, M. A., CANDELARIA-MARTÍNEZ, B., SANDOVAL-GÍO, J. J. (2015.): Effects of the hexanic extract of neem *Azadirachta indica* against adult whitefly *Bemisia tabaci*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 3(5): 95–99.
- CIOFFI, M., CORNARA, D., CORRADO, I., JANSEN, M.G.M., PORCELLI, F. (2013.): The status of *Aleurocanthus spiniferus* from its unwanted introduction in Italy to date. *Bulletin of Insectology*. 66(2): 273-281.
- CREED, C., MOLLHAGEN, A., MOLLHAGEN, N., AND PSZCZOLKOWSKI, M. A. (2015.): *Artemisia arborescens* “Powis Castle“ extracts and a-thujone prevent fruit infestation by codling moth neonates. *Pharm. Biol.* 53. 1458–1464.
- CUTLER, G. C., RAMANAIDU, K., ASTATKIE, T., ISMAN, M. B. (2009.): Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin. *Pest Management Science*; 65(2): 205–209.
- DÁDER, B., VIÑUELA, E., MORENO, A., PLAZA, M., GARZO, E., DEL ESTAL, P., FERERES, A. (2019.): Sulfoxaflor and natural pyrethrin with piperonyl butoxide are effective alternatives to neonicotinoids against juveniles of *Philaenus spumarius*, the European vector of *Xylella fastidiosa*. *Insects*. 10(8): 225.
- DOUGOUD, J., TOEPFER, S., BATEMAN, M., JENNER, W.H. (2019.): Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 39(37):1-22.
- DUKE, S. O. (1990.): *Natural Pesticides from Plants*. U: J. Janick and J. E Simon (ur.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, Oregon. 511 – 517
- DURDEN, K., SELLARS, S., COWELL, B., BROWN, J. J., PSZCZOLKOWSKI, M. A. (2011.): *Artemisia annua* extracts, artemisinin and 1, 8-cineole, prevent fruit infestation by a major, cosmopolitan pest of apples. *Pharm. Biol.* 49: 563–568.
- EFSA – European Food Safety Authority (2018.): Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance azadirachtin (Margosa extract). *EFSA Journal*. 16(9): 5234-5265.

- EL-BADAWY, S. S. (2015.): Insecticidal and repellent activities of citrus peel oils against mealybug *Icerya seychellarum* (Westwood). Egyptian Journal of Agricultural Research. 93(3): 791–802.
- Europska i Mediteranska Organizacija za Zaštitu Bilja EPPO (2025.): Popis baza podataka o registriranim sredstvima za zaštitu bilja u EPPO regiji. Dostupno na: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_protection_products/registered_products [Pristupljeno. 1.4.2025.]
- Fitosanitarni informacijski sustav FIS (2025.): Javna tražilica sredstava za zaštitu bilja. Dostupno na: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/> [Pristupljeno. 1.4.2025.]
- FURMANCZYK, E. M., PARVEAUD, C. E., JACQUOT, M., WARLOP, F., KIENZLE, J., KELDERER, M., (2022.): An overview of pest and disease occurrence in organic pome fruit orchards in Europe and on the implementation of practices for their control. Agriculture. 12: 2136.
- GODENA, S., DMINIĆ, I., HLEVNJAK PASTROVICCHIO, B., KRAPAC, M., BAN, D. (2018.): Influence of different treatments on the presence of olive fruit fly in Croatian Istria. Acta Horticulturae, (1199): 411–416.
- GOTLIN ČULJAK, T., JURAN I., FABER UHER, S., ŽIDOVEC, V., MILIČEVIĆ, T., ŠEVAR, M., MRAKUŽIĆ, B. (2019.): Urbano biovrtlarstvo. Radin print d.o.o. Krapina
- GOU, Y., LI, Z., FAN, R., GUO, C., WANG, L., SUN, H., LI, J., ZHOU, C., WANG, C., WANG, Y. (2020.): Ethnobotanical survey and evaluation of traditional mosquito repellent plants of Dai people in Xishuangbanna. Yunnan Province. China Journal of Ethnopharmacology. 262.
- GRASSINI, P., ESKRIDGE, K. CASSMAN, K. (2013.): Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. Nat. Commun. 4(2918):1-11.
- GRDIŠA, M., CAROVIĆ-STANKO, K., KOLAK, I., ŠATOVIĆ, Z. (2009.): Morphological and Biochemical Diversity of Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.). Agriculturae Conspectus Scientificus. 74(2): 73-80.
- GRDIŠA, M., GRŠIĆ K. (2013): Botanical Insecticides in Plant Protection. Agriculturae Conspectus Scientificus . 78(2): 85-93.

- GRIFFITHS-LEE, J., NICHOLLS, E., GOULSON, D. (2020.): Companion planting to attract pollinators increases the yield and quality of strawberry fruit in gardens and allotments. *Ecological Entomology*. 45(5): 1025–1034.
- HUANG, Y., CHEN, S. X., HO, S. H. (2000.): Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J Econ Entomol*. 93(2):537-543.
- Integrated Pest Management (IPM) (2014.): Springer Science and Business Media LLC. Dostupno na: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-7269-5> [Pristupljeno: 28.2.2025].
- IQBAL, T., AHMED, N., SHAHJEER, K., AHMED, S., AL- MUTAIRI, K.A., KHATER, H.F., ALI, R.F. (2022.): Botanical Insecticides and Their Potential as Anti-Insect/Pests: Are They Successful against Insects and Pests? *Global Decline of Insects*. IntechOpen.
- ISMAN, M. B. (1995.): Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Reviews in Pesticide Toxicology*. 3: 1–20.
- ISMAN, M. B. (1997.): Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. *Phytoparasitica*. 25: 339-344.
- ISMAN, M. B. (2006.): Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol*. 51: 45-66.
- ISMAN, M. B. (2008.): Perspective Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag Sci*. 64: 8-11.
- JAMWAL, K., BHATTACHARYA, S., PURI, S. (2018.): Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 9: 26–38.
- JELIČIĆ, N. (2020.): Pregled tradicionalno korištenih biljnih vrsta repelentnog, insekticidnog i antiparazitskog djelovanja. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Diplomski rad.
- KHARE, S., SINGH, N. B., SINGH, A., HUSSAIN, I., NIHARIKA, K., YADAV, V., BANO, C., YADAV, R. K., AMIST, N. (2020.): Synthesis of plant secondary metabolites and their regulation under biotic and abiotic constraints. *Journal of Plant Biology*. 63(3): 203–216.

- KLIEBENSTEIN, D. J., OSBOURN, A. (2012.): Making new molecules: Evolution of pathways for novel metabolites in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 15(4): 415–423.
- KORUNIĆ, Z., ROZMAN, V. (2012.): Biljni insekticidi, Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012, 24. znanstveno – stručno-edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinfekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP), 20.3. -23.3.2012, Split.
- KRIŠKOVIĆ, P. (1989.): Bioagrikultura u praksi: proizvodnja zdrave i jeftine hrane. Mladost, Zagreb.
- KUMAR, S. (2012.): Biopesticides: A Need for Food and Environmental Safety. *J. Biofertil. Biopestici.* 3: 107.
- LAI, D., JIN, X., WANG, H., YUAN, M., AND XU, H. (2014.): Gene expression profile change and growth inhibition in *Drosophila* larvae treated with azadirachtin. *Biotechnology*. 185(1):51–56.
- LAUDANI, F., CAMPOLO, O., CARIDI, R., LATELLA, I., MODAFFERI, A., PALMERI, V., SORGONÀ, A., ZOCCALI, P., GIUNTI, G. (2022.): Aphicidal Activity and Phytotoxicity of *Citrus sinensis* Essential-Oil-Based Nano Insecticide. *Insects* 13(12):1-11.
- LING, N. (2003.): Rotenone: a review of its toxicity and use for fisheries management. Science for Conservation. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.
- MAHMOOD, I., IMADI, S.R., SHAZADI, K., GUL, A., HAKEEM, K.R. (2016.): Effects of pesticides on the environment. In *Plant, Soil and Microbes*; Springer: Cham, Switzerland, 253–269.
- MAIA, M. F., MOORE, S. J. (2011.): Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal*, 10(11): 1-15.
- MAKAZA, K., MABHEGEDHE, M. (2016.): Smallholder farmers' indigenous knowledge of maize storage pests and pesticidal plant use: The case of wards 9 and 10 in Bikita District, Masvingo Province, Zimbabwe. *African Journal of Agricultural Research*. 11(47): 4831–4839.
- MEŠIĆ A., BOKULIĆ PETRIĆ A., SOLDO T., DURALIJA B. (2023.): Piretrini – sekundarni metaboliti insekticidnog djelovanja. *Glasnik zaštite bilja*, 4: 15-20.

- MEŠTROV, M. (2000.): Stanišna i biološka raznolikost - ekološko utemeljenje, antropogeni utjecaji i konvencija o biološkoj raznolikosti. *Socijalna ekologija*. 9(4): 267-273.
- MOKRANE, S., CAVALLO, G., TORTORICI, F., ROMERO, E., FERERES, A., DJELOUAH, K., VERRASTRO, V., CORNARA, D. (2020.): Behavioral effects induced by organic insecticides can be exploited for a sustainable control of the Orange Spiny Whitefly *Aleurocanthus spiniferus*. *Scientific Reports*. 10:15746.
- NGEGBA, P. M., CUI, G., KHALID, M. Z., ZHONG, G. (2022.): Use of Botanical Pesticides in Agriculture as an Alternative to Synthetic Pesticides. *Agriculture*, 12(5): 1-24.
- NKECHI, E.F., EJIKE, O.G., IHUOMA, N.J., MARIA-GORETTI, O.C., FRANCIS, U., GODWIN, N., NJOKUOCHA, R. (2018.): Effects of aqueous and oil leaf extracts of *Pterocarpus santalinoides* on the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, pest of stored maize grains. *Afr. J. Agric. Res.* 13: 617-626.
- OWUSU, E.O. (2001.): Effect of some Ghanaian plant components on control of two stored product insect pests of cereals. *Journal of Stored Products Research*, 37(1): 85–91.
- PAJAC, I., BARIĆ, B., MIKAC, K. M., AND PEJIĆ, I. (2012.): New insights into the biology and ecology of *Cydia pomonella* from apple orchards in Croatia. *Bull. Insectol.* 65: 185–193.
- PEJIĆ, P. (2019.): Učinkovitost piretrina, eteričnog ulja čajevca i limunskog eukaliptusa u suzbijanju ličinki *Tribolium castaneum*. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet. Diplomski rad.
- PETERSON, C., COATS, J. (2001.): Insect repellents – past, present and future. *The Royal Society of Chemistry. Pesticide outlook*. 12(4): 154 – 158
- PSZCZOLKOWSKI, M. A. (2023.): Prospects of codling moth management on apples with botanical antifeedants and repellents. *Agriculture*, 13(2): 311.
- QUIROZ-CARREÑO, S., PASTENE-NAVARRETE, E., ESPINOZA-PINOCHET, C., MUÑOZ-NÚÑEZ, E., DEVOTTO-MORENO, L., CÉSPEDES-ACUÑA, C. L., ALARCÓN-ENOS, J. (2020.): Assessment of insecticidal activity of benzyloquinoline alkaloids from Chilean Rhamnaceae plants against fruit-fly *Drosophila melanogaster* and the lepidopteran crop pest *Cydia pomonella*. *Molecules*. 25: 5094.

- RADMAN, S., FABEK UHER, S., BENKO, B., OPAČIĆ, N., TOTH, N., ŽUTIĆ, I. (2021.): Primjena ljekovitih biljaka u ekološkoj zaštiti povrća. Glasnik Zaštite Bilja. 44(3): 4–10.
- RYAN, M. F., BYRNE, O.(1988.): Plant–insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. Journal of Chemical Ecology, 14: 1965 – 1975.
- SANTOS, M. S., ZANARDI, O. Z., PAULI, K. S., FORIM, M. R., YAMAMOTO, P. T., VENDRAMIM, J. D. (2015.): Toxicity of an azadirachtin-based biopesticide on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) and its ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). Crop Protection, 74: 116–123.
- SCHMUTTERER H. (1990.): Properties and Potential of natural Pesticides from the neem tree, *Azadirachta inidica*. Ann Rev. Entomol. 35: 271–297.
- SCHMUTTERER, H., SINGH, R. P. (1995.): U: List of Insects Susceptible to Neem Products, VCH Publication, New York, USA.
- SEYOUM, A., KILLEEN, G.F., KABIRU, E.W., KNOLS, B.G.J., HASSANALI, A. (2003.): Field efficacy of thermally expelled or live potted repellent plants against African malaria vectors in western Kenya. Tropical Medicine and International Health, 8: 1005–1011.
- SINGH, D. (2014.): Advances In Plant Biopesticides. CSIR Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants. India. 6: 129 – 130.
- SINGH, M., GUPTA, D., GUPTA, R., KASHYAP, S.D. (2007.): Population dynamics of fruit flies, *Bactrocera* spp. (Diptera: Tephritidae). Himachal Journal of Agricultural Research, 33 (2): 292-294.
- SITHISUT, D., FIELDS, P. G., CHANDRAPATHYA, A. (2011.): Contact toxicity, feeding reduction and repellency of essential oils from three plants from the ginger family (Zingiberaceae) and their major components against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. The Journal of Stored Products, 104: 1445–1454
- SOLANGI, B. K., SULTANA, R., WAGAN, M. S., AHMED, N. (2011.): Repellent action of botanical pesticides against fruitfly, *Bactrocera zonata* Saunders in laboratory. Pakistan Journal of Entomology Karachi, 26(1): 41–45.

- SONDERLUND D. M. (1995.): Mode of action of pyrethrins and pyrethroids. U: Pyrethrum flowers: Production, Chemistry, Toxicology, and Uses (J. E Casida, G.B Quistad, ur.), Oxford University Press, New York, USA, 217-233.
- TEKLIĆ, T., PARADIKOVIĆ, N., ŠPOLJAREVIĆ, M., ZELJKOVIĆ, S., LONČARIĆ, Z., LISJAK, M. (2021.): Linking abiotic stress, plant metabolites, biostimulants, and functional food. *Annals of Applied Biology*. 178(2): 169–191.
- TOMLIN C. D. S. (2000.): *The Pesticide Manual*. 12th Ed. British Crop Protection Council. Surrey, England, 178-179.
- VASSILIOU, V. A. (1980.): Botanical insecticides in controlling Kelly's citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae) on organic grapefruits. *Horticultural Entomology*. 104(6): 1979-1985.
- VISAKH, N.U., PATHROSE, B., CHELLAPPAN, M., RANJITH, M.T., SINDHU, P.V., MATHEW, D. (2022.): Chemical characterization, insecticidal and antioxidant activities of essential oils from four Citrus spp. fruit peel waste, *Food Bioscience*, 50.
- WARE G. W., WHITACRE D. M. (2004.): *The Pesticide Book*. 6th Edn., MeisterPro Information Resources, Ohio, USA, 488.
- WOODWARD, D. L., COLWELL, A. E., ANDERSON, N. L. (1985.): Use of pyrethrin larvicide to control *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in an alkaline lake. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1: 363-368.
- ZHAO, N. N., ZHANG, H., ZHANG, X C., LUAN, X B., ZHOU, C., LIU, Q. Z., SHI, W P., LIU, Z. L. (2013.): Evaluation of acute toxicity of essential oil of garlic (*Allium sativum*) and its selected major constituent compounds against overwintering *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal Econ Entomol*. 106(3):1349- 1354.
- ZHAO, T., LAI, D., ZHOU, Y., XU, H., ZHANG, Z., KUANG, S., SHAO, X. (2019.): Azadirachtin A inhibits the growth and development of *Bactrocera dorsalis* larvae by releasing cathepsin in the midgut. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 183: 109512.
- ZONG-MAO, C., YUN-HAO, W. (1996.): Chromatographic methods for the determination of pyrethrin and pyrethroid pesticide residues in crops, foods and environmental samples. *J Chromatogr A*. 754: 367-395.

Adresa autora - Author's address:

Dr. sc. Ivana Paladin Soče
e-mail: ivana.paladin@unidu.hr
Izv. Prof. dr.sc. Mara Marić
e-mail: mara.maric@unidu.hr
Zavod za mediteranske kulture
Sveučilište u Dubrovniku
Marka Marojice 4, 20000 Dubrovnik

Primljeno – received:

27.11.2024.

Revidirano - revised:

04.06.2025.

Prihvaćeno – accepted:

15.07.2025.