Akutno i rezidualno djelovanje botaničkih insekticida i naturalita na zlatooku Chrysoperla carnea (Stephens, 1836)

Kelemen, Doria

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:812676

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

AKUTNO I REZIDUALNO DJELOVANJE BOTANIČKIH INSEKTICIDA I NATURALITA NA ZLATOOKU *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

DIPLOMSKI RAD

Doria Kelemen

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

AKUTNO I REZIDUALNO DJELOVANJE BOTANIČKIH INSEKTICIDA I NATURALITA NA ZLATOOKU *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

DIPLOMSKI RAD

Doria Kelemen

Mentor:

doc. dr. sc. Maja Čačija

Zagreb, rujan, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Doria Kelemen**, JMBAG 0178101070, rođena 28.08.1995. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

AKUTNO I REZIDUALNO DJELOVANJE BOTANIČKIH INSEKTICIDA I NATURALITA NA ZLATOOKU *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Doria Kelemen**, JMBAG 0178101070, naslova

AKUTNO I REZIDUALNO DJELOVANJE BOTANIČKIH INSEKTICIDA I NATURALITA NA ZLATOOKU *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

1. doc. dr. sc. Maja Čačija mentor _____
2. doc. dr. sc. Darija Lemić član _____
3. doc. dr. sc. Ivan Juran član _____

Zahvala

Ovime zahvaljujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Maji Čačiji na pomoći, neprospavanim noćima i konstruktivnim kritikama oko pisane verzije rada te na strpljenju i brojnim savjetima oko praktičnog dijela rada. Također, zahvaljujem svojim roditeljima, bratu i dečku na pomoći i podršci tijekom moga studiranja.

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Cilj rada 2
2. Pregled literature 3
2.1. Biološko suzbijanje 3
2.2. Porodica Chrysopidae 4
2.3. Vrsta *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1835) 6
2.3.1. Sistematika 7
2.3.2. Distribucija 8
2.3.3. Morfologija 8
2.3.4. Životni ciklus i ekologija 12
2.3.5. Komercijalno dostupni pripravci 15
2.4. Botanički insekticidi 16
2.5. Naturaliti 20
3. Materijali i metode 23
3.1. Insekticidi korišteni u pokusu 23
3.2. Test kukci korišteni u pokusu 25
3.3. Provedba pokusa 25
3.4. Očitavanje rezultata 27
3.5. Statistička analiza podataka 27
4. Rezultati 29
5. Rasprava 32
6. Zaključci 366
7. Literatura 37
Životopis 44

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Doria Kelemen**, naslova

AKUTNO I REZIDUALNO DJELOVANJE BOTANIČKIH INSEKTICIDA I NATURALITA NA ZLATOOKU *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

Zlatooka *Chrysoperla carnea* smatra se jednom od važnijih predatorskih vrsta za biološko suzbijanje štetnih kukaca, kako na otvorenom, tako i u zaštićenim prostorima. Za dobivanje boljih rezultata često se upotreba prirodnih neprijatelja kombinira s prirodnim insekticidima (botanički insekticidi) i derivatima nekih organizama (naturaliti). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi akutno i rezidualno djelovanje botaničkih insekticida i naturalita na zlatooku *C. carnea*. Istraživanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima na ličinkama zlatooke koje su postavljene u petrijeve posude tretirane s pet različitih insekticida (azadiraktin, piretrin, spinosad, abamektin i cipermetrin kao standard). Očitavanje se provodilo svakih 24 sata tijekom sedam dana. Akutno djelovanje utvrđeno je nakon 24 h, a rezidualno djelovanje sedmi dan od tretiranja. Najučinkovitijim na ličinke pokazao se standardni kemijski insekticid s djelatnom tvari cipermetrin, čija je učinkovitost sedam dana od tretiranja iznosila 73,1 % te je klasificiran kao malo opasan za ličinke *C. carnea*. Botanički insekticidi i naturaliti pokazali su se bezopasnima za ličinke *C. carnea*, jer su imali vrlo slabo akutno i rezidualno djelovanje. S obzirom na rezultate, botaničke insekticide i naturalite možemo smatrati sigurnijom alternativom za upotrebu od kemijskih insekticida, kada se koriste zajedno s prirodnim neprijateljem *C. carnea*.

Ključne riječi: botanički insekticidi, *Chrysoperla carnea*, naturaliti, učinkovitost, zlatooka

Summary

Of the master's thesis – student **Doria Kelemen,** entitled

ACUTE AND RESIDUAL EFFECTS OF BOTANICAL INSECTICIDES AND NATURALYTES ON LACEWING *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

Lacewing *Chrysoperla carnea* is considered one of the most important predatory species for biological control of pest insects, both outdoors and in protected areas. For achieving better results, the use of natural enemies is often combined with natural insecticides (botanical insecticides) and derivatives of some organisms (naturalytes). The aim of this research was to determine the acute and residual effects of botanical insecticides and naturalytes on *C. carnea*. The study was conducted under laboratory conditions on larvae which were placed in petri dishes treated with five different insecticides (azadirachtin, pyrethrin, spinosad, abamectin and cypermethrin as a standard). The readings were performed every 24 hours during seven days. The acute effect was determined after 24 h, and the residual effect on the seventh day after treatment. The standard chemical insecticide with the active substance cypermethrin proved to be the most effective against larvae, with an efficiency of 73.1% seven days after treatment and was classified as slightly harmful for *C. carnea* larvae. Botanical insecticides and naturalytes proved to be harmless to *C. carnea* because of very low acute and residual activity. Given the results, botanical insecticides and naturalytes can be considered a safer alternative to chemical insecticides to use together with *C. carnea* against insect pests.

Keywords: botanical insecticides, *Chrysoperla carnea*, efficiency, lacewing, naturalytes

1. Uvod

Poljoprivredne kulture i ukrasno bilje napadaju brojni štetni organizmi te uzrokuju smanjenje uroda i kakvoće poljoprivrednih proizvoda. Smatra se da gotovo jednu trećinu tog smanjenja uzrokuju različiti štetni kukci, grinje, nematode, puževi, glodavci i druge štetne životinje, koji se u praksi najčešće suzbijaju korištenjem pesticida. Kao takvi, insekticidi kemijskog podrijetla osim što djeluju štetno na korisne kukce, također ugrožavaju zdravlje ljudi i predstavljaju opasnost za toplokrvne životinje. Trošenje velike količine insekticida često dovodi do zagađenja okoliša i ostataka u tlu, a kod štetnih kukaca može dovesti do problema pojave rezistentnosti. Stoga se preporučuje korištenje drugih mjera zaštite kako bi se izbjeglo negativan utjecaj pesticida na korisne kukce i okoliš. U zadnje vrijeme sve se više potiče suzbijanje štetnika nekim drugim mjerama zaštite koje nemaju negativan utjecaj na agroekosustav ili je on puno manji od utjecaja konvencionalne zaštite, a također postižu učinkovitu zaštitu ili prevenciju od štetnih kukaca. Druge mjere uključuju agrotehničke mjere, plodored, mehaničke, fizikalne, biotehničke i biološke mjere (Bažok i sur., 2014).

Iako u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji za suzbijanje štetnih organizama najčešće koristimo pesticide, dobro je znati da svaka vrsta kukaca i grinja u prirodi ima veći ili manji broj prirodnih neprijatelja (Oštrkapa-Međurečan, 2016). Prirodni neprijatelji, osim što smanjuju populaciju štetnih kukaca u poljoprivredi, također pomažu kod oprašivanja, važan su dio biološke komponente tla ili se tek slučajno nađu na poljoprivrednim površinama (Kuštera, 2018). Oni igraju važnu ulogu u agroekosustavima, nudeći alternativu drugim mjerama i metodama zaštite ili integraciju s njima (Salerno i sur., 2002; cit. Corrales i Campos, 2004). Dakle, razvojem integriranog gospodarenja štetnicima nastoji se povećati prirodna zaštita privlačenjem i očuvanjem entomofagnih člankonožaca. Zbog toga je ključno poboljšati znanje o utjecaju koji različite poljoprivredne prakse imaju na takve korisne organizme te je važno zaštititi korisne kukce očuvanjem njihovih prirodnih staništa i smanjenim korištenjem raznih kemikalija u poljoprivredi (Corrales i Campos, 2004).

Prirodni neprijatelji štetnika koriste se kao biopesticidi pa se namjerno unose i ispuštaju u voćnjacima i zaštićenim prostorima (Bažok i sur., 2014). Takav način zaštite odnosi se na biološku zaštitu. Biološko suzbijanje štetnika prirodni je mehanizam parazitoida, predatora i patogena u održavanju gustoće populacije drugih organizama na nižoj prosječnoj razini nego što bi se dogodila u njihovoj odsutnosti (Oštrkapa-Međurečan, 2016). Predatorske vrste kukaca obuhvaćaju oko 167 porodica iz 14 redova kukaca. U važnije redove predatorskih kukaca ubrajamo redove Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Hemiptera i red Neuroptera, iz kojeg se posebno ističe vrsta *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) – zlatooka koja je važan predator mnogih štetnika (Shaukat, 2018). Ova vrsta koristi se u biološkom suzbijanju populacije lisnih uši i drugih štetnika. Zbog mogućnosti masovnog uzgoja, širokog raspona štetnika koje suzbija, kratkog perioda razvoja, jednostavnog načina korištenja i velike grabežljivosti, ličinke zlatooke smatraju se važnim komercijalno dostupnim sredstvom za biološku zaštitu u Americi i Europi (Rojht i sur., 2009).

U integriranoj proizvodnji, nastoji se održavati brojnost štetnika ispod pragova odluke prvenstveno ne kemijskim mjerama zaštite (Bažok i sur., 2014). To uključuje i biološku zaštitu od štetnika, odnosno upotrebu prirodnih neprijatelja i ostalih biopesticida, ali i upotrebu prirodnih insekticida (botanički insekticidi) i derivata nekih organizama (naturaliti). Takvi insekticidi imaju povoljniji ekotoksikološki profil, a mogu polučiti jednako dobre rezultate kao neki kemijski insekticidi (Bažok i sur., 2014). Ponekad prirodni neprijatelj nije dovoljno učinkovit u suzbijanju štetnika pa se u tom slučaju i dalje moraju primjenjivati insekticidi, pri čemu se prednost daje onima s povoljnijim ekotoksikološkim karakteristikama. Osim korištenja samo prirodnog neprijatelja ili insekticida, postoji mogućnosti kombiniranja tih dvaju mogućnosti za dobivanje boljih i učinkovitijih rezultata što dovodi do smanjenja rezistentnosti štetnika na insekticide, ali i količine ostataka djelatnih tvari u okolišu, na ili u poljoprivrednim proizvodima (Bažok i Lemić, 2017). Kako bi bili sigurni da insekticid nema negativno djelovanje na prirodnog neprijatelja, valja provesti istraživanja i utvrditi ima li neka djelatna tvar negativan učinak na prirodnog neprijatelja, zbog čega bi takve kombinacije primjene trebalo izbjegavati.

1.1. Cilj rada

Hipoteza rada je da upotreba botaničkih insekticida i naturalita ima manji negativan utjecaj na zlatooku *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) u usporedbi s klasičnim kemijskim insekticidima. Cilj rada je utvrditi akutno i rezidualno djelovanje insekticida na temelju djelatnih tvari azadiraktina, piretrina, spinosada, abamektina i cipermetrina na zlatooku *C. carnea* u laboratorijskim uvjetima.

2. Pregled literature

2.1. Biološko suzbijanje

Biološko suzbijanje je ekološki prihvatljiviji i učinkovitiji način smanjenja populacije štetnih organizama ili ublažavanja njihovih učinaka korištenjem biopesticida. U njih ubrajamo parazitoide, parazite i predatore kao makrobiološke agense. Uzročnici bolesti (patogeni) štetnika, odnosno gljivice, bakterije, virusi, protozoe i fitoplazme ubrajaju se u mikrobiološke agense (Igrc Barčić i Maceljski, 2001). Osim njih, u biopesticide ubrajamo i pesticide prirodnog porijekla, kao što su botanički insekticidi, te naturalite kao derivate nekih organizama (Bažok i sur., 2014). Biološka zaštita koju pružaju prirodni neprijatelji posebno je važna za smanjenje broja štetnih kukaca i grinja (Sanda i Sunusi, 2014). Prvi značajan pokušaj introdukcije kukaca za biološko suzbijanje zabilježen je 1888./1889. godine. U Kaliforniju je uvedena vrsta božje ovčice *Rodolia cardinalis* (Mulsant, 1850) u cilju suzbijanja narančinog crvca – *Icerya purchasi* Maskell, 1878 (Resh i Cardé, 2009). Zanimanje za biološko suzbijanje povećalo se tijekom posljednjih desetljeća prvenstveno zbog povećanja rezistentnosti štetnih kukaca na jedan ili više insekticida, pa zbog toga proizvođači sve više traže metode koje se mogu provoditi na održiv način i bez rezidua (Griffiths i sur., 2008). Biološki načini suzbijanja ubrajaju se u nekemijske mjere i koriste se kao alternativa kemijskim pesticidima za suzbijanje štetnih organizama u integriranim i ekološkim sustavima poljoprivredne proizvodnje. Razlikujemo tri osnovne metode biološkog suzbijanja: klasičnu, konzervacijsku i augmentativnu (Sanda i Sunusi, 2014).

Klasična metoda definira unos učinkovitog i visoko specifičnog prirodnog neprijatelja za ciljanog štetnika. Prirodni neprijatelji unose se u iz područja iz kojeg je i štetnik. Pri jednokratnom unosu se očekuje da prirodni neprijatelj uspostavi stalnu populaciju te da uspješno kontrolira štetnika (Ravlić i Baličević, 2014).

Konzervacijska (ili konzervativna) metoda zaštite definira se kao očuvanje autohtonih prirodnih neprijatelja i okoliša radi zaštite i jačanja prirodnih neprijatelja kako bi se smanjio učinak štetnika. Očuvanje prirodnih staništa često uključuje povećanje raznolikosti vrsta i strukturne složenosti agroekosustava (Sanda i Sunusi, 2014).

Augmentativna metoda biološkog suzbijanja odnosi se na uzgoj i povremeno ispuštanje prirodnog neprijatelja koji se prirodno ne javlja u dovoljnom broju da bi štetnik ostao ispod razine koja može prouzročiti znatnu gospodarsku štetu ili gubitak (Griffiths i sur., 2008). To dovodi do pretpostavke da nema odgovarajućeg broja ili vrsta prirodnih neprijatelja za pružanje optimalne biološke zaštite, no ti brojevi se mogu povećati masovnom proizvodnjom većeg broja prirodnih neprijatelja u laboratoriju ili od tvrtki za njihovu proizvodnju i prodaju (Sanda i Sunusi, 2014). Unutar augmentativne razlikujemo inokulativnu i inundativnu metodu. Kod inokulativne metode relativno mali broj korisnih

vrsta ispušta se u kritičnom razdoblju, točnije sezonski, dok se kod inundativne metode višekratno unosi vrlo veliki broj korisnih vrsta kukaca (Ravlić i Baličević, 2014.).

2.2. Porodica Chrysopidae

Porodica Chrysopidae ili zlatooke smatraju se jednom od najprepoznatljivijih skupina kukaca iz reda Neuroptera (mrežokrilci). Vrste ove porodice prosječne su veličine (1-1,5 cm) te se obično razlikuju od ostalih porodica zelenom bojom tijela i velikim opnastim krilima s karakterističnom mrežom žila zbog čega krila imaju izgled čipke (Brooks i Barnard, 1990). Porodica broji 1416 vrsta podijeljenih u 82 roda (Oswald, 2017). Vrste koje pripadaju rodovima *Chrysopa*, *Dichochrysa*, *Ceraeochrysa* i *Chrysoperla* (slika 2.1.) smatraju se najvažnijim i najrasprostranjenijim vrstama za biološko suzbijanje (Brooks i Barnard, 1990; Pappas i sur., 2011). Prema nešto starijim podacima, u Hrvatskoj je zabilježena 21 vrsta, a u Europi ima oko 50-tak vrsta ove porodice (Maceljski, 1999).

Vrste porodice Chrysopidae uglavnom su grabežljivci lisnih uši na brojnim poljoprivrednim i hortikulturnim usjevima. Osim lisnih uši, također se smatraju predatorima nekih vrsta stjenica, štitastih uši, štitastih moljaca, jaja i ličinki leptira, tripsa i grinja (Hydorn, 1971; cit. Dhandapani i sur., 2016). Zbog svoje vrijednosti u biološkom suzbijanju štetnika, smatraju se i jednom od važnijih i najviše proučavanih porodica reda Neuroptera (Tauber i Albuquerque, 2009). Također se zlatooke smatraju potencijalnim agensima biološkog suzbijanja i mogućom ekološki prihvatljivom alternativom insekticidima koji se koriste u suzbijanju štetnika (Dhandapani i sur., 2016). Iako se poznati opasni učinci insekticida na dobrobit ljudi i okoliša mogu ublažiti upotrebom prirodnih neprijatelja, također se mogu postići daljnje koristi, poput poboljšanja prinosa i kvalitete usjeva (Rojht i sur., 2009). Neke se vrste iz ove porodice masovno uzgajaju radi korištenja u biološkom suzbijanju. Primjer takvog uzgoja su vrste roda *Chrysoperla*. Ove vrste posjeduju karakteristike koje su korisne za masovni uzgoj, točnije, odrasli ne trebaju plijen za razvoj, već se razmnožavaju kada se hrane umjetnom prehranom. Na taj način mogu se čuvati dulje vrijeme bez značajnog gubitka reproduktivnog potencijala, a ličinke se mogu razviti kada se hrane umjetnim ili stvarnim plijenom (Tauber i Albuquerque, 2009).

Odrasle zlatooke su srednje veličine, svjetlijih boja – najčešće zelenkaste, krila dugih do 30 mm koja u mirovanju stoje kao krović na kućici. Karnivorni su, stoga imaju dobro razvijen usni ustroj za grizenje i žvakanje. Odrasli se većinom hrane peludom i mednom rosom te obično žive četiri do šest tjedana (Lazić, 2020). Ličinke su grabežljive, snažno razvijenih čeljusti, mekog svijetlog tijela sa dlačicama, veličine do 10 mm. Prolaze kroz tri stadija ličinke. Treći stadij je najproždrljiviji tj. u jednom satu može pojesti do 50 crvenih paukova. Tijekom razvoja mogu pojesti do 500 odraslih lisnih uši ili 400 jaja krumpirove zlatice (Lazić, 2020). Ženka polaže i do nekoliko stotina jaja na biljne organe s donje strane ili na vrhu lišća ili izbojaka, gdje ima dovoljno hrane za mlade ličinke koje će se razviti. Jaja

polažu na kraj dugih peteljki, pojedinačno ili u skupinama (grozdovima). Peteljke često sadrže masne kapljice sa hranjivim ili obrambenim tvarima koje štite jaje ili tek izleglu ličinku od štetnika (Pappas i sur., 2011).

Iako je većina rodova porodice Chrysopidae geografski široko rasprostranjena, neki imaju ograničenu distribuciju unutar određene biogeografske regije (Garzón-Orduna i sur., 2019). Na primjer, rodovi unutar porodice Chrysopidae kreću se od kozmopolitskih do usko endemičnih rodova (Tauber i Albuquerque, 2009).



Slika 2.1. Vrsta *Chrysoperla carnea*

Izvor: Kelemen (2020)

2.3. Vrsta *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1835)

Rod *Chrysoperla* sadrži nekoliko važnih vrsta grabežljivih kukaca od kojih je uobičajena vrsta *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1835), grabežljiva zlatooka mnogih kukaca štetnih na poljoprivrednim kulturama. Ovu vrstu prvi je opisao J. F. Stephens (1835) u Engleskoj pod nazivom *Chrysopa carnea* (Henry i sur., 2002). Danas se *C. carnea* smatra jednim od važnijih komercijalno dostupnih prirodnih neprijatelja u programima biološke zaštite, koji se često unosi u domaće vrtove, voćnjake i staklenike radi biološkog suzbijanja (Corrales i Campos, 2004). Također se koristi i u kombinaciji s drugim mjerama ili metodama zaštite (Chakraborty, 2010). Koliko je zlatooka važna i korisna za održavanje prirodne ravnoteže govori i činjenica da se upravo ona nalazi na našem znaku integrirane proizvodnje (slika 2.2.) (Oštrkapa-Međurečan, 2016).



Slika 2.2. Zlatooka na znaku integrirane proizvodnje

Izvor: Drava-info (2016), https://drava-info.hr/2016/01/kolumna-korisni-kukci-prirodni-neprijatelji-stetnika/

Zlatooka *C. carnea* smatra se pravom ljepoticom među kukcima zbog vitkog zelenog tijela, dva para mrežastih krila, velikih, zlatnih, sjajnih očiju i dugih ticala. I upravo zato je prijatelji prirode često spominju i smatraju biserom prirode, jer se svjetlost prilikom prolaska kroz njezina tanka krila prelijeva u paletu duginih boja (Ševar, 2004). Ova vrsta se najviše izdvaja iz porodice Chrysopidae zbog vrlo učinkovitog pronalaženja hrane, čestog pojavljivanja i lakog uzgoja za komercijalnu upotrebu (Shaukat, 2018).

2.3.1. Sistematika

Sistematsko mjesto odnosno pripadnost vrste *Chrysoperla carnea* prikazano je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Sistematska pripadnost vrste *Chrysoperla carnea*

RAZRED	Insecta
RED	Neuroptera Linnaeus, 1758
PODRED	Hemerobiiformia
PORODICA	Chrysopidae Schneider, 1851
PODPORODICA	Chrysopinae Schneider, 1851
GRUPA	Chrysopini Schneider, 1851
ROD	*Chrysoperla* Steinmann, 1964
VRSTA	*Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836)

Izvor: Fauna Europaea (2020)

Vrsta *C. carnea* pripada rodu *Chrysoperla*, koji broji ukupno 15 vrsta. Radi se o vrlo poznatom rodu, jednom od ukupno 17 rodova grupe Chrysopini (ITIS, 2020). Na području Europe zabilježeno je 11 rodova iz ove grupe (Fauna Europaea, 2020). Grupa Chrysopini se zajedno s grupama Ankylopterygini, Belonopterygini i Leucochrysini ubraja u podporodicu Chrysopinae (Jiang i sur., 2017), koja uz podporodice Apochrysinae i Nothochrysinae čini porodicu Chrysopidae (Garzón-Orduna i sur., 2019).

Vrstu *C. carnea* prvi je opisao J. F. Stephens (1835) u Engleskoj pod nazivom *Chrysopa carnea* (Henry i sur., 2002). Budući da se radi o kozmopolitskoj vrsti, često je bila opisivana i determinirana od strane različitih autora i u različito vrijeme, pa postoji oko 200-tinjak sinonima ove vrste, a neki od njih su: *Chrysopa carnea* Stephens, 1836, *Chrysopa carnea vulgaris* Schneider, 1851, *Chrysopa cephalica* Navas, 1926, *Chrysopa ferganica* Navas, 1933, *Cintameva angelnina* Navas, 1931 (Catalogue of Life, 2020).

2.3.2. Distribucija

Vrsta *C. carnea* je kozmopolit, odnosno, raširena je diljem svijeta. Na slici 2.3. vidljivo je da je najveća rasprostranjenost zlatooke u državama Sjeverne Amerike, Europe i jugoistočne Azije. Prema podacima iz EPPO (2020) u Europi je zabilježena u Austriji, Belgiji, Češkoj, Danskoj, Finskoj, Francuskoj, Njemačkoj, Grčkoj, Irskoj, Italiji, Nizozemskoj, Portugalu, Španjolskoj, Švedskoj, Švicarskoj i Ujedinjenom Kraljevstvu, gdje se prvenstveno koristi za uzgoj za biološko suzbijanje štetnika.

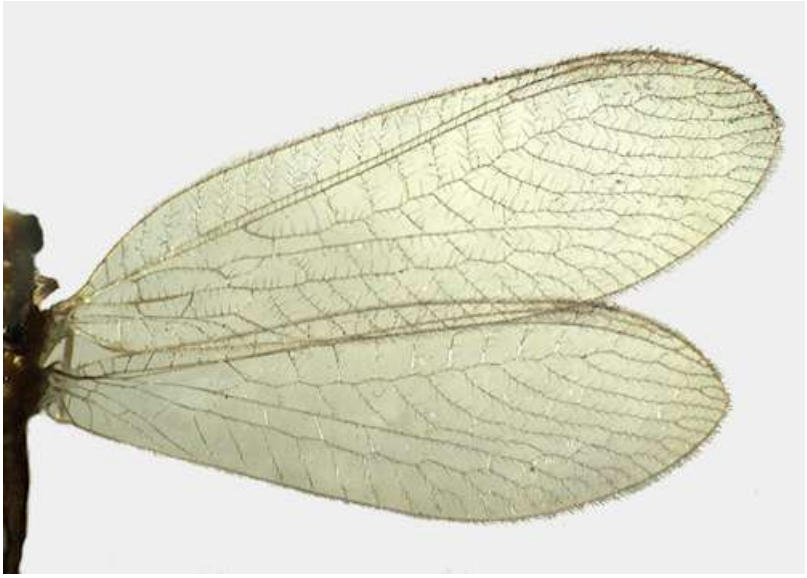


Slika 2.3. Rasprostranjenost vrste *Chrysoperla carnea*

Izvor: CABI (2019), https://www.cabi.org/isc/datasheet/13194

2.3.3. Morfologija

Odrasle jedinke zlatooke imaju nježno, izduženo, mekano tijelo, najčešće svijetlo zelene boje, s dugim mrežastim krilima raspona 20 do 30 mm (Maceljski, 1999). Krila su isprepletena mnoštvom žila (slika 2.4.) pa daju dojam čipke, a kada su u stanju mirovanja, izgledaju kao šator na tijelu kukca. Veličina tijela varira od 10 do 13 mm, dok kod nekih tropskih vrsta veličina tijela može doseći i do 50 mm, a raspon krila do 150 mm. Odrasli su aktivni letači, osobito tijekom noći te imaju karakterističan, lepršav let (Brooks i Barnard, 1990).



Slika 2.4. Mrežasta krila zlatooke

Izvor: Kolumbus (2009), http://www.kolumbus.fi/esko.viitanen/chrysoperla_carnea_e.htm

Glava u odraslih jedinki je većinom jednobojna (zelena) ali u nekih može biti prošarana sa crvenim ili smeđim prugama. Položaj glave u odnosu na tijelo je ortognatan, a usni ustroj je za grizenje i žvakanje (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Na glavi nisu prisutne jednostavne oči (ocele), već su istaknute sastavljene (fasetirane) oči koje se nalaze u blizini ticala (Manjunatha i sur., 2016). Oči su velike, izbočene i zlatne boje pa izgledaju kao dvije „hemisfere“. Ticala su duga, višestruko segmentirana i nitasta, a duljina varira od približno polovice do dvostruke duljine prednjeg krila (Brooks i Barnard, 1990). Zadak je kod oba spola višestruko segmentiran (devet segmenata). U mužjaka je zadak uži i sužava se na mjestu gdje je kod ženke ispupčen i dva do tri puta širi nego kod mužjaka (Manjunatha i sur., 2016).

Sve vrste roda *Chrysoperla*, pa tako i *C. carnea* sadrže timpanalni organ pomoću kojeg proizvode zvukove udvaranja vibrirajući zatkom o podlogu. Zvukove stvaraju ženke i mužjaci, a one su preduvjet za parenje, te su prema nekim istraživačima specifični za vrstu i mogu se smatrati pouzdanima za identifikaciju vrste (Henry i sur., 2001; cit. Noh i Henry, 2010).

Odrasle ženke polažu jaja (slika 2.5.) na kraj duge peteljke pričvršćene na donju stranu lista ili na koru drveća (Turpeau i sur., 2012). Peteljke imaju važnu obrambenu ili hranjivu ulogu za tek izleglu ličinku. Duljina peteljke je specifična za vrstu i može varirati od dva do 26 mm, a na nju utječe veličina ženkina tijela, kao i uvjeti okoliša (Tauber i sur., 2014). Jaja su sićušna, ovalna, bijele ili žuto-zelene boje veličine od 0,7 do 2,3 mm (Pappas i sur., 2011).



Slika 2.5. Jaja vrste *Chrysoperla carnea*

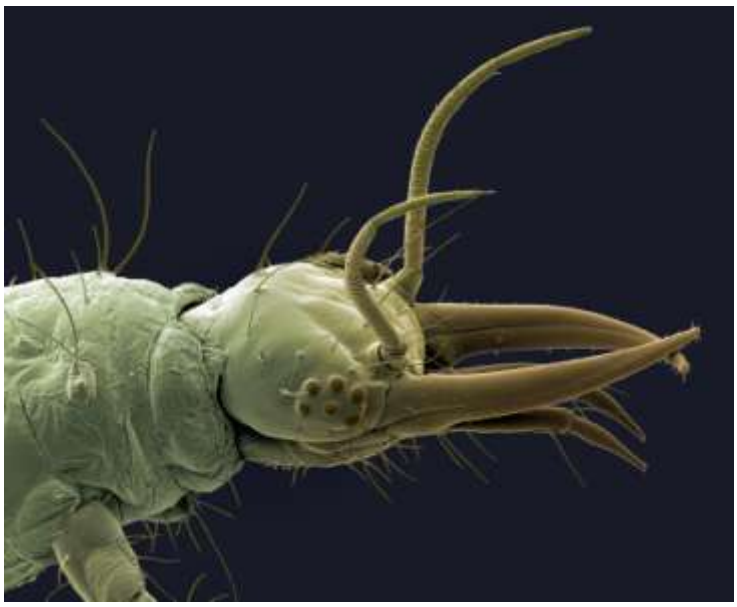
Izvor: Flickr (2008), https://www.flickr.com/photos/koppert/2774550806

Ličinke zlatooke, tek izašle iz jajeta (1. ličinački stadij) veličine su od 2 mm pa sve do 7-8 mm u trećem stadiju ličinke (slika 2.6.) (Turpeau i sur., 2012). Tijelo im je duguljasto, više segmentirano i šire u sredini, a prema krajevima se sužava (Brooks i Barnard, 1990). Ličinke su crvenkasto-smeđe boje s leđnim i bočnim blijedim prugama, a s bočne strane tijela imaju izbočine koje na sebi sadržavaju čvrste dlake, čekinje. Glava je sive boje s usnim ustrojem za grizenje i žvakanje. Imaju par snažnih donjih čeljusti (slika 2.7.) u obliku kliješta kojima probijaju tkivo domaćina i njime se hrane (Brooks i Barnard, 1990).



Slika 2.6. Ličinka 3. stadija vrste *Chrysoperla carnea*

Izvor: Kelemen (2020)

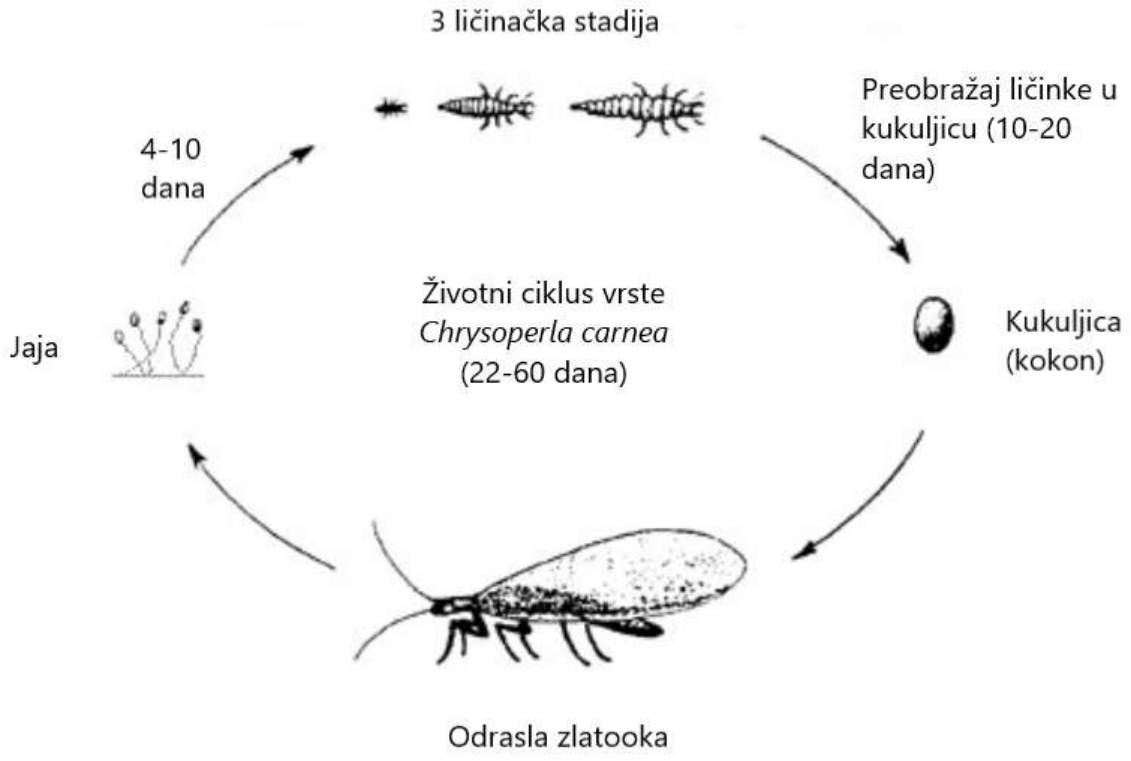


Slika 2.7. Izgled donjih čeljusti u obliku kliješta kod ličinke zlatooka

Izvor: Gschmeissner (2013), https://fineartamerica.com/featured/lacewing-larva-head-sem-steve-gschmeissner.html

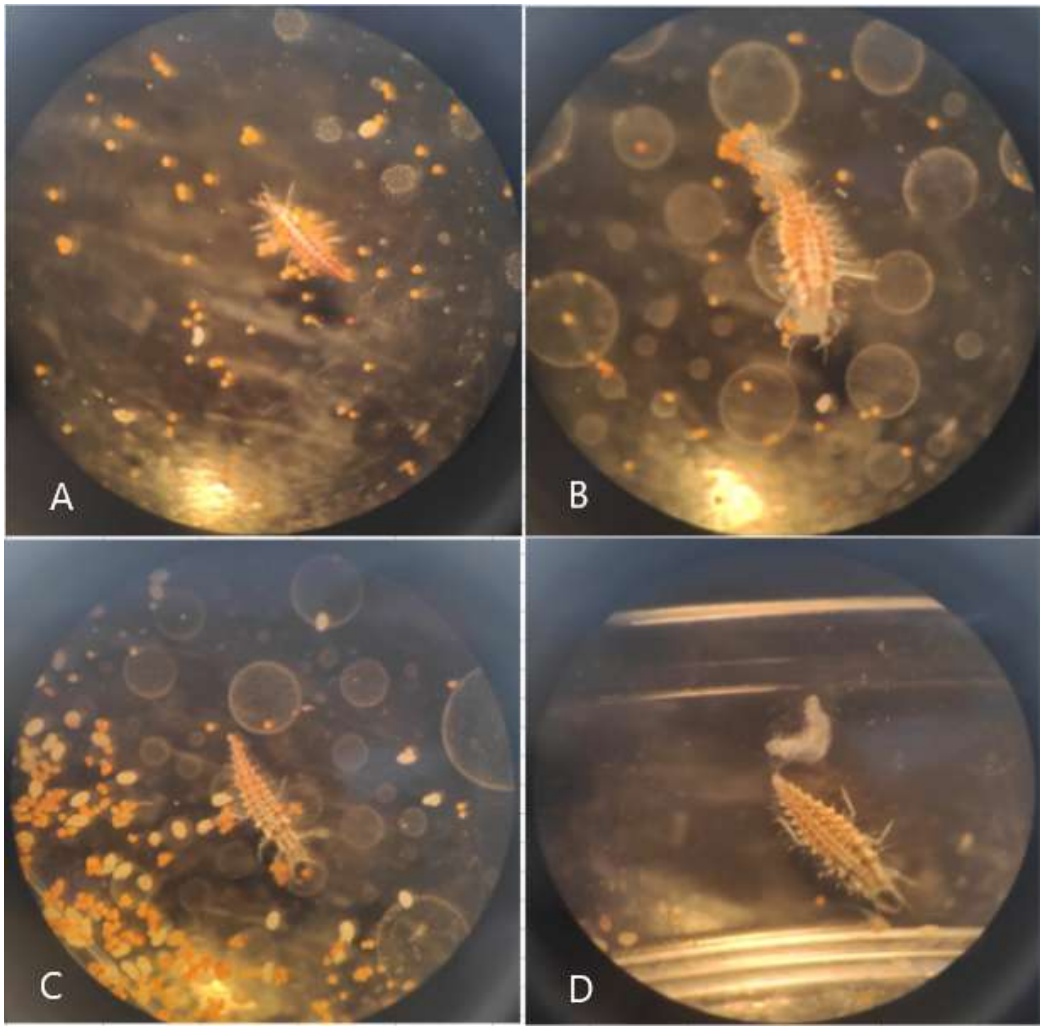
2.3.4. Životni ciklus i ekologija

Vrsta *Chrysoperla carnea* tijekom života prolazi potpunu preobrazbu (slika 2.8.). Ženka zlatooke položi do 350 jaja koja je lako prepoznati jer su na listu postavljena na peteljkama kako ne bi došlo do kanibalizma među ličinkama nakon što se izlegnu (VKM, 2014). Ženke mogu doseći visoku razinu plodnosti, ali to ovisi o kvaliteti i količini dostupne hrane. U prosjeku mogu odložiti više od 20 jajašaca dnevno. Ovisno o temperaturi, jaja se izlegu nakon četiri do 10 dana (Turpeau i sur., 2012). Iz jaja se razviju ličinke koje prolaze kroz tri ličinačka stadija (slika 2.9.) te se tijekom dva tjedna svoga razvoja hrane raznim vrstama štetnih kukaca (Amarasekare i sur., 2013). Tijekom razvoja, ličinka može uništiti do 500 lisnih uši, 500 jaja leptira ili 12000 jaja grinja (Oštrkapa-Međurečan, 2016). Nakon intenzivne ishrane ličinka zapreda kokon (kukuljicu) i prilijepi ga na list. Ovisno o temperaturi, preobražaj ličinke u kukuljicu traje 10 do 20 dana (Pešut-Pilon, 2010). Preobrazba se događa u kukuljici, iz koje izlazi odrasli kukac (Turpeau i sur., 2012).



Slika 2.8. Životni ciklus vrste *Chrysoperla carnea*

Izvor: Modificirano prema Cornell University - Biological Control (2020), https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Chrysoperla.php



Slika 2.9. A – Ličinka 1. stadija; B – Presvlačenje ličinke 1. stadija; C – Ličinka 2. stadija; D – Ličinka 3. stadija nakon presvlačenja, vrste *Chrysoperla carnea*

Izvor: Kelemen (2020)

Zlatooka je ekonomski i ekološki važan prirodni neprijatelj jer i ličinke i odrasle jedinke mogu biti uključene u zaštitu. Primjerice, odrasli zlatooke se koriste za održavanje populacije štetnika ali ne i za suzbijanje, na način da odlažu jaja preko cijelog područja koje se tretira. No, često se takav oblik prevencije smatra problematičnim zbog činjenice da se odrasli obično raziđu i napuste ciljno područje prije nego odlože jaja (Pappas i sur., 2011). Odrasle zlatooke je moguće u usjeve privući i prije povećanja populacije štetnih kukaca prskanjem melase ili otopine saharoze (Helyer i sur., 2014). Odrasli nisu grabežljivi, dok su ličinke zlatooke aktivni predatori, koje karakteriziraju brzi pokreti, agresivno ponašanje i brzi rast. Te su ličinke proždrljive i obično su polifagni grabežljivci, stoga njihova prehrana također uključuje plijen iste vrste, što dovodi do kanibalizma (slika 2.10.) (Rojht i sur., 2009). Štetnici kojima se ličinke hrane su većinom iz podreda Homoptera i to najviše lisne uši koje

prevladavaju na vegetaciji nižeg rasta. Dokazano je da ličinke na usjevima napadaju nekoliko vrsta lisnih uši, grinje, tripse, jaja cvrčka i moljaca, gusjenice leptira te ličinke štitastih uši i kornjaša. Također se smatra važnim grabežljivcem vrste *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867) u zaštićenim prostorima (Alghamdi, 2013). Broj generacija godišnje varira, pa tako u sjevernoj i srednjoj Europi obično postoje dvije generacije godišnje, dok u južnoj Europi postoje tri do četiri generacije. U stakleniku je moguće više generacija zlatooke (Malais i Ravensberg 2003; cit. VKM, 2014).



Slika 2.10. Kanibalizam između ličinki zlatooke

Izvor: Rojht i sur. (2009)

Zlatooka *C. carnea* može se lako uzgajati u laboratoriju i koristiti protiv štetnih kukaca na otvorenom (Syed i sur., 2008; cit. Khan i sur., 2012). Na trajanje razvoja i stopu preživljavanja zlatooka utječu temperatura, relativna vlažnost zraka, fotoperiod te kvaliteta i količina hrane. Jedan od najvažnijih čimbenika koji utječe na brzinu razvoja određene vrste kukca je temperatura, jer različite vrste kukaca imaju različite temperaturne zahtjeve u različitim razvojnim fazama (Birch, 1948; cit. Shaukat, 2018). Rast populacije ovisi o temperaturi, vrsti plijena i o relativnoj vlazi zraka. Razvoj od jajeta do odrasle zlatooke traje u prosjeku 60 dana na 16 °C, 35 dana na 21 °C i 25 dana na 28 °C. Temperatura iznad 35 °C je smrtonosna za zlatooku (Malais i Ravensberg, 2003; cit. VKM, 2014).

Još jedan čimbenik koji pridonosi njihovoj učinkovitosti u biološkom suzbijanju je otpornost/rezistentnost na uobičajene insekticide u odnosu na druge prirodne neprijatelje. Istraživanja su pokazala da su uz jaja također i drugi razvojni stadiji zlatooke izuzetno tolerantni na većinu testiranih insekticida. Zbog takvih karakteristika zlatooka se smatra pogodnom u integriranoj zaštiti gdje se insekticidi kombiniraju s drugim mjerama suzbijanja kako bi se smanjila uporaba insekticida (Mandese, 2018).

2.3.5. Komercijalno dostupni pripravci

Vrsta *C. carnea* se obično isporučuje od dobavljača za biološku zaštitu kao jaja ili ličinke. Jaja zlatooke se dostavljaju zajedno sa određenim supstratom kao što su ljuske riže ili mljeveni kukuruzni griz koji služi za odvajanje ličinki neposredno nakon izlaženja iz jajeta kako bi se kanibalizam sveo na najmanju moguću mjeru (Pappas i sur., 2011). Jaja se raspoređuju najčešće ručnim raspršivanjem za postizanje ravnomjerne raspodjele u polju. Ličinke se moraju brzo dostaviti na mjesto uporabe, jer su vrlo grabežljive i može doći do kanibalizma (Mandese, 2018). Vezano uz različite faze razvoja (jaja, ličinke, kukuljice i odrasle jedinke) zlatooke koje bi uzgajivač mogao kupiti za biološko suzbijanje komercijalno su dostupni od nekoliko tvrtki u različitim formulacijama. Jaja i ličinke, koje se obično prodaju na tisuće, jeftinija su varijanta od kupnje odraslih jedinki stoga je takav način kupnje isplativiji (Tauber i sur., 2000). Osim formulacija, komercijalno su dostupni i dodaci prehrani. Na primjer, za odrasle je moguće naručiti prehranu koja sadržava kvasac ili pelud koji se miješaju sa vodom, a na biljku se nanose u obliku paste. Osim umjetne prehrane, jaja vrste *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 koriste se kao dodatna živuća hrana u biološkom suzbijanju. U slučaju vrste *C. carnea*, jaja se koriste kao dopunska prehrana za ličinke (Pappas i sur., 2011).

Jedna od vodećih svjetskih tvrtki koja uzgaja korisne kukce za biološko suzbijanje je Koppert Biological Systems iz Nizozemske. Osim drugih komercijalno dostupnih pripravaka na bazi različitih predatora za biološko suzbijanje, tvrtka nudi vrstu *C. carnea* koja je dostupna kao pripravak pod imenom Chrysopa, a koristi se prvenstveno za biološko suzbijanje lisnih uši te mnogih drugih štetnih kukaca.



Slika 2.11. Pripravak Chrysopa koji sadrži ličinke zlatooke *Chrysoperla carnea*

Izvor: Kelemen (2020)

Pripravak Chrysopa se prodaje u bocama od 500 mL koje sadrže 1000 ličinki (slika 2.11.) ili posudama od 6 L koje sadrže 10000 ličinki pomiješane najčešće s heljdinim ljuskicama. Prije primjene pripravka Chrysopa potrebno je protresti bocu te nakon toga nanijeti izravno na područje zahvaćeno štetnicima. Važno je naglasiti da korisni kukci imaju kratak životni vijek stoga ih je potrebno uvesti u usjev što je prije moguće nakon primitka. U slučaju da se pripravak Chrysopa ne koristi odmah po primitku, važno je očuvati ga na temperaturi od 8 °C do 10 °C u mraku jedan do najviše dva dana (Koppert, 2020).

2.4. Botanički insekticidi

Posljednjih nekoliko desetljeća uporaba sintetskih pesticida u zaštiti bilja nije se smanjila prvenstveno zbog brze djelotvornosti, visoke učinkovitosti, jednostavne uporabe i niske cijene. Ipak, znajući o njihovoj štetnosti za okoliš i ljude, prisutnosti ostataka, neselektivnosti, te zbog sve većih zahtjeva za hranom bez ostataka pesticida, kao i brige o zaštiti okoliša, postoji potreba za usvajanjem novih, sigurnijih načina suzbijanja štetnika. U posljednje vrijeme sve se više pozornosti posvećuje istraživanju alternativnih mjera i metoda zaštite, posebice pripravaka na biljnoj bazi kao što su botanički insekticidi (Grdiša i Gršić, 2013). Prema podrijetlu botaničke ili prirodne insekticide ubrajamo u biološka sredstva za zaštitu bilja. To su sekundarni produkti metabolizma koje biljka sintetizira uglavnom u svrhu obrane od štetnika. Ti produkti dakle nisu bitni za njihov rast i razvoj, ali su važni u zaštiti od drugih štetnih organizama, prvenstveno štetnih kukaca (Rosenthal i Berenbaum, 1991; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Mehanizmi obrane kod takvih biljaka nisu temeljeni na trenutnom smrtonosnom djelovanju već na učincima koji mijenjaju psihosocijalna ponašanja kukaca i njihove biološke funkcije što dovodi do prestanka hranjenja (antifidantno djelovanje) i zaostatka reprodukcije kod kukaca. Imaju širok spektar djelovanja tj. djeluju insekticidno, akaricidno, nematocidno, baktericidno, herbicidno i virucidno, a također djeluju i kao repelent za pojedine štetnike te utječu na rast i razvoj kukaca (Grdiša, 2020).

Osim korištenja botaničkih insekticida kao samostalnih preparata, preporučuje se integriranje s drugim metodama biološke zaštite, kao što su prirodni neprijatelji, čija kombinacija prema raznim istraživanjima daje dobre rezultate za zaštitu od štetnih kukaca. U odnosu na sintetičke insekticide imaju brojne prednosti, poput brzog djelovanja, brze razgradnje i selektivnosti, zbog čega se smatraju vrlo pristupačnim insekticidima. Također, niske su oralne toksičnosti za toplokrvne organizme, a važno je naglasiti da nisu zabilježeni slučajevi razvoja rezistentnosti ili fitotoksičnih učinaka. Danas je u svijetu poznato gotovo 200 biljaka koje sadrže insekticidna svojstva, no samo manji broj aktivno se koristi u zaštiti od štetnika (Pavela, 2009). Prvenstveno se botanički insekticidi koriste u ekološkoj

proizvodnji, dok se u konvencionalnoj izbjegavaju najčešće zbog brze razgradnje koja dovodi do njihove češće primjene. Skuplji su za korištenje od sintetskih insekticida, a osim na štetnike, toksično djeluju i na neke toplokrvne organizme i ljude (rotenon) te je malo podataka o njihovoj djelotvornosti. Unatoč brojnim spoznajama i podacima o njihovim insekticidnim svojstvima, samo je manji broj botaničkih insekticida danas u uporabi (Korunić i Rozman, 2012). Među botaničkim insekticidima, piretrin i azadiraktin (neem) najviše se komercijalno koriste, uporaba rotenona se smanjuje, a ryania i sabadila su u ograničenoj upotrebi (Grdiša i Gršić, 2013).

Azadiraktin

Insekticidi na bazi azadiraktina potječu od tropskog stabla neem-a (*Azadirachta indica* A. Juss., 1830) koje se prema sistematici ubraja u porodicu Meliaceae (Siddiqui i sur., 2004; Grdiša i sur., 2009). Neem ili indijski ljiljan, kako ga još nazivaju, porijeklom je iz južne i jugoistočne Azije, a danas se sve više uzgaja u tropskim i suptropskim područjima Afrike, Sjeverne i Južne Amerike i Australije (Schmutterer, 1990; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Glavna djelatna tvar koja se sintetizira iz neem-a je azadiraktin koji je prisutan u manjim količinama u svim dijelovima stabla, ali najveća koncentracija nalazi se u sjemenkama (0,2 % do 0,6 %) (Govindchari, 1992; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Azadiraktin ima širok spektar djelovanja tj. učinkovito djeluje na oko 200-tinjak vrsta kukaca prvenstveno iz redova Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, i Hemiptera, podreda Homoptera, te grinja i nematoda (Juran i Ševar, 2019). Kod kukaca utječe na ponašanje i njihove životne procese onemogućavajući im hranjenje, razvitak i reprodukciju, što neposredno dovodi do smrti kukca. Također, azadiraktin ima strukturu sličnu hormonima presvlačenja kukaca te se oponašanjem tih hormona upliće u sam mehanizam njihovog izlučivanja i blokira ih (Grdiša i Gršić, 2013). Ima nisku akutnu toksičnost za sisavce (LD_{50} iznosi više od 5000 mg/kg kod štakora) (Raizada i sur., 2001; Grdiša i Gršić, 2013), no utvrđena je neplodnost i smrtnost kod testnih životinja nakon uzimanja hrane koja je sadržavala ekstrakt dobiven iz svježih listova neem-a (Juran i Ševar, 2019).

Azadiraktin se danas može naći pod različitim trgovačkim nazivima u otprilike 20-tak zemalja diljem svijeta. Primjenjuje se kao samostalno sredstvo ili u kombinaciji s drugim sredstvima za zaštitu bilja (FAO, 2016). Jedno od sredstva za primjenu je NeemAzal®-T/S čija se djelatna tvar azadiraktin koristi kao koncentrat za emulziju (EC). Iako je ovaj pripravak registriran u mnogim zemljama širom svijeta, u Republici Hrvatskoj u 2020. godini nema dozvoljenih sredstava na bazi djelatne tvari azadiraktin (FIS, 2020). S obzirom da je NeemAzal®-T/S sistemični insekticid širokog spektra koji djeluje na sve štetnike koji grizu i sišu na biljci, koristi se u suzbijanju štetnika na raznim kulturama. Kod voćaka koristi se za suzbijanje lisnih uši, lisnih minera, cikada, tripsa i štitastih moljaca, kod vinove loze suzbija također cikade, tripse te grozdovog moljca. Kod povrtlarskih kultura i ukrasnog bilja suzbija lisne uši, lisne minere, tripse, cikade, štitaste moljce i sovice, a kod krumpira se koristi protiv krumpirove zlatice i krumpirovog moljca (Juran i Ševar, 2019).

Piretrin

Piretrin je sekundarni metabolit biljke dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip.) višegodišnje biljne vrste iz porodice Asteraceae. Smjesa je šest aktivnih spojeva (piretrin I i II, cinerin I i II i jasmolin I i II) od kojih su najaktivniji i najzastupljeniji piretrin I i II, čije djelovanje slijedi već nakon nekoliko minuta nakon tretmana (Head, 1973; Grdiša i Gršić, 2013). Najveća zastupljenost piretrina je u cvjetnim glavicama i to oko 94 % u roškama, 2 % u cjevastim cvjetovima te 2,6 % u jezičastim cvjetovima i u cvjetištu, dok ga u ostalim biljnim dijelovima ima u tragovima. Piretrini su kontaktni otrovi koji brzo prodiru u živčani sustav kod kukaca, blokiraju ga što na kraju dovodi do paralize i smrti kukca (Davies i sur., 2007; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Međutim, njihovo djelovanje ponekad nije smrtonosno zbog toga što štetnici mogu razgraditi manje doze u organizmu pa ih je zbog toga potrebno miješati s drugim spojevima kako bi se spriječila razgradnja i povećala učinkovitost (Juran i Ševar, 2019). Piretrin nije toksičan za ljude jer se u ljudskom organizmu slabo apsorbira putem kože te u probavnom i dišnom traktu. U slučaju apsorpcije hidrolizira se u crijevima i tkivima te se brzo izlučuje iz tijela u obliku fekalija ili urina, bez nakupljanja u organizmu (Isman, 2006; Grdiša i sur., 2009). Piretrini se brzo razgrađuju kada su izloženi svjetlosti, zraku, vodi i visokim temperaturama i stoga se ne nakupljaju u hranidbenim lancima i podzemnim vodama te se ne zadržavaju u okolišu duže od nekoliko tjedana (Todd i sur., 2003; cit. Grdiša i Gršić, 2013).

Zbog visoke biorazgradivosti, piretrini se smatraju sigurnima i ekološki prihvatljivima te predstavljaju idealnu zamjenu za sintetičke insekticide, no zbog nestabilnosti, njihova je upotreba ograničena. Kao insekticid, piretrin je registriran 1950. za uporabu u poljoprivredi, kućanstvima, komercijalnim, industrijskim i javnim zdravstvenim ustanovama. Nekada je bio prozvan neotrovnim za ljude i životinje, ali i danas se smatra jednim od najsigurnijih insekticida ako se primjenjuje prema uputama za uporabu (Juran i Ševar, 2019). Formulacije koje sadrže prirodne piretrine smatraju se ekološki prihvatljivim sredstvima te se u velikoj mjeri koriste u suzbijanju štetnika u poljoprivredi, skladištima, kućanstvima, veterini i javnom zdravstvu. Često se koriste sa sinergistima (npr. s piperonil butoksidom), tvarima koje dodatno povećavaju djelotvornost insekticida.

Piretrin kao djelatna tvar mnogih trgovačkih sredstava dostupan je širom svijeta kao kontaktni botanički insekticid te se koristi kao koncentrat za emulziju (EC). U RH je dozvoljeno korištenje pripravaka na bazi piretrina, a neki od tih pripravaka su: Asset Five, Abanto, Krisant EC, Piretro Natura, Biotip Aphicid, Terminator Aphicid, Bio Plantella Flora Kenyatox Verde Plus (FIS, 2020). Piretrin ima širok spektar djelovanja na štetne kukce te se koristi za suzbijanje: u voćarstvu (lisnih uši, štitastih moljaca, tripsa, mušica), vinogradarstvu (moljaca, cvrčka), povrćarstvu (lisnih uši, štitastih moljaca, krumpirove zlatice, tripsa), a na ukrasnom i začinskom bilju se koristi za suzbijanje tripsa i lisnih uši (FIS, 2020).

Rotenon

Rotenon prema kemijskom sastavu ubrajamo u izoflavonoide. To je prirodni biljni otrov koji se nalazi u više od 65 biljnih vrsta. Većina komercijalnih sredstava sadrže djelatnu tvar rotenon izoliranu iz korijena i rizoma tropskih vrsta *Lonchocarpus utilis* A. C. Smith i *Derris elliptica* (Wall.) Benth, čiji osušeni dijelovi korijena sadrže približno 5 % rotenona (Weinzierl, 2000; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Kao komercijalni insekticid koristi se više od 150 godina te djeluje kao inhibitor metabolizma i neurotoksični otrov. Rotenon se stoljećima koristi u jugoistočnoj Aziji i Južnoj Americi kao otrov pomoću kojega ubijaju i hvataju ribe. Uz ribe, rotenon može zaustaviti stanično disanje i kod drugih živih organizama, uključujući sisavce, vodozemce, kukce. Kod kukaca ubrzo nakon izloženosti rotenonu dolazi do prestanka hranjenja, poremećaja respiratornih funkcija, a kukac ugiba za nekoliko sati ili dana (Cavoski i sur., 2011). To je kontaktni i želučani otrov koji djeluje na više vrsta kukaca, prvenstveno na gusjenice leptira, lisne uši, tripse, neke stjenice, mrave, crvenog voćnog pauka i druge štetnike u voćarstvu i povrtlarstvu, uključujući krumpirovu zlaticu te vrste roda *Diabrotica* i *Acalymma* (Weinzierl, 1998; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Iako se smatra otrovom, manje je toksičan za toplokrvne životinje i umjereno toksičan za ljude. Rotenon nije postojan u okolišu, brzo se razgrađuje na svjetlu, zraku, toplini (temperature ne smiju prelaziti 25 °C) i alkalnim uvjetima, slabo je topljiv u vodi stoga je ekološki prihvatljiv (Cavoski i sur., 2011). U Europi se pripravci na bazi rotenona koriste kao zaštitna sredstva u ekološkoj poljoprivredi. Međutim, u nekim europskim zemljama, poput Austrije, Italije, Španjolske i Švicarske, njegova je uporaba kao komercijalnog proizvoda djelomično ograničena, dok većina komercijalnih proizvoda dolazi iz Srednje i Južne Amerike gdje se aktivno koriste (Cavoski i dr., 2011). Pripravci na bazi djelatne tvari rotenon nemaju dozvolu za primjenu u RH u 2020. godini (FIS, 2020).

Sabadila

Sabadila (*Schoenocaulon officinale* (Schltdl. & Cham.) A. Grey), poznata još kao cevadila ili jestivi ječam, tropska je biljka koja raste u Srednjoj i Južnoj Americi gdje se stoljećima koristila protiv raznih štetnika. Zrele sjemenke biljke sadrže alkaloide (3 % do 6%) odnosno aktivne spojeve koji se prirodno javljaju u mnogim biljkama. Alkaloidi proizvedeni u sabadili zajednički su poznati kao veratrini. Cevadin i veratridin su najaktivniji alkaloidi u sjemenkama biljke u omjeru 2:1 (Dayan i sur., 2009). Ove aktivne tvari proizvode i druge biljne vrste, uključujući vrstu bijela čemerika (*Veratrum album*) koja u korijenu sadrži alkaloid veratridin. Kod kukaca, alkaloidi sabadile utječu na živčani sustav uzrokujući gubitak membrane živčanih stanica što dovodi do gubitka funkcije živaca, paralize i smrti. Neke vrste kukaca umiru neposredno nakon hranjenja na biljci, dok druge mogu preživjeti u stanju paralize nekoliko dana prije nego što uginu (Isman, 2006). Sabadila, kao komercijalni

pripravak u obliku praha dobivenog iz sjemena, najmanje je toksična od registriranih biljnih vrsta. Čisti veratrini oralno uneseni toksični su za sisavce (LD_{50} =13 mg/kg) te se prema jačini otrovnosti mogu svrstati u rang s najotrovnijim sintetičkim insekticidima. Kod sisavaca, veratrini se mogu apsorbirati kroz kožu ili sluznicu pa može doći do iritacije kože i sluznice, a također ima i snažan učinak kihanja pri udisanju. Trovanje pripravcima dobivenih iz sabadile koji se koriste kao insekticidi je vrlo rijetko zabilježeno (Dayan i sur., 2009). Kod štetnika ima kontaktno i želučano djelovanje na gusjenice sovica, savijača, cvrčke, tripse, skakavce, lisne uši i stjenice. Vrlo je toksičan za medonosne pčele. Brzo se razgrađuje kada je izložen zraku i sunčevoj svjetlosti i ima malu rezidualnu toksičnost. Pripravci na bazi navedenih alkaloida biljke sabadila u RH nemaju dozvolu za primjenu u 2020. godini (FIS, 2020), dok su u drugim zemljama širom svijeta u ograničenoj upotrebi.

Ryania

Ryania sadrži rianoid alkaloide koji se nalaze u drvenastim stabljikama južnoameričke grmolike biljne vrste *Ryania speciosa* Vahl. Najaktivniji spojevi prisutni u biljci su rijanodin i 9, 21- dehidrorijanoid koji čine 0,16 % do 0,2% drvenastog dijela biljke. Danas se koristi isključivo u organskoj proizvodnji i integriranim programima suzbijanja štetnika. Pripravci na bazi ryanie učinkovito se koriste u suzbijanju lisnih uši, kukuruznog moljca, tripsa i jabukina savijača. Najčešća komercijalna formulacija je insekticidni prah koji sadrži 50 % ryanije, no često se koriste i pripravci dobiveni ekstrakcijom alkaloida (Jeffries i sur., 1992; cit. Grdiša i Gršić, 2013). Iako je vrlo malo informacija o djelovanju ryanie na štetne kukce, neka istraživanja su pokazala kod kukaca znakove paralize nakon gutanja što dovodi do prestanka hranjenja te smrti. Ryania ima umjereno toksično djelovanje na sisavce gutanjem, a samo malo je toksična djelovanjem preko kože. U slučaju gutanja većih doza ryanie može doći do slabosti, dubokog i sporog disanja, povraćanja, drhtanja, ponekad praćenog grčenjem, kome i smrti (Dayan i sur., 2009). Smatra se da spoj rijanodin u čistom obliku može uzrokovati simptome trovanja slične onima kod sintetičkih organofosfatnih insekticida. Komercijalni pripravci na bazi ryanie imaju dulje rezidualno djelovanje od većine ostalih botaničkih insekticida (Grdiša i Gršić, 2013). U RH pripravci na bazi djelatne tvari rotenon nemaju dozvolu za primjenu u 2020. godini (FIS, 2020).

2.5. Naturaliti

Biološke insekticide, čije djelatne tvari nastaju fermentacijom bakterija, nazivamo derivatima mikroorganizama, odnosno naturalitima (Čačija i sur., 2018). Naturaliti su najnovija grupa insekticida koji su ekološki vrlo prihvatljivi. U prilog tome ide i činjenica da naturaliti u nekim zemljama imaju dozvolu za primjenu u ekološkoj proizvodnji, a poznato je da takva proizvodnja ima vrlo strogo definirana pravila primjene sredstava za zaštitu bilja. Naturaliti kao i druge skupine bioloških insekticida često se upotrebljavaju uz klasične

kemijske insekticide u zaštiti bilja kako bi se smanjila mogućnost od pojave rezistentnosti među štetnicima (Šubić, 2015). Od važnijih djelatnih tvari naturalita dozvoljenih u ekološkoj proizvodnji ubraja se spinosad, dok avermektini i milbemektini nisu dozvoljeni za korištenje u ekološkoj proizvodnji (Juran, 2019).

Spinosad

Jedni od najvažnijih naturalita koji se koriste u zaštiti su spinosini. Njihova djelatna tvar spinosad nastaje aerobnom fermentacijom aktinomicete *Saccharopolyspora spinosa* Mertz i Yao, 1990, bakterije koja je nađena u tlu na Karipskom otočju 1982. godine (Mertz i Yao, 1990; cit. Juran, 2019). Spinosad je biološki insekticid šireg spektra i brzog djelovanja, te djeluje želučano i kontaktno na kukce s usnim ustrojem za grizenje i žvakanje (Salgado i sur., 1998; cit. Glückselig i sur., 2018). Mehanizam djelovanja kod kukaca temelji se na aktivaciji živčanog sustava i gubitka mišićne kontrole što dovodi do tremora mišića, paralize te iscrpljivanja kukca do smrti unutar jednog do dva dana (Čačija i sur., 2018). Zbog načina djelovanja ne pokazuje unakrsnu rezistentnost s piretroidima, organofosfornim insekticidima i regulatorima rasta i razvoja kukaca (Roe i sur., 2010). Spinosad je slabo toksičan za sisavce, što pokazuje oralna LD_{50} koja iznosi 3738 do > 5000 mg/kg kod štakora. Također ne pokazuje kancerogeno ili neurotoksično djelovanje kod sisavaca ni pri najvećim testiranim dozama (Thompson i sur., 2000; Salgado i sur., 1998; cit. Glückselig i sur., 2018). Spinosad je relativno perzistentan u tlu što pokazuje njegovo zadržavanju u tlu i do nekoliko mjeseci nakon primjene, dok je na površini listova slabo perzistentan zbog brze razgradnje pod utjecajem sunčeve svjetlosti (vrijeme poluraspada na biljci iznosi od dva do 16 dana). Spinosad se na tržištu nalazi kao koncentrat za suspenziju (SC). Nakon primjene ne smije se odmah ulaziti na tretirano područje, te se ne smije tretirati za vrijeme cvatnje biljaka i leta pčela jer je otrovan za pčele (Juran, 2019). Kao djelatna tvar mnogih komercijalnih pripravaka diljem svijeta, dozvoljen je i u RH za primjenu na vinovoj lozi, jabuci, krumpiru, paprici, krastavcu, rajčici, gerberima, kupusnjačama, lukovičastom povrću i brojnim drugim kulturama gdje učinkovito suzbija štetnike iz redova Lepidoptera (kukuruzni moljac, kupusni moljac, jabučni savijač, kupusni bjelac), Diptera (muhe-lisni mineri, maslinina muha, mediteranska voćna muha), Isoptera, Hymenoptera, Thysanoptera i Coleoptera (krumpirova zlatica) (FIS, 2020). Također djeluje i na neke lisne minere dok djelovanje protiv grinja iskazuje prvenstveno u zaštićenim prostorima (Crouse i sur., 2001; cit. Glückselig i sur., 2018).

Abamektin

Abamektin je smjesa avermektina koja sadrži više od 80 % avermektina B1a i manje od 20 % avermektina B1b. Abamektin kao djelatna tvar produkt je bakterije *Streptomyces avermitilis* (ex Burg i sur., 1979) Kim i Goodfellow, 2002 te se ubraja u skupinu naturalita. Koristi se kao akaricid i insekticid na štetnicima koji grizu i sišu te djeluje na sve pokretne

stadije štetnika koji se aktivno hrane. Unošenjem abamektina štetnik prestaje s hranjenjem i ugiba nakon jednog do četiri dana. Iako se smatra vrlo otrovnim, većina komercijalnih proizvoda koji sadrže abamektin imaju nisku toksičnost za sisavce. Kod kukaca djeluje na živčani sustav ometajući neuronski i neuromišićni prijenos. Često takvo djelovanje uzrokuje simptome kao što su nekoordinacija, drhtanje i umor, a vrlo visoke doze mogu uzrokovati smrt zbog zatajenja dišnog sustava (Extoxnet, 1994). Abamektin se kroz biljku kreće translaminarno zbog čega ga biljka brzo upija. Ima kontaktno i želučano djelovanje na štetne kukce i grinje u voćarstvu (crvenog voćnog pauka, koprivine grinje i hrđaste grinje, lisne minere i tripse), vinogradarstvu (grinje te pepeljastog i žutog grozdovog moljca), a na ukrasnom bilju uspješno suzbija grinje, muhe lisnih minera i tripse (Agroklub, 2012). Abamektin se brzo razgrađuje u tlu i na površini tla zbog djelovanja sunčeve svjetlosti. Budući da je gotovo netopljiv u vodi, nepokretan je u tlu pa je mala vjerojatnost od ispiranja u podzemne vode (Extoxnet, 1994). Na tržištu u RH abamektin je dostupan u komercijalnom proizvodu Vertimec 018 EC koji je registriran za primjenu na različite štetnike u povrćarstvu (muhe lisni mineri, tripsi, vrste roda *Tetranychus*), voćarstvu (lisne buhe, grinje, moljci), vinogradarstvu (crveni voćni pauk, koprivina grinja, žuti lozin pauk, pepeljasti grožđani moljac i žuti grožđani moljac) i ukrasnom bilju za primjenu na grinjama i tripsima (FIS, 2020).

3. Materijali i metode

3.1. Insekticidi korišteni u pokusu

U pokusu je istraženo akutno i rezidualno djelovanje botaničkih insekticida i naturalita na komercijalno nabavljene zlatooke vrste *Chrysoperla carnea* te je učinkovitost tih insekticida uspoređena s djelovanjem kemijskog insekticida kao standarda. Pratilo se kontaktno djelovanje insekticida na zlatooku. Akutno djelovanje odnosi se na kratkotrajno, ali učinkovito djelovanje insekticida na način da izaziva tzv. „knock down“ učinak kod štetnika, najčešće unutar 24 sata od tretmana. Rezidualno djelovanje insekticida odnosi se na neki dulji period u kojem djelatna tvar zadržava svoju insekticidnu aktivnost (Mahr, 2011). Pokus je postavljen u laboratorijskim uvjetima.

Od botaničkih insekticida korišteni su pripravci s djelatnim tvarima azadiraktin i piretrin, od naturalita su korišteni spinosad i abamektin, a od kemijskih insekticida korišten je pripravak na bazi djelatne tvari cipermetrin (standard). Pripravci su korišteni u najvećim dopuštenim dozama prema preporukama proizvođača (FIS, 2020). Postavljena je i netretirana kontrola, odnosno varijanta koja je bila tretirana s običnom vodom. U tablici 3.1. prikazane su sve varijante postavljene u pokusu, kao i njihova doza. Također su opisane su i neke najvažnije karakteristike djelatnih tvari korištenih u istraživanju.

Tablica 3.1. Varijante u pokusu

Varijanta (pripravak)	Proizvođač	Djelatna tvar	Sadržaj djelatne tvari u pripravku (g/l)	Doza (l/ha)
NeemAzal®-T/S	Trifolio-M GmbH	azadiraktin	10,00	3,00
Asset Five	Copyr S.P.A.	piretrin	46,53	0,96
Laser	Dow AgroSciences Vertriebsgesellschaft m.b.H.	spinosad	240,00	0,05
Vertimec 018 EC	Syngenta Crop Protection AG	abamektin	18,00	0,075
Cythrin Max	Arysta Lifescience Benelux Sprl	cipermetrin	500,00	0,05
Kontrola	/	voda	/	/

NeemAzal®-T/S (Slika 3.1) je visokodjelotvorni, kontaktni i sistemični insekticid, čija je djelatna tvar azadiraktin dobivena iz biljke neem pa se ubraja u botaničke insekticide. Ovaj insekticid primjenjuje se kao koncentrat za emulziju (EC) protiv kukaca koji grizu i sišu na raznim poljoprivrednim kulturama. Aktivna tvar ovog insekticida djeluje kao regulator rasta te odbija i smanjuje ishranu kukca što naposlijetku dovodi do smrti štetnika (Pro-eco, 2020).

Asset Five je kontaktni botanički insekticid čija se djelatna tvar piretrin dobiva ekstrakcijom iz biljke dalmatinskog buhača. Djeluje na širok spektar štetnika te je primjenjiv na veliki broj poljoprivrednih kultura kao koncentrat za emulziju (EC). Djelovanje piretrina kod kukaca izaziva trenutnu paralizu koja spriječava obavljanje njihovih životnih funkcija kao što su kretanje, hranjenje te razvitak i reprodukcija (Agroklub, 2019).

Laser™ je insekticid iz grupe naturalita čija je djelatna tvar spinosad produkt fermentacije zemljišne bakterije *Saccharopolyspora spinosa*. To je kontaktni insekticid šireg spektra koji se koristi kao koncentrat za suspenziju (SC), a djeluje želučano na kukce s usnim ustrojem za grizenje i žvakanje. Kod štetnika mehanizam djelovanja temelji se na aktivaciji živčanog sustava, što dovodi do gubitka mišićne kontrole, odnosno do grčenja mišića, paralize i iscrpljivanja kukca do smrti (Glückselig i sur., 2018).

Vertimec 018 (Slika 3.2) je kontaktni insekticid i akaricid iz skupine naturalita, djelomičnog translaminarnog djelovanja s djelatnom tvari abamektin. Koristi se kao koncentrat za emulziju (EC). Abamektin je proizvod mikroorganizma *Streptomyces avermitilis* izoliranog iz tla koji ima kontaktno i želučano djelovanje na štetne kukce koji gizu i sišu. Mehanizam djelovanja odnosi se na prestanak hranjenja što dovodi do smrti kukca nakon dva do četiri dana (Sygenta, 2020).

Cythrin Max je insekticid iz skupine sintetskih piretroida koji se koristi za suzbijanje štetnika u većini poljoprivrednih kultura. Koristi se kao koncentrat za emulziju (EC) te je brze učinkovitosti, niske doze primjene i širokog spektra djelovanja. Djelatna tvar cipermetrin ima kontaktno i želučano djelovanje na kukce na način da ometa prijenos signala i onemogućuje normalno funkcioniranje živčanog sustava štetnika, što uzrokuje njihovo slabljenje i na posljetku ugibanje (Juran i sur., 2012).



Slika 3.1. Botanički insekticid – NeemAzal TS

Izvor: Kelemen (2020)



Slika 3.2. Naturalit – Vertimec 018 EC

Izvor: Kelemen (2020)

3.2. Test kukci korišteni u pokusu

U istraživanju korištene se zlatooke vrste *Chrysoperla carnea* koje su nabavljene od proizvođača Koppert Biological Systems (Nizozemska), putem tvrtke Colić-trade d.o.o. Pripravak se zove Chrysopa i sadrži ličinke navedene vrste, uglavnom drugog stadija, pomiješane s heljdinim ljuskicama kao supstratom. Može se nabaviti u obliku bočice od 500 ml koja sadrži 1000 ličinki, ili u većem pakiranju od šest litara koje sadrži 10000 ličinki (Koppert, 2020). U pokusu je korištena je bočica od 500 ml koja je sadržavala 1000 ličinki vrste *C. carnea*. Budući da pripravak nije korišten isti dan kada je nabavljen, uskladišten je do postavljanja pokusa 24 sata u hladnjaku na temperaturi od 9 °C, u polegnutom položaju (prema preporukama proizvođača).

3.3. Provedba pokusa

U istraživanju je postavljeno ukupno šest varijanti (tablica 3.1.), a svaka varijanta bila je postavljena u pet ponavljanja. Prije postavljanja pokusa izračunata je količina svakog pripravka koju je potrebno odmjeriti kako bi se pripremilo škropivo za svaku varijantu u količini od jedne litre vode. Za pripremu škropiva svake varijante bilo je potrebno pipetom odmjeriti količinu pripravka koja je izračunata te dodati u jednu litru vode i dobro promiješati. Uz insekticide je pripremljena i obična voda za tretiranje kontrolne varijante. Pripremljena škropiva upotrijebljena su za tretiranje petrijevih posuda. Ukupno je pripremljeno 150 petrijevih posuda (25 za svaku varijantu).

U pokusu, prvo su se označavale petrijeve posude rimskim i arapskim brojevima. Arapskim brojevima označavana je varijanta, a rimskim brojevima ponavljanja svake varijante. Nakon označavanja, petrijeve posude su tretirane zajedno s poklopcima s unaprijed pripremljenim insekticidima, a kontrolna varijanta tretirana je s običnom vodom (slika 3.3.). Za tretiranje su korištene ručne prskalice zapremnine 500 ml (slika 3.4.), pri čemu je za svaku varijantu upotrijebljena posebna prskalica da bi izbjegli zagađenje drugim insekticidima ili zagađenje vode kojom je tretirana kontrola. Na svaku petrijevu posudu (posudu i poklopac) nanesena je ukupna količina škropiva ili vode od 1 ml. Nakon tretiranja, petrijeve posude stavljene su na sušenje na zraku tijekom dva do tri sata.





Nakon sušenja petrijevih posuda, uz rub svake posude stavljena je dodatna hrana Entofood koja sadrži jaja brašnenog moljca (*Ephestia kuehniella*) i predstavlja izvor hrane ličinkama za vrijeme trajanja pokusa. Dodatna hrana Entofood (slika 3.5.) nabavljena je od tvrtke Koppert Biological Systems u pakiranju od 100 ml koje sadrži 10 g jaja brašnenog moljca pomiješana s 50 g jaja (cista) *Artemia* spp.



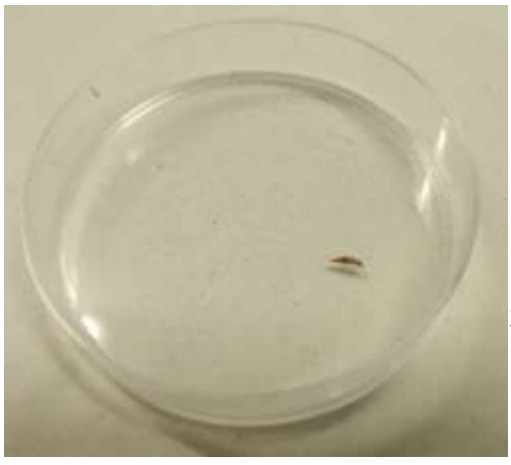
Slika 3.5. Dodatna hrana Entofood za ličinke zlatooke *Chrysoperla carnea*

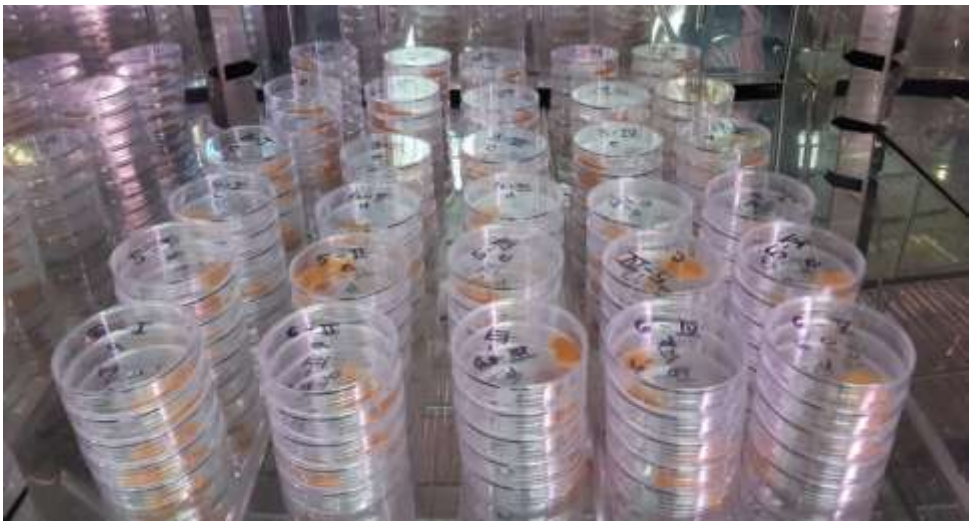
Izvor: Kelemen (2020)

Nakon dodavanja hrane, u tretirane petrijeve posude dodane su ličinke *C. carnea*. Za pokus su korištene komercijalno nabavljene ličinke zlatooke 2. stadija (biološki pripravak Chrysopa, proizvođača Koppert Biological Systems). Ličinke su se odvajale od supstrata pomoću kista (slika 3.6.) i postavljale svaka zasebno u petrijevu posudu da bi se izbjegao kanibalizam između jedinki (slika 3.7.). U pokusu je postavljeno ukupno 150 ličinki *C. carnea* (25 jedinki po ponavljanju).

Nakon postavljanja ličinki u petrijeve posude, sve varijante stavljene su u klima komoru za uzgoj (Kambič d.o.o., Slovenija) (slika 3.8.) na uvjete temperature od 25 ± 3 °C, relativne vlage zraka od 75 ± 3 % i fotoperioda od 14 h: 10 h (dan: noć). Postavljene tretirane petrijeve posude s ličinkama *C. carnea* držane su u klima komori tijekom cijelog istraživanja.







Slika 3.8. Tretirane petrijeve zdjelice s ličinkama zlatooke postavljene u klima komori za uzgoj kukaca

Izvor: Kelemen (2020)

3.4. Očitavanje rezultata

Očitavanje pokusa obavljeno je svakih 24 sata tijekom sedam dana. U prvom očitavanju 24 sata nakon tretiranja zabilježeno je akutno djelovanje insekticida na ličinke *C. carnea*, dok se u ostalim očitavanjima bilježilo rezidualno djelovanje. Prilikom svakog očitavanja zabilježen je mortalitet ličinki, odnosno ličinke su bilježene kao žive ili mrtve. Ličinke koje su se normalno kretale po petrijevoj posudi zabilježene su kao žive, sve koje su bile uginule, ili su pokazivale znakove grčenja i trzanja nogu te se nisu normalno kretale, zabilježene su kao mrtve ličinke.

3.5. Statistička analiza podataka

Temeljem broja mrtvih i živih jedinki, za svaku varijantu i svako ponavljanje izračunata je učinkovitost po formuli Schneider-Orelli (1947):

$$\% \text{ učinkovitosti} = \frac{-}{-} \times 100$$

Mortalitet kontrole izračunavao se kao omjer zbroja ukupno utvrđenih mrtvih jedinki u svim ponavljanjima na kontrolnoj varijanti i ukupnog broja jedinki postavljenih u svih pet ponavljanja.

Podatci o učinkovitosti različitih insekticida na zlatooku obrađeni su analizom varijance (ANOVA) uz pomoć statističkog programa ARM 9® (GDM Solutions, 2020). Podatci o srednjim vrijednostima rangirani su uz primjenu Tukey-eva testa kako bi se utvrdile razlike u učinkovitosti između varijanti.

Na temelju rezultata učinkovitosti, insekticidi su s obzirom na opasnost za prirodne neprijatelje svrstani u jedan od četiri razreda koja predlaže International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) (Hassan, 1992). Kategorizacija opasnosti prikazana je u tablici 3.2.

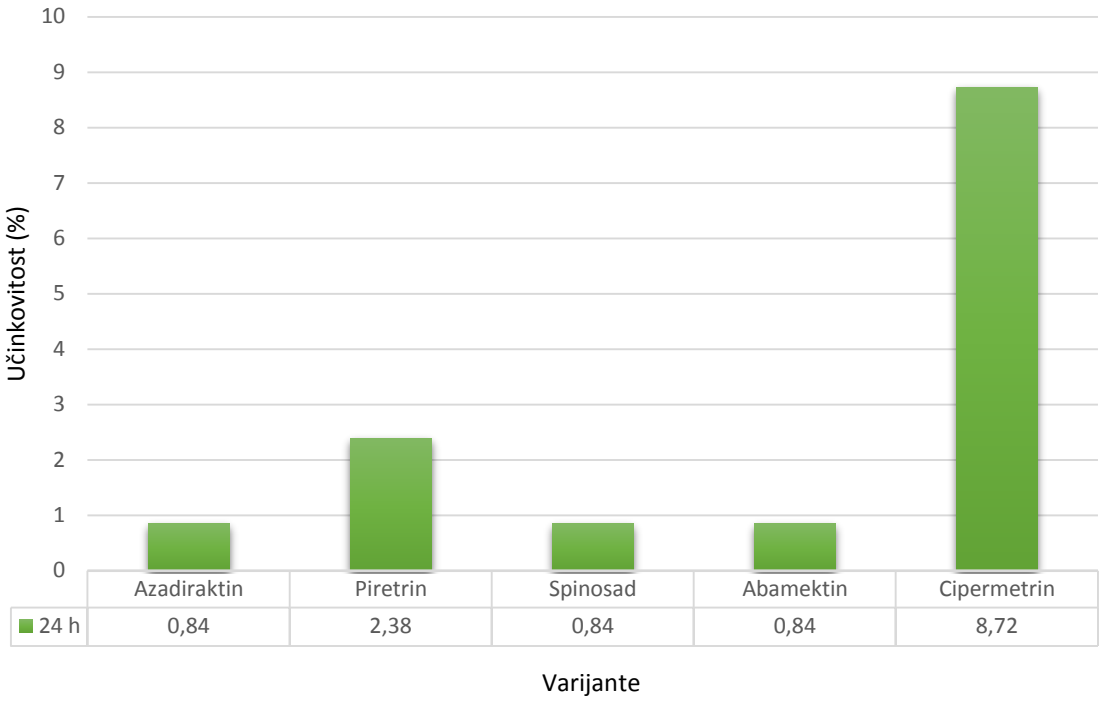
Tablica 3.2. IOBC kategorizacija opasnosti sredstava za zaštitu bilja za prirodne neprijatelje ispitivana u laboratorijskim pokusima

Razred	Skupina sredstava za zaštitu bilja	Mortalitet (%)
1	**Bezopasan**	<30
2	**Malo opasan**	30 – 79
3	**Srednje opasan**	80 – 99
4	**Opasan**	>99

Izvor: Hassan (1992)

4. Rezultati

Rezultati učinkovitosti insekticida na ličinke zlatooke *Chrysoperla carnea* 24 sata nakon tretiranja prikazani su slikom 4.1.

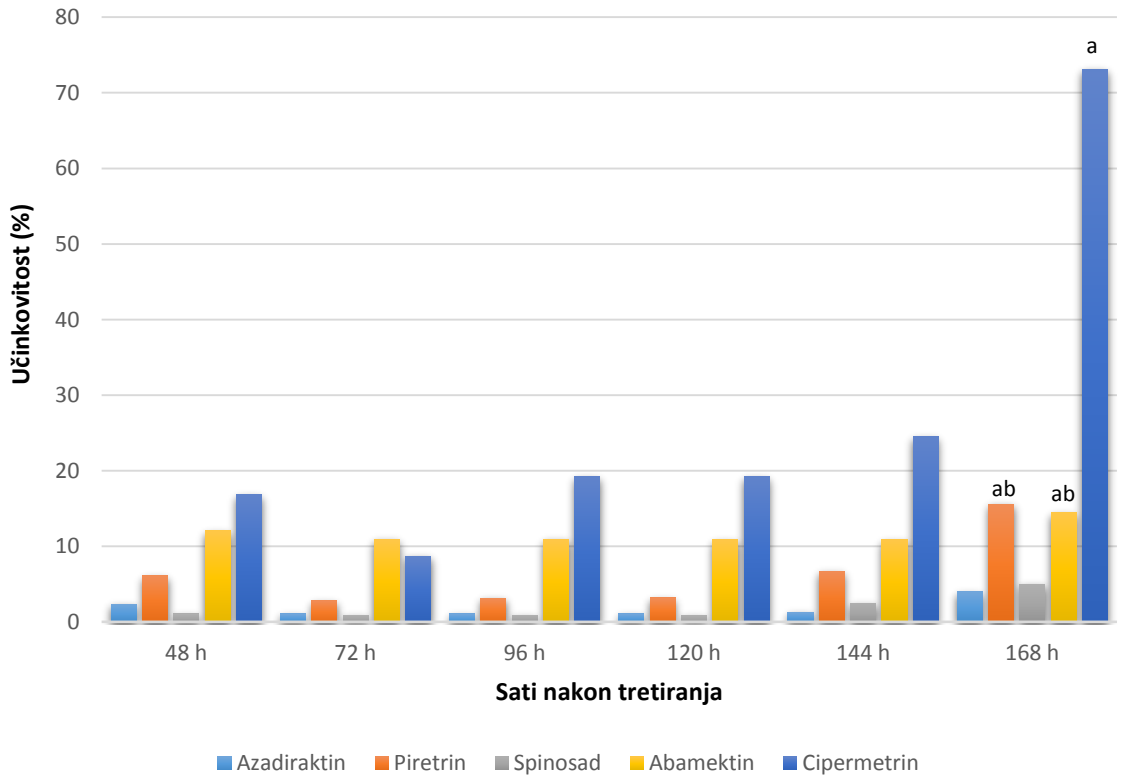


Slika 4.1. Akutno djelovanje varijanti na ličinke zlatooke *Chrysoperla carnea* u laboratorijskim uvjetima (Zagreb, 2020.)

Rezultati istraživanja akutnog djelovanja insekticida pokazali su da sve djelatne tvari imaju vrlo nisku učinkovitost (nižu od 9 %), odnosno vrlo slabo akutno djelovanje na ličinke *C. carnea* 24 sata nakon tretiranja. Najvišu inicijalnu učinkovitost (8,72 %) pokazao je insekticid s djelatnom tvari cipermetrin, dok je kod ostalih insekticida učinkovitost gotovo zanemariva (oko 3 % i niža). Statistička analiza rezultata akutnog djelovanja pokazala je da ne postoje značajne razlike između varijanti u pokusu.

Prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992), sve djelatne tvari kategorizirane su kao bezopasne za zlatooku *C. carnea* budući da nisu uzrokovale mortalitet ličinki viši od 30 %.

Rezultati učinkovitosti insekticida na ličinke zlatooke *C. carnea* 48 do 168 sati nakon tretiranja prikazani su slikom 4.2.



Slika 4.2. Rezidualno djelovanje varijanti na ličinke zlatooke *Chrysoperla carnea* u laboratorijskim uvjetima (Zagreb, 2020). Vrijednosti označene istim malim slovom međusobno se statistički ne razlikuju (Tukey, P=0,05).

Tijekom drugog do šestog dana od postavljanja pokusa, niti jedan insekticid nije pokazao učinkovitost višu od 25 % te među varijantama nisu utvrđene statistički značajne razlike. Tijekom tog perioda, najslabije rezultate postigli su azadiraktin, piretrin i spinosad, čije su učinkovitosti bile niže od 7 %. Učinkovitost abamektina bila je gotovo konstantna (11 % do 12 %), dok je učinkovitost cipermetrina varirala između 8,72 % i 24,5 %. Sedmi dan od tretiranja, najviše rezidualno djelovanje pokazao je klasični kemijski insekticid cipermetrin, čija se učinkovitost povećala na 73,1 %. Njegov učinak značajno se razlikovao od djelovanja azadiraktina i spinosada (4 % do 5 %). Piretrin je sedmi dan od tretiranja pokazao učinkovitost od 15,6 %, a slijedi ga abamektin s učinkovitosti od 14,5 %. Statistički gledano te vrijednosti se ne razlikuju od rezultata koje je postigao cipermetrin, no radi se o vrlo niskim učinkovitostima koje nisu prelazile 16 %. Iz rezultata je vidljivo da standardna kemijska djelatna tvar cipermetrin ima visoko rezidualno djelovanje sedmi dan nakon tretiranja, dok ostale djelatne tvari ne pokazuju značajan rezidualni učinak na ličinke zlatooke.

S obzirom na rezultate istraživanja rezidualnog djelovanja, prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) sve djelatne tvari (osim cipermetrina) bezopasne za zlatooku *C. carnea*, dok je cipermetrin malo opasan, uzrokujući mortalitet od oko 73 %.

5. Rasprava

Vrsta *Chrysoperla carnea* grabežljiva je zlatooka mnogih kukaca koji su štetni na poljoprivrednim kulturama. Ličinke ove zlatooke hrane su većinom kukcima iz podreda Homoptera i to najviše lisnim ušima. Osim njih, napadaju i grinje, tripse, jaja cvrčka i moljaca, gusjenice leptira te ličinke štitastih uši i kornjaša (Rojht i sur., 2009). Danas se *C. carnea* smatra jednim od važnijih komercijalno dostupnih prirodnih neprijatelja u programima biološke zaštite, koji se često unosi u domaće vrtove, voćnjake i staklenike radi biološkog suzbijanja (Corrales i Campos, 2004). Također se koristi i u kombinaciji s drugim mjerama ili metodama zaštite jer sam prirodni neprijatelj nije uvijek dovoljno učinkovit u suzbijanju štetnika (Chakraborty, 2010). U takvim slučajevima u integriranoj proizvodnji prednost se daje svim nekemijskim mjerama i metodama zaštite, a ako se kombiniraju s insekticidima, prednost se daje insekticidima s povoljnijim ekotoksikološkim karakteristikama. Insekticidi prirodnog porijekla (botanički insekticidi) i derivati nekih organizama (naturaliti) imaju takva svojstva, a mogu polučiti jednako dobre rezultate kao neki kemijski insekticidi (Bažok i sur., 2014). No, prije nego se mogu koristiti u biološkoj zaštiti u kojoj se također koristi i prirodni neprijatelj, važno je istraživanjem potvrditi da neka djelatna tvar nema neciljani učinak na prirodnog neprijatelja. Ukoliko se utvrdi da djelatna tvar negativno djeluje na prirodnog neprijatelja, uzrokujući smrtnost ili neke druge neželjene učinke, primjenu takve djelatne tvari trebalo bi izbjegavati i ne koristiti u vrijeme kada se primjenjuje i prirodni neprijatelj. Iako su provedena brojna istraživanja neciljanih učinaka kemijskih i prirodnih insekticida na korisnu vrstu *C. carnea*, većina njih obuhvaća istraživanje samo na odraslim jedinkama ili na odraslima i kukuljicama, a vrlo malo njih provedeno je na ličinkama ove vrste (Medina i sur., 2002). Stoga je ovo istraživanje provedeno upravo s ciljem utvrđivanja kontaktnog učinka različitih botaničkih insekticida i naturalita, kako bi se utvrdilo imaju li ovi insekticidi prirodnog porijekla negativan utjecaj na ličinke zlatooke *C. carnea*. Radi usporedbe rezultata, u istraživanju je korišten i klasičan insekticid s djelatnom tvari cipermetrin, koji se koristi u suzbijanju štetnika s kojima se zlatooka inače hrani.

U ovom istraživanju kao kemijski insekticid (standard) upotrijebljen je **cipermetrin** (pripravak Cythrin Max) iz skupine sintetskih piretroida. Koristi se za suzbijanje štetnika u većini poljoprivrednih kultura, a ima djelovanje. Također postiže dobro akutno i rezidualno djelovanje. U kukcu djeluje na natrijeve kanale što izaziva brzi „knockdown" učinak (Juran i sur., 2012). U našem istraživanju cipermetrin je imao slabo akutno djelovanje na ličinke *C. carnea* te je prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) kategoriziran kao bezopasan. Sedmi dan nakon tretiranja pokazao je jače rezidualno djelovanje. Učinkovitost cipermetrina sedmi dan iznosila je 73,1 % (slika 4.2.) te je kategoriziran kao malo opasna djelatna tvar za ličinke *C. carnea*. Ovi rezultati slažu se sa rezultatima Sabry i El-Sayed (2011) u čijem je istraživanju učinkovitost cipermetrina na ličinke *C. carnea* iznosila 80,7 %, što je približno jednako rezultatima u našem istraživanju te je cipermetrin prema preporuci IOBC klasificiran kao malo opasan insekticid za ličinke zlatooke.

Slične rezultate dobili su Huerta-de la Pena i sur. (2012) koji su provodili istraživanje učinkovitosti cipermetrina na jajima i ličinkama ove vrste. U pokusu s jajima zlatooke dokazana je visoka učinkovitost cipermetrina budući da nije došlo o pojave ličinki prvog stadija iz tretiranih jaja. U pokusu s ličinkama drugog stadija rezidualno djelovanje cipermetrina pokazalo se visokim, uzrokujući 90 % mortaliteta na ličinkama te se cipermetrin u tom slučaju može kategorizirati kao srednje opasan insekticid za ličinke *C. carnea* (Huerta-de la Pena i sur., 2012).

U našem istraživanju korištena su dva botanička insekticida. **Azadiraktin** (pripravak NeemAzal®-T/S) je kontaktni i sistemični insekticid koji se dobiva iz biljke neem. Koristi se protiv kukaca koji grizu i sišu na raznim poljoprivrednim kulturama. Djeluje kao regulator rasta i razvoja, utječe na reprodukciju te odbija i smanjuje ishranu kukca što naposlijetku dovodi do smrti štetnika (Pro-eco, 2020). U našem istraživanju azadiraktin je imao vrlo slabo akutno djelovanje na ličinke *C. carnea*, jer je učinkovitost bila niža od 1 % (slika 4.1.). Niti sedam dana od tretiranja ovaj insekticid nije pokazao znatno rezidualno djelovanje (učinkovitost je bila do 7 %) te je prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) klasificiran kao bezopasan. Medina i sur. (2002) proveli su istraživanje u kojem su pratili mortalitet ličinki zlatooke nakon što su one hranjene jajima vrste *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) i lisnim ušima tretiranim azadiraktinom te je praćen razvoj odraslih iz takvih ličinki. U oba slučaja nije zabilježen negativan učinak azadiraktina na ličinke, no zabilježen je mortalitet od 41,4 % kod odraslih čije su ličinke bile hranjene tretiranim jajima. Vinuela i sur. (2000) u istraživanju učinkovitosti azadiraktina na ličinke zlatooke također navode kako je azadiraktin bio bezopasan za ličinke kada su bile hranjene tretiranim jajima vrste *S. cerealella*. Međutim, u istraživanju koje su proveli Medina i sur. (2003) azadiraktin je uzrokovao visoki mortalitet ličinki tretiranih topikalno insekticidom, što je rezultiralo smanjenjem pojave odraslih jedinki za 77,9 %.

Piretrin je drugi botanički insekticid korišten u istraživanju. Radi se o djelatnoj tvari koja se dobiva ekstrakcijom iz biljke dalmatinskog buhača. Djeluje na širok spektar štetnika. Kod kukaca izaziva trenutnu paralizu koja spriječava obavljanje njihovih životnih funkcija kao što su kretanje, hranjenje te razvitak i reprodukcija (Agroklub, 2019). U našem istraživanju piretrin je pokazao slabo akutno i rezidualno djelovanje (3 % do 15 %) na ličinke *C. carnea* te je prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) svrstan u grupu bezopasnih insekticida. U literaturi nema puno podataka o djelovanju piretrina na ličinke *C. carnea*, no objavljeno je nekoliko istraživanja provedenih na odraslim zlatookama. Huerta i sur. (2003) istražili su rezidualno kontaktno djelovanje piretrina na odrasle jedinke *C. carnea*. Nakon 24 sata, piretrin je pokazao jako akutno djelovanje, uzrokujući 91,6 % mortaliteta odraslih zlatooki. Medina i sur. (2005) u radu navode učinkovitost piretrina na odrasle jedinke koje su bile hranjene umjetnom hranom tretiranom piretrinom te se ispitivao utjecaj insekticida na plodnost odraslih ženki. Kao rezultat istraživanja nakon sedam dana dobivena je učinkovitost navedenog insekticida od 64 % stoga se reproduktivnost kod ženki nije mogla ispitati zbog visoke smrtnosti odraslih jedinki.

Od naturalita, u našem istraživanju koristili smo spinosad i abamektin. Djelatna tvar spinosad (pripravak Laser) produkt je fermentacije zemljišne bakterije *Saccharopolyspora spinosa*. To je kontaktni insekticid šireg spektra koji djeluje želučano na kukce s usnim ustrojem za grizenje i žvakanje. Prema mehanizmu djelovanja, spinosad aktivira živčani sustav i uzrokuje gubitak kontrole u mišićima, što pak uzrokuje grčenje mišića, paralizu te iscrpljivanje kukca do smrti (Glückselig i sur., 2018). Slično botaničkim insekticidima, i **spinosad** je u našem istraživanju pokazao vrlo slabo akutno i rezidualno djelovanje (1 % do 5 %) na ličinke *C. carnea*. Prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) bezopasan je za ovog korisnog kukca. Huerta-de la Pena i sur. (2012) proveli su istraživanje učinkovitosti spinosada na različitim razvojnim stadijima, jajima i ličinkama zlatooke. U pokusu s jajima zlatooke pokazana je visoka učinkovitost spinosada budući da nije došlo do pojave ličinki prvog stadija iz tretiranih jaja, dok je u pokusu s ličinkama drugog stadija učinkovitost rezidualnog djelovanja iznosila 16,7 % 72 sata nakon tretiranja. Ovaj podatak sličan je našem rezultatu, jer je spinosad također imao vrlo nisku učinkovitost u trećem danu očitavanja. Istraživanje Huerta-de la Pena i sur. (2012) nastavljeno je na ličinkama trećeg stadija kako bi se uvidjelo da li postoje problemi u razvoju kukca u daljnje razvojne stadije izazvani ovim insekticidom. Kao rezultat istraživanja, nisu uočene nikakve deformacije ili problemi koji bi spriječili prelazak u sljedeću razvojnu fazu te su se kukuljice normalno razvijale, a i iz njih i odrasle jedinke. Za razliku od toga, Shrestha i sur. (2020) navode da je spinosad učinkovito djelovao i uzrokovao mortalitet ličinki zlatooke u usporedbi s njihovim kontrolnim tretmanima. Također, u istraživanju učinkovitosti spinosada na ličinke zlatooke, Medina i sur. (2002) navode kako nije došlo do razvojne faze odraslih jedinki zbog smrtnosti ličinki koje su bile hranjene tretiranim jajima vrste *S. cerealella*. Zbog najveće dozvoljene koncentracije kojom su jaja za prehranu ličinki bila tretirana, ličinke nisu mogle zapredati kokon tj. nisu se mogle zakukuljiti, a bez kukuljice ličinka ne prolazi razvojnu fazu stoga umire. Slično njihovim istraživanjima, Sabry i El-Sayed (2011) u svom radu navode učinkovitost djelatne stvari spinosad na ličinke zlatooke od 63,3 %, dok je u našem istraživanju spinosad pokazao zanemarivu učinkovitost od samo 5 % sedmi dan od tretiranja.

Drugi naturalit koji je korišten o ovom istraživanju je **abamektin**. Radi se o insekticidu i akaricidu, djelomičnog translaminarnog djelovanja. Derivat je bakterije *Streptomyces avermitilis* izolirane iz tla. Ima kontaktno i želučano djelovanje na štetne kukce koji gizu i sišu. Mehanizam djelovanja odnosi se na prestanak hranjenja što dovodi do smrti kukca nakon dva do četiri dana (Sygenta, 2020). U našem istraživanju abamektin je imao vrlo slabo akutno djelovanje na ličinke *C. carnea*, jer je učinkovitost bila niža od 1 %. Niti sedam dana od tretiranja ovaj insekticid nije pokazao znatno rezidualno djelovanje te je postigao učinkovitost od 14,5 % (slika 4.2.). S obzirom na rezultate, abamektin je prema IOBC kategorizaciji (Hassan, 1992) bezopasan za ličinke *C. carnea*. Slične rezultate istraživanja dobili su Nasreen i sur. (2003), gdje nakon 6 i 24 sata nije zabilježena nikakva kontaktna učinkovitost (0 %) abamektina na ličinke zlatooke, a nakon 24 sata iznosila je svega 5 %. Morsay (2017) u radu također navode slične rezultate u kojima je učinkovitost abamektina

nakon dva dana od tretiranja iznosila 26,66 %, a učinkovitost nakon sedam dana od tretiranja povećala se na 52,23 %.

Rezultati ovog i mnogih drugih ovdje navedenih istraživanja ukazuju da kombiniranje insekticida s prirodnim neprijateljima nije „jednostavno“ i da kompatibilnost prirodnih neprijatelja s insekticidima ovisi o nizu čimbenika, uključujući kemijsku grupu primijenjenih insekticida, formulaciju insekticida, koncentraciju kojoj su prirodni neprijatelji izloženi, vrijeme izlaganja i razvojni stadij (rani ili kasniji) koji je izložen insekticidima. pored navedenog, ovisi i o tipu prirodnog neprijatelja (parazitoid ili grabežljivac), vrsti prirodnog neprijatelja te vremenu i mjestu primjene insekticida. Uz to, insekticidi mogu neizravno utjecati na više fizioloških parametara ili ponašanja (dugovječnost, reprodukcija, plodnost i/ili učinkovitost nalaženja plijena) određenog prirodnog neprijatelja. Iz navedenih razloga, postoje tri primarna načina pomoću kojih se prirodni neprijatelji mogu integrirati s insekticidima. Oni uključuju selekciju pesticida (upotreba selektivnih insekticida ili onih koji ne djeluju na živčani sustav), prostorno razdvajanje (primjena insekticida na lokalizirana područja zaraze) prirodnih neprijatelja i insekticida, i privremeni diskontinuitet (primjena insekticida kada su prirodni neprijatelji odsutni ili kada su prisutni tolerantniji stadiji) između prirodnih neprijatelja i insekticida (Cloyd, 2012).

Svi neizravni učinci moraju se procijeniti da bi se utvrdilo jesu li insekticidi kompatibilni s prirodnim neprijateljima, kako ne bi ugrozili dugoročni uspjeh programa biološke zaštite. Međutim, mnogi proizvođači i dobavljači insekticida iznose neutemeljene tvrdnje da su oni sigurni za prirodne neprijatelje bez ikakvih referenci na metodologiju ispitivanja, koja ne uzima u obzir da se dobiveni rezultati, povezani s bilo kojim neizravnim učincima, mogu razlikovati ovisno o koncentraciji, vrsti prirodnog neprijatelja, vremenu izloženosti, životnom stadiju i utjecaju ostataka i repelentnosti (Bernard i sur., 2004). Stoga je kompatibilnost prirodnih neprijatelja s insekticidima važna ako se obje ove strategije upravljanja trebaju integrirati u programe osmišljene za regulaciju populacija štetnih organizama i minimiziranje štete na biljkama.

6. Zaključci

Na temelju rezultata istraživanja akutnog i rezidualnog djelovanja botaničkih insekticida i naturalita na ličinke zlatooke *C. carnea* u laboratorijskim uvjetima, može se zaključiti sljedeće:

- Botanički insekticidi i naturaliti pokazali su vrlo nisko akutno i rezidualno djelovanje te su djelatne tvari iz ovih skupina insekticida kategorizirane kao bezopasne za ličinke *C. carnea*. S obzirom na rezultate, moglo bi se preporučiti korištenje ovih insekticida zajedno s prirodnim neprijateljem *C. carnea*. u programima biološke zaštite od štetnika.
- Kemijski insekticid cipermetrin nije imao jako akutno djelovanje, no sedmi dan od tretiranja pokazao je jači rezidualni učinak te je kategoriziran kao malo opasan za ličinke *C. carnea*. Zbog toga se preporuča izbjegavati tretiranje ovim insekticidom ukoliko se istovremeno primjenjuje biološka zaštita i koristi zlatooka kao prirodni neprijatelj.
- Rezultati ukazuju na važnost istraživanja učinka insekticida na prirodne neprijatelje, jer se na taj način može utvrditi rizik integriranja bioloških i kemijskih mjera. Također, radi boljih zaključaka, istraživanja bi trebalo provesti i u poljskim uvjetima te na različitim stadijima kukca, budući da osjetljivost na insekticide može biti različita u različitim životnim fazama prirodnog neprijatelja.

7. Literatura

1. Agroklub (2012). Primjena avermektina u uspješnom suzbijanju štetnika. https://www.agroklub.com/vinogradarstvo/primjena-avermektina-u-uspjesnom-suzbijanju-stetnika/6479/ - Pristup: 15. rujna 2020.
2. Agroklub (2019). Asset Five. https://www.agroklub.com/eko-proizvodnja/asset-five-najucinkovitiji-insekticid-za-ekolosku-proizvodnju/52881/ - Pristup: 11. rujna 2020.
3. Amarasekare, K.G., Shearer, P.W. (2013). Life History Comparison of Two Green Lacewing Species *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Physiological Ecology. Environmental Entomology. 42(5): 1079-1084.
4. Alghamdi, A. (2013). Genetic Diversity of *Chrysoperla* sp. at East of Red Sea Using Cytochrome Oxidase Subunit I (COI). International Journal of Science and Research. 4(3): 1639-1642.
5. Bažok, R., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D. (2014). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite. 14(5): 357-390.
6. Bažok, R., Lemić, D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. Glasilo biljne zaštite. 17(5): 429-438.
7. Bernard, M.B., Horne, P.A., Hoffmann, A.A. (2004). Developing an Ecotoxicological Testing Standard for Predatory Mites in Australia: Acute and Sublethal Effects of Fungicides on *Euseius victoriensis* and *Galendromus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). Journal of Economic Entomology. 97(3): 891-899.
8. Brooks, S.J., Barnard, P.C. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology. 59(2): 117-286. https://www.biodiversitylibrary.org/page/41067763#page/3/mode/1up - Pristup: 29. kolovoza 2020.
9. Catalogue of Life, (2020). Species Details: *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836). http://www.catalogueoflife.org/col/details/species/id/1030ab050e47d1503499d886a3fd458b/synonym/a8388344ee189f8efeb9ddf394325320 - Pristup: 12, rujna 2020.
10. Cavoski, I., Caboni, P., Miano, T. (2011). Natural Pesticides and Future Perspectives. U: Pesticides in the Modern World, Pesticides Use and Management (ur. Stoytcheva, M.), InTech. str. 170-190. https://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-pesticides-use-and-management/natural-pesticides-and-future-perspectives - Pristup: 14. rujna 2020.
11. Chakraborty, D. (2010). Biology of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) on factitious host *Corcyra cephalonica* Staition. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 23(3): 500-502.
12. Cloyd, R.A. (2012). Indirect Effects of Pesticides on Natural Enemies. U: Advances in Chemical and Botanical Pesticides (ur. Soundararajan, R.P.), InTech. str. 127-150. https://www.intechopen.com/books/pesticides-advances-in-chemical-and-botanical-pesticides/indirect-effects-of-pesticides-on-natural-enemies - Pristup: 14. rujna 2020.

13. Corrales, N., Campos, M. (2004). Populations, longevity, mortality and fecundity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera, Chrysopidae) from olive-orchards with different agricultural management system. Chemosphere. 57(11): 1613-1619.
14. Čačija, M., Bažok, R., Lemić, D., Mrganić, M., Virić Gašparić, H. (2018). Spinosini – insekticidi biološkog podrijetla. Fragmenta Phytomedica. 32(2): 1-20.
15. Dayan, F. E., Cantrell, C. L., Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. Bioorganic & Medicinal Chemistry. 17: 4022–4034.
16. Dhandapani, N., Sarkar, P., Mishra, G. (2016). Chrysopids. U: Ecofriendly Pest Management for Food Security (ur. Omkar), Elsevier Inc, San Diego, USA. str. 311-327.
17. EPPO (2020). Safe use of biological control. List of biological control agents widely use in the EPPO region. PM 6/3 - Version 2020. str. 20. https://www.eppo.int/media/uploaded_images/RESOURCES/eppo_standards/pm6/pm6-03-2020-en.pdf - Pristup: 25. rujna 2020.
18. Extoxnet (1994). Abamectin. http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/abamectin-ext.html - Pristup: 15. rujna 2020.
19. FAO (2016). Azadirachtin. FAO specification and evaluations for Agricultural pesticides. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/azadirachtin2006.pdf - Pristup: 14. rujna 2020.
20. Fauna Europaea (2020). *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836). https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/ec5317aa-2cb5-4ee3-b6b8-405abdec0e7f#experts - Pristup: 12. rujna 2020.
21. FIS (2020). Ministarstvo poljoprivrede, FIS baza podataka. https://fis.mps.hr/TrazilicaSZB/Default.aspx?lan=hr-Hr - Pristup: 14. rujna 2020.
22. Garzón-Orduna, I. J., Winterton, S. L., Jiang, Y., Breitkreuz, L. C. V., Duelli, P., Engel, M. S., Penny, N. D, Tauber, C. A., Mochizuki, A., Liu, X. (2019). Evolution of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): a molecural supermatrix approach. Systematic Entomology. 44: 499-513.
23. GDM Solutions (2020). ARM 9® GDM software, Revision 2020.2. Gylling Data Management, Inc., Brookings, South Dakota, USA.
24. Glückselig, B., Mandić, J., Stipić, M. (2018). Učinkovitost ekološki prihvatljivih insekticida i metoda u suzbijanju krumpirove zlatice. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. str. 1-29.
25. 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.
26. Grdiša, M., Gršić, K. (2013). Botanical Insecticides in Plant Protection. Agriculturae Conspectus Scientificus. 78(2): 85-93.
27. Grdiša, M. (2020). Repelentno i insekticidno bilje. Interna skripta. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

28. Griffiths, G. J. K., Holland, J. M., Bailey, A., Thomas, M. B., (2008). Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. Biological Control. 45: 200-209.
29. Hassan, S. (1992). Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods. IOLB-WPRS Bulletin. 15: 186. str.
30. Helyer , N., Cattlin, N. D., Brown, K. C. (2014). Biological Control in Plant Protection. A Color Handbook. Second Edition. CRC Press. str. 262.
31. Henry, C. S., Brooks, S. J., Duelli, P., Johnson, J. B. (2002). Discovering the True *Chrysoperla carnea* (Insecta: Neuroptera: Chrysopidae) Using Song Analysis, Morphology, and Ecology. Annals of the Entomological Society of America. 95(2): 172-191.
32. Huerta, A., Medina, P., Castanera, P., Vinula, E. (2003). Residual effects of some modern pesticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens) adults under laboratory condition. IOBC/WPRS Bulletin. 26(10): 165-170.
33. Huerta-de la Peña, A., Martínez-Méndez, E. M., Ramírez-Carrasco, P., Chacón-Aguayo, A. L., Chávez-Pérez, L. F., Llamas-Peña, M. M. (2012). Toxicidad de los insecticidas: Spinosad, Malation, Dicofol y Cipermetrina, sobre huevos y larvas (L2) de *Chrysoperla carnea* (Stephens) en condiciones de laboratorio. Colegio de Postgraduados Campus Puebla, C.P. 72760. 2 Universidad Politécnica de Puebla. Juan C. Bonilla, Puebla. C.P. 72640. 1-5.
34. Igrc Barčić, J., Maceljski, M. (2001.). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski d.d., Čakovec.
35. Isman, M.B. (2006). Botanical Insecticides, Deterrents, And Repellents In Modern Agriculture And An Increasingly Regulated World. Annual Review of Entomology. 51(1): 45-66.
36. ITIS (2020). *Chrysopini* Schneider, 1851. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=666135#null - Pristup: 12. rujna 2020.
37. Juran, I. (2019). Derivati nekih organizama – naturaliti. U: Urbano vrtlarstvo (ur. Gotlin Čuljak, T.), Radin print d.o.o., Sveta Nedjelja, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. str. 161.
38. e. 12(3): 196-210.
39. Juran, I., Ševar, M. (2019). Botanički pripravci. U: Urbano vrtlarstvo (ur. Gotlin Čuljak, T.), Radin print d.o.o., Sveta Nedjelja, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet. str. 162-164.
40. Jiang, Y., Garzón-Orduña, I. J., Winterton, S. L., Yang, F., Liu, X. (2017). Phylogenetic relationships among tribes of the green lacewing subfamily Chrysopinae recovered based on mitochondrial phylogenomics. Scientific Reports. 7(1): 1-10.
41. Khan, J., Ul-Haq, E., Akhtar, N., Gillani, W .A., Assad, N., Masood, M. A., Raza, I. (2012). Effect of temperature on biological parameters of immature stages of *Chrysoperla*

carnea (Neuroptera: Chrysopidae) feeding on Rice Meal moth, *Corcyra Cephalonica* eggs. Pakistan Journal of Agricultural Research. 25(3): 1-4.
42. Koppert Biological Systems (2020). Chrysopa. https://www.koppert.com/chrysopa/ - Pristup: 11. rujna 2020.
43. Korunić, Z., Rozman, V. (2012). Biljni insekticidi. Diatom Research and Consulting Inc. https://pdfslide.net/documents/575199biljniinsekticididoc.html - Pristup: 26. rujna 2020.
44. Kuštera, G. (2018). Utjecaj benefitnih kukaca na prinos usjeva u ekološkoj poljoprivredi. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Poljoprivredni fakultet. Diplomski rad. str. 1-53.
45. Lazić, I. (2020). Razred Insecta, Kukci. Rod Neuroptera, mrežokrilci. Svartberg. https://svartberg.org/zivine/neur/ - Pristup: 27. kolovoza 2020.
46. Maceljski, M. (1999). Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec. 1-460.
47. Mahr, D. (2011). How long do insecticide residues persist? Extension Entomologist. https://fruit.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/36/2011/05/How-long-to-insecticide-residues-persist.pdf - Pristup: 23. rujna 2020.
48. Mandese, Z. (2018). Confirming World-wide Distribution of an Agriculturally Important Lacewing, *Chrysoperla zastrowi* sillemi, using Songs, Morphology, Mitochondrial Gene Sequencing, and Phylogenetic Reconstruction. Honors Scholar Theses. str. 3-24.
49. Manjunatha, K., Kumari, R., Singh, N. N. (2016). Development of Different Larval Instars of Green Lacewings, *Chrysoperla carnea* (Stephens) on Different Hosts. Advances in Life Sciences. 5(5): 1-5.
50. Medina, P., Budia, F., Vogt, H., del Estal, P., Viñuela, E. (2002). Influencia de la ingestión de presa contaminada con tres modernos insecticidas en *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Boletin de Sanidad Vegetal Plagas. 28: 375-384.
51. Medina, P., Budia, F., del Estal, P., Adán, A., Viñuela, E. (2003). Side-effects of six insecticides on different developmental stages of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). OILB/wprs Bulletin. 26(5): 33-40.
52. Medina, P., Budia, F., González, M., Rodríguez, B., Díaz, A., Huerta, A., Zapata, N., Viñuela, E. (2005). Effects of botanical insecticides on two natural enemies of importance in Spain: *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Psyttalia concolor* (Szépligeti). OILB/wprs Bulletin. 29(10): 85-93.
53. Nasreen, A., Mustafa, G., Ashfaq, M. (2003). Selectivity of Some Insecticides to *Chrysoperla carnea* (Stephen) (Neuroptera: Chrysopidae) in Laboratory. Pakistan Journal of Biological Sciences. 6(6): 536-538.
54. Noh, S., Henry, C. S. (2010). Sexually monomorphic mating preferences contribute to premating isolation based on song in European green lacewings. Evolution. 64: 261-270.
55. Oswald, J. D. (2017). Neuropterida Species of the World. Lacewing Digital Library, Research Publication No. 1. http://lacewing.tamu.edu/SpeciesCatalog/Main - Pristup: 27. kolovoza 2020.
56. Oštrec, Lj., Gotlin Čuljak, T. (2005). Opća entomologija. Zrinski d.d., Čakovec, 2005.

57. Oštrkapa Međurečan, Ž. (2016). Korisni kukci – prirodni neprijatelji štetnika. https://drava-info.hr/2016/01/kolumna-korisni-kukci-prirodni-neprijatelji-stetnika/ - Pristup: 29. kolovoza 2020.
58. Pappas, M. L., Broufas, G. D., Koveos, D. S. (2011). Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. Journal of Entomology. 8: 301-326.
59. Pavela, R. (2009). Effectiveness of Some Botanical Insecticides against *Spodoptera littoralis* Boisduvala (Lepidoptera: Noctudiae), *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Plant Protection Science. 45(4): 161-167.
60. Pešut-Pilon, S. (2010). Zlatooka – koristan kukac. Ministarstvo poljoprivrede. https://www.savjetodavna.hr/2010/06/23/zlatooka-koristan-kukac/ - Pristup: 29. kolovoza 2020.
61. Pro-Eco (2020). NeemAzal TS. https://www.proeco.hr/proizvod/neemazal-ts/ - Pristup: 11. rujna 2020.
62. Ravlić, M., Baličević, R. (2014). Biološka kontrola korova biljnim patogenima. Poljoprivreda. 20(1): 34-40.
63. Roe, R. M., Young, H. P., Iwasa, T., Wyss, C. F., Stumpf, C. F., Sparks, T. C., Watson, G. B., Sheets, J. J., Thompson, G. D. (2010). Mechanism of resistance to spinosyn in the tobacco budworm, *Heliothis virescens*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 96(1): 8-13.
64. Rojht, H., Budija, F., Trdan, S. (2009). Effect of temperature on cannibalism rate between green lacewings larvae (*Chrysoperla carnea* [Stephens], Neuroptera, Chrysopidae). Acta agriculturae Slovenica. 93(1): 5 -9.
65. Sabry, K. H., El-Sayed, A. A. (2011). Biosafety of a biopesticide and some pesticides used on cotton crop against green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stehens) (Neuroptera: Chrysopidae). Journal of Biopesticides. 4(2): 214-218.
66. Sanda, N. B., Sanusi, M. (2014). Fundamentals of Biological control of pests. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. 1(6): 1-9.
67. Schneider-Orelli, O. (1947). Entomologisches Pratikum. HR Sauerlander and Co, Aarau. http://www.ehabsoft.com/ldpline/onlinecontrol.htm - Pristup: 25. rujna 2020.
68. Shaukat, M. A. (2018). Feeding behaviour and life durations of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) feeding on a variety of hosts. Journal of Entomology and Zoology Studies. 6(1): 691-697.
69. Shrestha, G., Mettupalli, S., Gadi, R., Miller, D. A., Reddy, G. V. P. (2020). Spinosad and Mixtures of an Entomopathogenic Fungus and Pyrethrins for Control of *Sitona lineatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Field Peas. Journal of Economic Entomology. 113(2): 669–678.
70. Sygenta (2020). Vertimec 018 EC. https://www.syngenta.hr/product/crop-protection/insekticid/vertimec-018-ec - Pristup: 11. rujna 2020.
71. Ševar, M. (2004). Upoznajmo korisne kukce! Očuvajmo biološku ravnotežu! Zlatooka. Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu.

https://www.savjetodavna.hr/wp-content/uploads/publikacije/zlatooka_web.pdf - Pristup: 29. kolovoza 2020.
72. Šubić, M. (2015). Mogućnosti i ograničenja suzbijanja moljaca kružnih mina (*Leucoptera malifoliella* Costa) (Lepidoptera: Lionetiidae) u Međimurju. Glasilo biljne zaštite. 15(3): 195-205.
73. Tauber, M. J., Tauber, C. A., Daane, K. M., Hagen, K. S. (2000). Commercialization of Predators: Recent Lessons from Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: *Chrysoperla*). American Entomologist. 46(1): 26-34.
74. Tauber, C. A., Albuquerque, G. S. (2009). Neuroptera: (Lacewings, Antlions). U: Encyclopedia of Insects, (ur. Resh, V. H., Cardé, R. T.), Elsevier Inc. University of California, Berkeley, USA, str. 695-707.
75. Tauber, C. A., Tauber, M. J., Albuquerque, G. S. (2014). Debris-Carrying in Larval Chrysopidae: Unraveling Its Evolutionary History. Annals of the Entomological Society of America. 107(2): 295-314.
76. Turpeau, E., Hullé, M., Chaubet, B. (2012). *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836). Common green Lacewings. INRAE, Encyclop'Aphid: a website on aphids and their natural enemies. https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons_eng/Species/Insect-predators/Neuroptera-Chrysopidae/Chrysoperla-carnea - Pristup: 29. kolovoza 2020.
77. Viñuela, E., Adán, A., Smagghe, G., González, M., Medina, M. P., Budia, F., Vogt, H., del Estal, P. (2000). Laboratory Effects of Ingestion of Azadirachtin by Two pests (*Ceratitis capitata* and *Spodoptera exigua*) and Three Natural Enemies (*Chrysoperla carnea*, *Opius concolor* and *Podisus maculiventris*). Biocontrol Science and Technology. 10(2): 175-187.
78. VKM – Norwegian Scientific Committee for Food Safety (2014). Risk assessment of the biological control product «Gulløyelarver» with the active organism *Chrysoperla carnea*. VKM Report. 14(7): 13-211.

Izvori slika

Slika 2.2. Drava-Info (2016). Kolumna: Korisni kukci – prirodni neprijatelji štetnika. https://drava-info.hr/2016/01/kolumna-korisni-kukci-prirodni-neprijatelji-stetnika/ - Pristup: 25. rujna 2020.

Slika 2.3. CABI (2019). *Chrysoperla carnea* (aphid lion). https://www.cabi.org/isc/datasheet/13194 - Pristup: 25. rujna 2020.

Slika 2.4. Kolumbus (2009). *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836). http://www.kolumbus.fi/esko.viitanen/chrysoperla_carnea_e.htm - Pristup: 25. rujna 2020.

Slika 2.5. Flickr (2008). *Chrysoperla carnea* egg Koppert Biological Systems 1069. https://www.flickr.com/photos/koppert/2774550806 - Pristup: 25. rujna 2020.

Slika 2.7. Gschmeissner, S. (2013). Lacewing Larva Head, Sem. https://fineartamerica.com/featured/lacewing-larva-head-sem-steve-gschmeissner.html - Pristup: 25. rujna 2020.

Slika 2.8. Cornell University – Biological control (2020). *Chrysoperla* (=Chrysopa) *carnea*, *C. rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). https://biocontrol.entomology.cornell.edu/predators/Chrysoperla.php - Pristup: 25. rujna 2020.

Životopis

Doria Kelemen rođena je 28. kolovoza 1995. godine u Varaždinu. Nakon završene Osnovne škole „Tina Ujevića Salinovec“ – područna škola (grad Ivanec) upisuje Opću gimnaziju u Srednjoj školi Ivanec. Na preddiplomski studij Zaštita bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje se 2014./2015., a 2018./2019. godine upisuje diplomski studij Ekološka poljoprivreda i agroturizam na spomenutom fakultetu. Uz studiranje radila je različite studentske poslove koji uključuju prodaju, administraciju, uredske poslove.