

# Toksičnost biljnih ekstrakata na različite razvojne stadije krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say)

---

Kovač, Katarina

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:147863>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-22**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Katarina Kovač

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**Toksičnost biljnih ekstrakta na različite razvojne stadije krumpirove  
zlatice, *Leptinotrasa decemlineata*, Say**

**Diplomski rad**

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Katarina Kovač

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**Toksičnost biljnih ekstrakta na različite razvojne stadije krumpirove  
zlatice, *Leptinotrasa decemlineata*, Say**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Ivana Majić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić, mentor
3. doc. dr. sc. Marija Ravlić, član

Osijek, 2023.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	2
2.1. Morfologija krumpirove zlatice .....	2
2.2. Biologija krumpirove zlatice.....	4
2.4. Taksonomija krumpirove zlatice .....	6
2.5. Širenje krumpirove zlatice u Europi.....	7
2.6. Monitoring i suzbijanje.....	8
2.7. Primjena RNAi tehnologije u suzbijanju krumpirove zlatice .....	9
2.8. Entopatogene nematode u suzbijanju krumpirove zlatice.....	10
2.9. Biljni ekstrakti u suzbijanju krumpirove zlatice.....	10
3. MATERIJALI I METODE.....	14
3.1. Prikupljanje kukaca .....	14
3.2. Biljni materijal .....	14
3.2.1. Teofrastov mračnjak ( <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.) .....	14
3.2.2. Zlatošipka ( <i>Solidago gigantea</i> L.).....	15
3.2.3. Kadulja ( <i>Salvia spp.</i> ) .....	16
3.3. Priprema biljnih ekstrakata .....	17
3.4. Kontaktni i želučani biotestovi biljnih ekstrakata na krumpirovu zlaticu .....	18
4. REZULTATI .....	20
5. RASPRAVA.....	22
6. ZAKLJUČAK.....	24
8. SAŽETAK.....	29
9. SUMMARY .....	30
10. POPIS GRAFIKONA .....	31
11. POPIS TABLICA.....	31
12. POPIS SLIKA.....	31
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

## 1. UVOD

Krumpirova zlatica, *Leptinotarsa decemlineata* Say 1824, predstavlja iznimno značajnog štetnika krumpira kako u Hrvatskoj tako i u svijetu. Porijeklom je iz Sjeverne Amerike, a u Europi se pojavila početkom 20. stoljeća. Danas je rasprostranjena širom Europe, sjeverne Amerike, Male Azije te Kine. U Hrvatskoj je prvi puta zabilježena je 1947. godine u okolici Zaprešića, a danas je raširena po cijeloj državi (Maceljski, 2002.). Velike štete rade imago i ličinke krumpirove zlatice izgrizanjem lišća krumpira što može dovesti do potpune defolijacije biljaka, što negativno utječe na prinos krumpira (Stanković i sur., 2012.). Postoje različite metode suzbijanja krumpirove zlatice, poput mehaničke koja podrazumjeva uklanjanje listova s jajima te ručno sakupljanje i uništavanje ličinki i odraslih jedinki (Pintar i sur., 2016.). Međutim, najučinkovitiji način suzbijanja krumpirove zlatice je primjenom kemijskih insekticida, međutim konstantna primjena kemijskih insekticida dovodi do razvoja rezistentnosti zbog visokog biološkog potencijala i tolerancije krumpirove zlatice na određene aktivne tvari insekticida (Alyokhin i sur., 2009.). Krumpirova zlatica se ističe kao idealan štetnik za proučavanje razvoja rezistentnosti i razvoja novih, učinkovitijih insekticida. Ona je prvi primjer štetnika koji je razvio rezistentnost na veliki broj insekticida u svijetu, s više od 300 slučajeva rezistentnosti na čak 56 različitih insekticida. U Europi su prvi slučajevi rezistentnosti na klorirane ugljikovodike dokumentirani 1965. godine u Italiji, Španjolskoj, Portugalu, Poljskoj te Švicarskoj, dok je u Hrvatskoj rezistentnost potvrđena 16 godina nakon široke primjene insekticida. Od 1990. godine, u Hrvatskoj se provodi sustavni nadzor rezistentnosti krumpirove zlatice (Bažok i sur., 2017.).

Zbog velike rezistentnosti sve se više pokušavaju uvesti nova učinkovita i ekološki prihvatljivija rješenja za suzbijanje krumpirove zlatice. Brojna istraživanja ukazuju na velik potencijal biljnih ekstrakata u suzbijanju krumpirove zlatice. Upotreba biljnih ekstrakata donosi niz prednosti kao što su očuvanje okoliša, smanjenje rezidua u tlu i smanjenje razvoja rezistentnosti.

Cilj istraživanja bio je utvrditi toksičnost vodenih biljnih ekstrakata na različite stadije krumpirove zlatice.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Morfologija krumpirove zlatice

Krumpirova zlatica prolazi kroz četiri stadija razvoja tijekom svog životnog ciklusa: jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka (Kantoci, 2007.). Odrasli stadij (slika 1.) ovog štetnika karakterizira duljina od 10 mm.. Njihovo tijelo je ovalnog oblika s duljinom od 1,0 cm i širinom od 0,6 cm, s konveksnom stražnjom stranom (Capinera, 2001.). Glava i nadvratnjak su crvenkastožute boje (Kantoci, 2007.), a boja njihovih krila varira od krem do žućkaste, uz pet crnih pruga duž svakog krila. Noge i ticala ovog štetnika su žute boje, a članci na drugoj polovici ticala, zglobovi nogu i stopala su smeđe-crne boje (Kantoci, 2007.).



Slika 1. Odrasli stadij krumpirove zlatice  
(Izvor: Kovač, K., 2022.)

Jaja krumpirove zlatice su glatka, žuta do narančasta, te su duga 1,2 do 1,8 mm i 0,8 mm široka (slika 2.). Jaja se najčešće nalaze na donjoj strani lista, raspoređena u nekoliko redova te su pričvršćena žutim ljepilom koje ženka izlučuje tijekom polaganja. Jaja ostaju prozirna sve do 12 sati prije izlaska ličinki (Capinera, 2001.).



Slika 2. Jaja krumpirove zlatice  
(Izvor: Internet)



Slika 3. Ličinka krumpirove zlatice  
(Izvor: Internet)

Ličinke krumpirove zlatice prolaze kroz četiri stadija, pri čemu njihova boja varira s obzirom na starost i veličinu (slika 3.). Prvi stadij je svjetlije boje sa sjajnom crnom glavom, koja postaje tamnija kako ličinka raste. Sva četiri stadija ličinke imaju dva reda crnih točkica lateralno na obje strane tijela te imaju tri para nogu (Capinera, 2001.), koje su crne do tamnosmeđe boje. Iz jaja izlaze ličinke koje su izuzetno sitne, 2 do 3 mm duljine, eđutim, nakon presvlačenja, zadnji stadij dostignu konačnu veličinu od 15 mm (Kantoci, 2007.). Kukuljica (slika 4.) je svijetlo-narančaste boje i doseže duljinu od približno 10 mm. Njezine oči i odušci su crni te se nalaze sa strane na prvih pet članaka zatka (Kantoci, 2007.).



Slika 4. Kukuljica krumpirove zlatice (Izvor: Sarajlić, A., 2022.)

## 2.2. Biologija krumpirove zlatice

Krumpirova zlatica, u našim uzgojnim uvjetima, obično ima dvije generacije godišnje. Krumpirova zlatica prezimljava u tlu, a uspješnost prezimljavanja ovisi o temperaturi, vlažnosti i vrsti tla. Navedeni čimbenici igraju ključnu ulogu u dinamici populacije. Teža, hladnija i vlažnija tla povećavaju smrtnost odraslih zlatica (Pintar i sur., 2016.). Krajem ljeta, odrasli stadiji krumpirove zlatice se povlače u tlo, u polju krumpira ili na njegovim rubovima (Bažok i sur., 2013.). Tijekom sredine travnja, počinje izlazak odraslih zlatica iz tla, a masovni izlazak se događa kada temperatura tla na dubini od 10 cm dostigne 14,5°C, uz temperaturu zraka između 14 i 15°C (Bažok i sur., 2013.; Pintar i sur., 2016.). Odrasle zlatice, nakon što iziđu iz tla, mogu preživjeti bez hrane tijekom desetak dana, a parenje kod prezimjelih zlatica obično započinje nakon ishrane. Da bi bile sposobne za polaganje jaja, odrasle zlatice trebaju konzumirati više od 20 cm<sup>2</sup> lisne mase. Također, odrasle zlatice nisu u mogućnosti letjeti ako temperatura zraka padne ispod 20°C. Visoke temperature pogoduju im za oplodnju i odlaganje jaja, koje tada započinje ranije, a ženke su tada plodnije. U razdoblju tijekom svibnja i lipnja, ženke polažu jaja na naličju lista, obično u grupama od 25 do 80 jaja, a tijekom svog života jedna ženka može položiti između 300 i 1100 jaja. Razvoj jaja ovisi o temperaturi i najkraći je kada temperatura prelazi 25°C. Iz jaja izlaze ličinke koje se presvlače tri puta tijekom svojeg razvoja (Pintar i sur., 2016.). Razvoj prvog stadija ličinke traje 3-4 dana, drugi stadij 3-7 dana, treći stadij 4-8 dana, dok razvoj četvrtog stadija traje 5-11 dana (Bažok i sur., 2013.). Što je ličinka veća to su veće štete koje može uzrokovati (Pintar i sur., 2016.). Ličinke se hrane lišćem tijekom razdoblja od dva do tri tjedna, nakon toga se spuštaju s biljaka i zakopavaju se u tlo, gdje se odvija kukuljenje (Bažok i sur., 2013.). Ličinka se ukopava obično između 2 i 5 cm u tlo. Prelazak ličinke u stadij kukuljice događa se otprilike dva dana nakon ukopavanja u tlo. Optimalna temperatura za kukuljenje je 28°C, a za potpuni razvoj kukuljice pri optimalnim uvjetima potrebno je oko osam dana (Capinera, 2001.). Početkom srpnja, prve generacije odraslih zlatica izlaze iz tla, započinje kopulacija, polaganje jaja i razvoj ličinki, nastavljajući tako svoj životni ciklus (Pintar i sur., 2016.). Ličinke nove generacije razvijaju se tijekom srpnja, a u kolovozu se pojavljuju odrasle jedinke druge generacije. Odrasle jedinke zlatice ostaju aktivne samo kratko vrijeme prije nego što odu na prezimljavanje. Ovisno o temperaturi, razvoj zlatice može trajati otprilike 50-tak dana (Ferro i sur., 1985.). Nakon ishrane, odrasle jedinke zlatice druge generacije povlače se u tlo na dubinu između 20 i 40 centimetara, gdje prezimljavaju (Pintar i sur., 2016.).



### 2.3. Štete od krumpirove zlatice

Krumpirova zlatica je prema načinu ishrane oligofag, što znači da se hrani ne samo krumpirom, već i patlidžanom i rajčicom. Štete čine odrasle zlatice i ličinke na listovima kroz dvije uzastopne generacije što za posljedicu ima defolijaciju listova, te smanjenje prinosa krumpira. Kapacitet ishrane kako imaga tako i ličinki iznimno je velik, pri čemu jedan par zlatica sa svojim potomstvom može uništiti do 1m<sup>2</sup> lisne površine (Bažok i sur., 2013.).

Ličinka prvog stadija može konzumirati oko 20 mm<sup>2</sup> lišća tijekom svoje razvojne faze, drugi stadij može pojesti oko 150 mm<sup>2</sup>, treći stadij može oštetiti površinu od 520 mm<sup>2</sup> lišća, dok ličinke četvrtog stadija mogu uništiti čak 800 mm<sup>2</sup> lisne površine. Svaka ličinka može uništiti do 40 cm<sup>2</sup> lisne površine. Odrasli stadij krumpirove zlatice na temperaturi od 16°C konzumira 259 mm<sup>2</sup> lišća dnevno, dok na temperaturi od 21°C taj broj iznosi 422 mm<sup>2</sup>, a na temperaturi od 25°C pojedju čak 800 mm<sup>2</sup> lisne mase. Tijekom svog života, odrasla zlatica konzumira otprilike 120 cm<sup>2</sup> lišća. Kada zlatice pojedju svu lisnu masu, mogu se također hraniti stabljikama te gomoljima. Krumpir obično podnosi defolijaciju u rasponu od 30 do 40% u ranoj fazi razvoja, 10 do 60% tijekom srednje faze i čak do 100% u kasnijoj fazi rasta, bez značajnog gubitka prinosa. Međutim, važno je napomenuti da se razina defolijacije često može povećati iznad granice koju biljke mogu podnijeti (Alyokhin i sur., 2009.). Oko 20% uništenog lišća može negativno utjecati na ukupni prinos krumpira. Ako dođe do snažnog napada i defolijacije tijekom početne faze formiranja gomolja, prinos krumpira može biti manji od količine zasađenih sjemenskih krumpira, što ukazuje na ozbiljne štete. Bez adekvatnih mjera kontrole štetnika može doći do znatnih gubitaka u prinosu (Maceljski, 2002.).

U svijetu poljoprivrede, šteta uzrokovana krumpirovom zlaticom ima značajne ekonomske implikacije koje utječu na poljoprivrednike, trgovce, potrošače i šire gospodarstvo. Krumpirova zlatica, kao agresivni štetnik, uzrokuje ozbiljne gubitke u proizvodnji krumpira diljem svijeta. Njezino oštećenje lišća dovodi do smanjenja fotosinteze i oslabljuje biljke, što rezultira značajno manjim prinosom. Ovaj pad u proizvodnji krumpira direktno utječe na prihode poljoprivrednika, dovodeći ih u financijski rizik. Dodatno, šteta na gomoljima ima dugoročne ekonomske posljedice. Deformirani i oštećeni gomolji često imaju nižu tržišnu vrijednost, što smanjuje dohodak poljoprivrednika. Osim toga, visoka razina oštećenja može dovesti do povećanja troškova proizvodnje zbog potrebe za dodatnim tretmanima i

kontrolnim metodama. Otpornost na insekticide dodatno komplicira situaciju jer poljoprivrednici moraju tražiti nove, često skuplje načine suzbijanja ove štetočine. Štete od krumpirove zlatice također imaju lančane reakcije na tržištu. Smanjena dostupnost krumpira na tržištu može rezultirati povećanjem cijena za potrošače. Osim toga, trgovci koji se bave izvozom i uvozom krumpira mogu doživjeti fluktuacije u ponudi i potražnji, što utječe na njihove marže i profitabilnost. Ova nestabilnost na tržištu može rezultirati daljnjim ekonomskim nesigurnostima.

U dugoročnom smislu, stalna prijetnja krumpirove zlatice prisiljava poljoprivrednike, znanstvenike i ekonomske stručnjake da stalno ulažu napore u istraživanje inovativnih i održivih rješenja. Ovo istraživanje i razvoj novih metoda kontrole dodatno troše resurse i financijska sredstva, što utječe na ukupne ekonomske performanse poljoprivrednih sektora. Šteta od krumpirove zlatice ima ozbiljne ekonomske implikacije koje sežu od individualnih poljoprivrednika do globalnog tržišta hrane, stavljajući izazove pred ekonomske strategije, trgovinu i razvoj poljoprivrede.

#### **2.4. Taksonomija krumpirove zlatice**

Krumpirova zlatica pripada redu kornjaša ili tvrdokrilaca (Coleoptera), koji imaju karakterističnu građu tijela, prednji par čvrsto hitiniziranih krila i zadnji par opnenastih krilia, koja su prilagođena za letenje. Krumpirova zlatica se svrstava u porodicu zlatica (Chrysomelidae), koja ima više od 35 000 vrsta. Krumpirova zlatica pripada rodu *Leptinotarsa*, unutar kojeg je ova vrsta najpoznatija i najznačajnija (Alyokhin i sur., 2013.).

Tablica 1. Taksonomska pripadnost krumpirove zlatice  
(<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendum.30380>)

Carstvo : Animalia
Koljeno : Arthropoda - člankonošci
Razred : Insecta - kukci
Red : Coleoptera – kornjaši
Porodica : Chrysomelidae – zlatice
Rod: <i>Leptinotarsa</i>
Vrsta: <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say 1824

## 2.5. Širenje krumpirove zlatice u Europi

Rasprostranjenost krumpirove zlatice obuhvaća oko 16 milijuna km<sup>2</sup> u Sjevernoj Americi, Europi i Aziji. Prvi put je krumpirova zlatica primijećena 1811. godine u Americi, zahvaljujući opažanjima Thomasa Nuttalla. U Europi je prvi put registrirana 1877. godine, u Njemačkoj, ali je tada uspješno iskorijenjena. Međutim, ponovno se pojavila 1922. godine u Francuskoj, a do kraja 20. stoljeća proširila se cijelom Europom (slika 5.). Na našim prostorima krumpirova zlatica otkrivena je 1947. godine u Sloveniji, a na području Hrvatske pojavila se 1947. na području Zaprešića, a kasnije u Istri i Međimurju (Weber, 2003.).



Slika 5. Širenje krumpirove zlatice Europom (Izvor: Katoić Balaško i sur., 2020.)

Zbog širokog spektra štete koje uzrokuje, krumpirova zlatica je bila predmet istraživanja u području kontrole štetočina. Poljoprivrednici koriste različite metode kontrole, uključujući kemijske insekticide, biološku kontrolu (poput prirodnih neprijatelja krumpirove zlatice) i uzgoj sorti krumpira otpornih na ovog štetnika. Štete koje uzrokuje krumpirova zlatica mogu imati i ekonomske posljedice jer smanjuje dostupnost i povećava cijene krumpira na tržištu. Ovo može utjecati na poljoprivrednike, trgovce i potrošače. Njeno širenje potaknulo je istraživanja iz područja poljoprivrede, ekologije i entomologije kako bi se razvile učinkovite metode kontrole i razumjelo ponašanje ovog štetnika. Širenje krumpirove zlatice Europom ima dubok utjecaj na poljoprivredu, potiče istraživanja i inovacije u poljoprivrednoj industriji, te zahtijeva stalnu pažnju poljoprivrednika i znanstvenika kako bi se održala produktivnost usjeva krumpira.

## **2.6. Monitoring i suzbijanje**

Prije tretiranja krumpirove zlatice potrebno je napraviti pregled usjeva kako bi se utvrdio prag odluke, a određuje se na temelju broja zlatice koje su prisutne na svakoj biljci. Ako se na jednoj biljci nađe više od dvije odrasle zlatice koje su prezimjele, posebno ako se radi o slabim biljkama, preporučuje se suzbijanje. Suzbijanje ličinki preporučuje se ako se na svakih šest biljaka prije cvatnje nalazi otprilike 10 do 15 ličinki, ili ako su na svakoj biljci prisutne najmanje dvije ličinke. Nakon cvatnje prag odluke je se povećava, pa se suzbijanje provodi nakon što 20 % ličinki izađe iz jaja. Imago zlatice suzbija se ako ih ima više od 20 do 30 na svakom busu, a do kraja vegetacije ostaje više od 20 dana. Treba napomenuti da insekticidi imaju slabiju učinkovitost ako su ličinke veće od 4 mm (Bažok i sur., 2013.). Suzbijanje krumpirove zlatice najčešće se provodi mehaničkim i kemijskim metodama. Iako je pregled biljaka i ručno uklanjanje zlatice učinkovita preventivna mjera, nije izvediva na velikim površinama. Skupljanje ženki prije ovipozicije može smanjiti broj ličinki u sljedećoj generaciji. Plodored je također korisna preventivna mjera jer smanjuje napade zlatice iz prezimljujuće generacije. S obzirom na pokretljivost zlatice, polja u plodoredu trebaju biti udaljena minimalno 0,3 do 0,9 km da bi ovo bila učinkovita mjera. Na poljima na kojima

se primjenjuju plodored količina odloženih jaja može iznositi i za 10 % manje od broja jaja na polju gdje se plodored ne primjenjuje (Alyokhin i sur., 2009.). Ranija sadnja krumpira smanjuje štetu od druge generacije, zato što je usjev već izvađen iz tla u vrijeme kad se ta generacija pojavljuje (Pintar i sur., 2016.).

Prirodni neprijatelji krumpirove zlatice uključuju: predatorske stjenice poput *Perillus bioculatus*, neke vrste božjih ovčica i parazitske osice *Edovum putleri*. Također, krumpirove zlatice mogu se suzbijati i entopatogenim nematodama. Važno je napomenuti da biološke metode suzbijanja ne mogu samostalno smanjiti broj zlatica ispod praga štetnosti te se moraju kombinirati s drugim mjerama suzbijanja. Kemijsko suzbijanje smatra se najučinkovitijim, iako postoji sve veći problem rezistentnosti zlatice na pesticide. Stoga se sve više kao jedna od mogućih mjera razmatra primjena biljnih ekstrakta (Bažok i sur., 2017.).

## **2.7. Primjena RNAi tehnologije u suzbijanju krumpirove zlatice**

Unatoč učestaloj primjeni kemijskih pesticida, oko 18 % ukupne svjetske proizvodnje poljoprivrednih proizvoda gubi se zbog šteta koje uzrokuju štetni kukci. Jedna od alternativa za kemijske pesticide, je primjena metode RNA interferencije (RNAi) u suzbijanju štetnika. RNAi tehnologija se temelji na uništavanju gena, a primjenjuje se u brojnim znanstvenim područjima. Primjenjuje se i u suzbijanju kukaca jer uništavanjem određenih gena dovodi do zastoja u rastu i razvoju kukca, zatim i uginuća. Najvažnija prednost kod RNAi tehnologije je što djeluje na točno određenu vrstu štetnika, jer cilja specifičan gen, a mijenjajući ciljane gene moguće je potpuno izbjeći pojavu rezistentnosti. Do sada se RNAi tehnologija pokazala uspješnom u suzbijanju štetnih kukaca iz određenih redova, ali postoje još brojni izazovi koje treba svladati kako bi postala učinkovita i ekonomski isplativa mjera zaštite. U normalnim procesima u stanicama gen proizvodi glasničku RNA (mRNA) koja se potom prepisuje u protein. Mehanizam djelovanja RNAi utemeljen je na uništavanje gena, zbog čega ne dolazi do stvaranja proteina. Uništavanje gena postiže se tako što se unesu kratke dvolančane RNA (dsRNA) u stanice kukca. Nakon ulaska u stanicu, dsRNA veže se na komplementarnu mRNA koju proizvodi gen i razgrađuje ju. Nakon uništavanja mRNA-a više ne dolazi do stvaranja proteina. Zbog mehanizma djelovanja kojim se uništava gen, RNAi najviše se koristi u temeljnim istraživanjima funkcije i regulacije gena raznih

organizama. Najjednostavniji način unosa dsRNA u tkivo kukca je mikroinjektiranje i to je najjednostavniji način utišavanja gena., međutim kod nekih kukaca može doći do oštećenja tijela. Drugi način unosa je inkubacija i svodi se na natapanju tkiva ili stanice u otopini koja sadrži dsRNA. Prikladna je samo za određene stadije kukaca. Najučinkovitija metoda je unošenje dsRNA oralnim putem tj, hranom. Ova metoda pokazala se uspješna u utišavanju gena kod krumpirove zlatice (Čačija i sur., 2019).

## **2.8. Entopatogene nematode u suzbijanju krumpirove zlatice**

Nematode mogu biti nametnici na ljudima i životinjama, a mogu parazitirati i kukce. Poznate su po nazivu entomopatogene nematode (EPN). Najznačajnije entomopatogene nematode su iz porodica: Steinernematidae, Heterorhabditidae i Mermithidae. Brojna su istraživanja pokazala prednost korištenja EPN u odnosu na kemijske pripravke: djeluju brzo i učinkovito, nisu štetne za okoliš. U istraživanjima je dokazana učinkovitost nekih vrsta nematoda na krumpirovu zlaticu: *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *H. megidis*. Za njihovu uspješnu primjenu važno je razviti načine primjene EPN. Većina EPN djeluje na ličinke, a kod kornjaša uglavnom i na odrasle. Nematode su učinkovite i u suzbijanju odraslih stadija krumpirovih zlatice koji su prezimjeli. Entomopatogene nematode mogu se uzgajati in vivo i in vitro. In vivo uzgoj obavlja se na ličinkama voskovog moljca što je jeftin način, ali ograničenih kapaciteta. Ta metoda je pogodna samo za male površine. Uzgoj in vitro može biti i u tekućem i čvrstom stanju. Uzgoj koji je u čvrstom stanju dobar je za tržišta srednjih veličina jer su ulaganja manja. Uzgoj u tekućem fermentorima je najintenzivniji i najjeftiniji i zahtjeva visok nivo tehnologije (McMullen i Stock, 2014). Entopatogene nematode mogu biti primjenjene bilo kojom opremom za aplikaciju sredstva za zaštitu bilja. U nekim slučajevima i u sustavima za navodnjavanje. Danas 40 zemalja koriste entomopatogene nematode u suzbijanju kukaca (Bažok i sur., 2013.).

## **2.9. Biljni ekstrakti u suzbijanju krumpirove zlatice**

Istraživanja s biljnim ekstraktima usmjerena protiv krumpirove zlatice pokazuju velik potencijal u zaštiti krumpira protiv ovog štetnika. Zabilježeno je da biljka dalmatinski buhač (*Tanacetum cinerariifolium*) posjeduje neurotoksične učinke na štetnike koji uzrokuju paralizu te smrt. Lišće rajčice sadrži mnogobrojne aktivne tvari od kojih su najznačajniji

fenolni spojevi i steroidni alkaloidi. Ovi spojevi ometaju apsorpciju fitosterola iz lista krumpira, koji su potrebni kukcu za sintezu ekdizona.

U istraživanju Alkan i sur., (2017.) Ispitivana je učinkovitost kontaktnog djelovanja različitih vrsta biljnih ekstrakata na sve stadije ličinki krumpirove zlatice. Biljke čiji su ekstrakti korišteni u istraživanju su: *Acanthus dioscoridis* L. (Acanthaceae), *Achillea millefolium* L. (Asteraceae), *Bifora radians* Bieb. (Apiaceae), *Heracleum platytaenium* Boiss (Apiaceae), *Humulus lupulus* L. (Cannabaceae) i *Phlomis tuberosa* (L.) Moench (Lamiaceae), *Artemisia vulgaris* L., *Hedera helix* L., *Rubia tinctoria* L., *Salvia officinalis* L., *Urtica dioica* L., *Cenopodium album* L., *Lolium temulentum* L., *Humulus lupulus* L. Pripremljeni su metanolski ekstrakti koji su razrijeđeni u acetonu u koncentraciji od 15%. Smrtnost ličinki zabilježena je nakon 24 h. Ekstrakt *H. platytaenium* i *H. lupulus* pokazali su najbolji učinak pokazao se kao najučinkovitiji s preko 90% smrtnosti prva tri stadija ličinki koji su dalje izdvoje i dodatno testirani u šest različitih koncentracija ovisno o stadiju razvoja ličinke krumpirove zlatice.

U istraživanju Rusin i sur. (2016.) ispitivano je želučano djelovanje biljnog ekstrakta *Thymus serpyllum* L. pripremljenog od suhe i svježe biljne mase u koncentraciji 2, 5 i 10% odnosno 10, 20 i 30% na odrasle i ličinke krumpirove zlatice. U svom istraživanju došli su do zaključka da je potrebno za suzbijanje odraslih stadija krumpirove zlatice koristiti minimalno 10% koncentraciju pripremljenu od suhe biljne mase, dok je za ličinke utvrđeno negativno djelovanje na težinu tijela i konzumirane površine lista kod koncentracije 5% za suhu i 20% za svježju biljnu masu.

Slično istraživanje provele su Rusin i Gospodarek (2018.) s vodenim ekstraktima svježe i suhe tvari *Origanum vulgare* s jednakim koncentracijama kao i u prethodnom istraživanju na mužjacima i ženjkama krumpirove zlatice. Najveće koncentracije analiziranih ekstrakata najviše su otežavale ishranu odraslih jedinki krumpirove zlatice, što potvrđuju najviše vrijednosti apsolutnog indeksa odvrćanja i najniže vrijednosti indeksa ukusnosti. Isto tako utvrđeno je da vodeni ekstrakti *Hypericum perforatum* L. uzrokuje smetnje pri ishrani ličinki krumpirove zlatice, smanjujući njihovu želju za hranom nakon što su listovi krumpira tretirani ovim ekstraktom (Rusin i sur., 2016.).

Dugotrajna terenska istraživanja u Kanadi također su istaknula alternativne metode kontrole krumpirove zlatice, uključujući ekstrakte iz biljaka poput neema i češnjaka. Krumpiri

tretirani ekstraktom neema imali su veći prinos i manje prisutnih zlatice, dok je ekstrakt češnjaka pokazao manju učinkovitost (Gödel i sur., 2020.).

Prema Elisovetcai i sur. (2021.) provedeno je istraživanje u svrhu procijene biološke aktivnosti alginata u koncentracijama od 0,1 do 5% protiv tri vrste štetnih kukaca (*Leptinotarsa decemlineata*, *Galleria mellonella* i *Halyomorpha halys*). Utvrđeno je da otopina alginata u koncentracijama od 0,1 do 1% ima nizak ovicidni i insekticidni učinak protiv istraživanih štetnika. Utvrđeno je želučano djelovanje ispitivane otopine na smrtnost dok je kontaktno izostalo. Također je utvrđen visok anrifeedant utjecaj, od 45 do 85% na ličinkama drugog i trećeg stadija krumpirove zlatice i voštanog moljca.

U istraživanju Binias i sur. (2015.) ispitivao se utjecaj vodenih ekstrakata *Matricaria chamomilla* L. na promjene nastale u težini konzumiranoga lista za ishranu drugog i trećeg stadija krumpirove zlatice četiri puta tijekom 12 sati.. Ekstrakti su pripremljeni od svježe biljne mase u koncentracijama od 10%, 20% i 30%, a od osušene biljne mase u koncentracijama od 2%, 5% i 10% . Za sve analizirane koncentracije vodenog ekstrakta kamilice potvrđeno je da nisu učinkovite protiv ličinki krumpirove zlatice..

## **2.10. Dobivanje biljnih ekstrakata**

Sve je više istraživanja u svrhu uvođenja prikladnih biljaka koje imaju insekticidna svojstva. Međutim istraživanja biljnih ekstrakata za moguću primjenu u kontroli krumpirove zlatice zahtijevaju proučavanje velikog broja biljnih vrsta (Sablon i sur., 2013.). Biljni ekstrakti obuhvaćaju smjese spojeva dobivenih iz jedne ili više biljnih vrsta. Dobivaju se vodenom i alkoholnom ekstrakcijom, digestijom, maceracijom ili destilacijom različitih vrsta biljaka (Pavela, 2016.). Mogu se koristiti svježe ili osušene biljke ili dijelovi biljaka kao što su list, cvijet, sjemenke, korijen. U procesu ekstrakcije, voda je najčešće korišteno otapalo, ali mogu se upotrebljavati i organski otapala poput etanola i metanola. Etanol se često primjenjuje zbog svoje niske toksičnosti i odobrenja za upotrebu u prehrambenoj industriji (Ebadollahi i sur., 2017.). Nakon ekstrakcije, otapalo obično isparava, a za biljne ekstrakte dobivene organskim otapalima potrebno je razviti odgovarajuću formulaciju za primjenu na biljke (Binias i sur., 2017.). U mnogim istraživanjima, etanol i metanol su se pokazali kao učinkovitija otapala u odnosu na vodu, zbog njihove bolje ekstrakcijske sposobnosti za



određene fitokemikalije koje se ne mogu otopiti samo u vodi (Scott i sur., 2003.). Biljni ekstrakti variraju po konzistenciji, uključujući suhe, tekuće, polu-tekuće i čvrste oblike. Suhi ekstrakti sadrže visok postotak suhog materijala, obično iznad 90%, i često su higroskopni, što zahtijeva skladištenje u dobro zatvorenim spremnicima i zaštitu od svjetla. Ovi su ekstrakti topljivi u vodi ili alkoholu. Polutekući ekstrakti su konzistencije slične pekmezu i sadrže otprilike 70% suhog ostataka. Nedostatak polu-tekućih ekstrakata jest njihova podložnost mikrobiološkoj kontaminaciji (Banken i sur., 1998.).

Tekući biljni ekstrakti su popularan oblik ekstrakcije biljnih tvari koji se koriste u različitim industrijama, uključujući farmaceutsku, prehrambenu, i kozmetičku industriju. Ovi ekstrakti karakteriziraju se svojom tekućom konzistencijom, što ih čini iznimno prilagodljivima za različite primjene. Tekući biljni ekstrakti su oblik ekstrakta koji ima visoku razinu fluidnosti. Ova karakteristika omogućava laku manipulaciju i miješanje s drugim tekućinama, što ih čini idealnima za formulaciju raznih proizvoda. Za razliku od suhih ekstrakata, tekući ekstrakti obično nisu higroskopni i ne zahtijevaju posebne uvjete skladištenja, osim zaštitu od izravnog svjetla i ekstremnih temperatura. Tekući ekstrakti često omogućuju bržu apsorpciju aktivnih tvari u usporedbi s drugim oblicima ekstrakata, što ih čini prikladnima za primjenu. Čvrsti biljni ekstrakti su visoko koncentrirani i stabilni oblik ekstrakta, obično u obliku praha, tableta, kapsula ili granula. Ovi ekstrakti su praktični za upotrebu, imaju produljenu trajnost i omogućuju precizno doziranje. Njihova trajnost, praktičnost i precizna kontrola doziranja čine ih pogodnima za širok raspon aplikacija i zahtjeva (Shen i sur., 2014.).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Prikupljanje kukaca

Istraživanja su provedena u Laboratoriju za entomologiju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek. U lipnju 2022. godine ručno su prikupljene ličinke trećeg i četvrtog stadija krumpirove zlatice na području Osječko–baranjske županije. Nakon prikupljanja, krumpirove zlatice su transportirane u laboratorij gdje su stavljene u entomološke kaveze tijekom 24 sata, da se smanji stres koji je počinjen tijekom transporta.

#### 3.2. Biljni materijal

##### 3.2.1. Teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Teofrastov mračnjak (slika 6.) pripada carstvu Plantae (biljke), redu Malvales, porodici sljezova (*Malvaceae*), te nosi znanstveni naziv vrste *Abutilon theophrasti*. Osim toga, poznata je i pod narodnim nazivima duga konoplja, europski mračnjak, teofrastova lipica, veliki sljez, europski mračnjak.



Slika 6. Teofrastov mračnjak (Izvor: Internet)

Teofrastov mračnjak je jednogodišnja polugrmovita zeljasta biljka. Njegova stabljika je uspravna i razgranata u gornjem dijelu, te je obrasla dlačicama (Hulina, 1998.). Ova biljka ima sposobnost brzog rasta i može doseći visinu od 1-1,5 metara. Reproductivnu zrelost postiže unutar samo 90 dana, dok cijeli njezin životni ciklus traje oko pet mjeseci (Wang i Zhou, 2023.). Listovi teofrastovog mračnjaka su srcolikog oblika s ušiljenim vrhom i

nazubljenim rubovima. Cvjetovi su dvospolni i rastu u pazuškima gornjih listova. Ova biljka cvate tijekom srpnja i kolovoza. Plod teofrastovog mračnjaka je dlakav tobolac koji sadrži od 5 do 15 pretinaca, a u svakom pretincu nalazi se po tri male, crne, bubrežaste sjemenke. Sjemenke ove biljke zadržavaju klijavost i do 50 godina, a jedna biljka može proizvesti između 700 i 17 000 sjemenki (Nikolić i sur., 2014.). Razmnožava se putem sjemena.

Teofrastov mračnjak je biljka koja često raste kao korov, ali ima i ljekovita svojstva (Hulina, 1998.). Iako je podrijetlom iz Kine i Indije, danas se ova biljka rasprostranila po cijelom svijetu. Staništa na kojima uspijeva teofrastov mračnjak obično su bogata hranjivim tvarima, uključujući otvorena polja, rubove cesta i vrtove (Wang i Zhou, 2023.).

### 3.2.2. Zlatošipka (*Solidago gigantea* L.)

Zlatošipka (slika 7.) pripada carstvu Plantae, redu Asterales, porodici glavočika (*Asteraceae*), rodu *Solidago*, te nosi znanstveni naziv vrste *Solidago gigantea*. Osim toga, poznata je i pod narodnim nazivima velika zlatnica ili velikocvjetna zlatnica.



Slika 7. Zlatošipka (Izvor: Sarajlić, A., 2023.)

Zlatošipka je višegodišnja zeljasta biljka koja može doseći visinu od 50 do 250 cm. Korijen ove biljke je razvijen kao podzemna struktura, rizom, s nadzemnim dijelom stabljike. Nadzemna stabljika je obično gola i često ima modrikasto-sivkasti ton, posebno u području cvatnje. Listovi zlatošipke su suličasti i nazubljeni, obično goli. Na biljci može biti prisutno između 40 i 110 listova, koji postupno smanjuju svoju veličinu prema vrhu stabljike. Gornji listovi su dugačko-utanjeni i imaju dvije istaknute postrane žile, dok bazalni listovi često brzo otpadaju. Srednji listovi na stabljici su veliki i obično mjere između 6 i 13 cm u dužinu

te između 0,5 i 1,8 cm u širinu. Cvjetovi zlatošipke su žute boje i dijele se na dvije vrste, jezičaste i cjevaste cvjetove. Obično se nalazi između 10 i 17 jezičastih cvjetova, koji su ženski, dok je broj cjevastih cvjetova obično manji, a oni su dvospolni. Ocvijeće ove biljke karakterizira čaška preobražena u dlačice (papus), dok je vjenčić kod jezičastih cvjetova jednosimetričan, a kod cjevastih cvjetova višesimetričan. Postoji pet prašnika koji su međusobno srasli. Polen zlatošipke ima svoje karakteristične osobine; obično ima svijetlu žutu ili svijetlo zelenu boju, obično je okrugao ili eliptičan, a može varirati u veličini, ovisno o biljci iz koje potječe, često ima blag i ugodan miris koji može privući oprašivače, kao što su pčele i bumbari. Ginecej ove biljke ima plodnicu koja je podrasla i građena od dva plodna lista. Cvat ove biljke oblikuje široku piramidalnu metlicu s izrazito jednostranim glavicama. Glavice su obično široke između 3,2 i 5 mm i sadrže više redova ovojnih listova (brakteja) poredanih kao crjepovi na krovu. Sjemenka zlatošipke je kratka dlakava roška s mnogo žila i veličine između 0,9 i 1,2 mm. Papus, koji okružuje sjemenku, obično je dug između 2 i 2,5 mm (<https://hirc.botanic.hr>).

Dolazi iz Sjeverne Amerike, u Europu se proširila u 19. stoljeću. Veoma je invazivna biljka. Brzo se proširila po Europi. Cijela biljka je ljekovita. Možemo ju prepoznati po zlatno-žutom cvijetu (Hulina, 1998.).

### **3.2.3. Kadulja (*Salvia spp.*)**

Kadulja (slika 8.) pripada carstvu Plantae, a unutar tog carstva svrstana je u red Lamiales. Ova biljka pripada u porodicu Lamiaceae, koja je poznata i kao porodica usnatica. Svrstava se u rod *Salvia*, a unutar ovog roda postoji mnogo različitih vrsta kadulje. Ova biljka poznata je i pod narodnim nazivima kadulja i ljekovita kadulja.



Slika 8. Kadulja (Izvor: Internet)

Nadzemna stabljika kadulje obično je uspravna i može biti razgranata u gornjem dijelu. Visoka je 50 do 110 cm (Hulina, 1998.). Stabljika je često čvrsta i može biti obrasla dlakama, što je često karakteristično za biljke iz porodice Lamiaceae. Listovi kadulje variraju u obliku i veličini, ovisno o vrsti. Mogu biti jajastog, srcolikog ili streličastog oblika, a rubovi listova mogu biti cijeli, nazubljeni ili narovašeni. Donji listovi obično tvore rozetu blizu tla, dok se srednji i gornji listovi nalaze duž stabljike. Cvjetovi kadulje su izuzetno atraktivni i dolaze u raznim bojama, uključujući plavu, ljubičastu, crvenu, bijelu i žutu. Cvjetovi su često dvospolni, što znači da sadrže i muške i ženske reproduktivne organe. Cvjetovi su grupirani u cvatove tipa grozda ili metlice. Čaška cvijeta može biti dvousnata, cjevasta ili zvonolika, a vjenčić može biti dvousnat, uspravan ili jako zasvođen. Vjenčić može imati rub koji je cijeli ili nazubljen. Boja vjenčića varira ovisno o vrsti. Plod kadulje je čepavac koji se sastoji od četiri jajasto četverobridna merikarpa. Ovi plodovi često služe za širenje sjemena. Mnoge vrste kadulje pokrivene su dlačicama koje imaju ulogu zaštite biljke od isušivanja i sunčevog zračenja. Žljezdaste dlake na biljnim dijelovima izlučuju eterična ulja koja čine biljku nepoželjnom za mnoge životinje i kukce (Werker 1993; Bisio i sur. 1999).

### 3.3. Priprema biljnih ekstrakata

Nadzemni dio korovnih vrsta: zlatošipka (*Solidago gigantea*), kadulja (*Salvia spp.*) i teofrastov mračnjak (*Abutilon theophrasti*) prikupljen je u fazi cvatnje (Hess i sur., 1997.) na ruderalnim staništima u Osječko-baranjskoj županiji. Prikupljene biljke su bile neoštećene. Svježa masa biljke je sušena na zraku u laboratoriju tijekom dva dana, a zatim dodatno sušena u sušioniku na 50°C tijekom 72 sata. Osušena biljna masa zatim je usitnjena u prah pomoću električnog mlina. Miješanjem 10 g suhe biljne mase s 100 ml destilirane vode pripremljeni su vodeni ekstrakti zlatošipke, kadulje i teofrastovog mračnjaka u

koncentraciji 10% (Norsworthy, 2003.). Pripremljena smjesa ostavljena je 24 sata, nakon čega je procijeđena kroz muslinsko platno kako bi se uklonile veće čestice, a zatim filtrirana kroz filter papir.

### 3.4. Kontaktni i želučani biotestovi biljnih ekstrakata na krumpirovu zlaticu

U sklopu istraživanja provedeni su biotestovi kako bi se utvrdila toksičnost vodenih biljnih ekstrakata na ličinke trećeg i četvrtog stadija krumpirove zlatice. Pet različitih tretmana korišteno je u pokusu: ekstrakti zlatošipke (*Solidago gigantea*), kadulje (*Salvia* spp.), teofrastovog mračnjaka (*Abutilon theophrasti*), voda kao negativna kontrola i, komercijalno sredstvo, Laser 240 SC kao pozitivna kontrola.

Ličinke krumpirove zlatice uronjene su u pripremljene otopine na pet sekundi i potom su stavljene u posudu s filter papirom na sušenje (slika 9. i 10.). Nakon sušenja prebačene su u petrijeve posudice s filter papirom, prethodno označene, te im je osigurana hrana i voda. Hrana je mijenjana svaki dan. Pokus je postavljen u sobnim uvjetima u pet ponavljanja, pri čemu je svako ponavljanje sadržavalo deset ličinki krumpirove zlatice, ukupno 50 ličinki po svakom tretmanu. Mortalitet je utvrđivan nakon: 24, 48 i 72 h (Durmusoglu i sur., 2003). Ličinke su pregledavane golim okom, a one mrtve su uklanjane iz petrijevih posudica.



Slika 9. i 10. Tretiranje krumpirove zlatice

(Izvor: Kovač, K., 2022.)



Želučani test toksičnosti primijenjen je prema metodi Wei-Hua i sur. (2012.). Listovi krumpira su uronjeni u pripremljene otopine svakog tretmana tijekom pet sekundi (slika 11.), a zatim su stavljeni u posudu s filter papirom na sušenje. Nakon sušenja prebačeni su u petrijeve posudice, koje su bile prethodno označene. Pokus se provodio u pet ponavljanja, a svako ponavljanje je uključivalo deset jedinki, što je rezultiralo ukupno 50 jedinki po svakom tretmanu. Mortalitet ličinki utvrđivan je nakon 24, 48 i 72 sata.



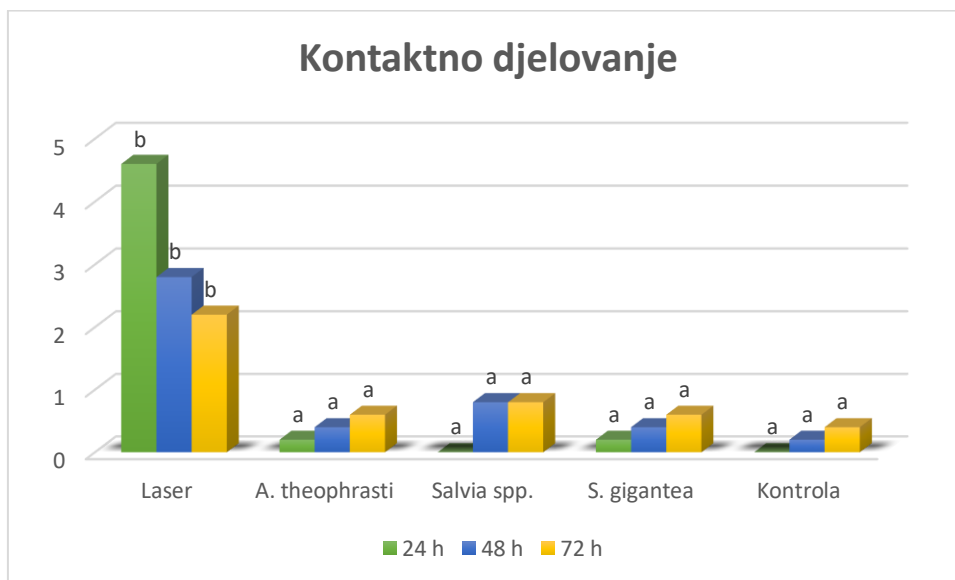
Slika 11. Tretiranje lista krumpira biljnim ekstraktom

(Izvor: Kovač, K., 2022.)

Svi prikupljeni podaci su analizirani u programu Statistica 14.0.0.15 (2020). Napravljena je analiza varijance (ANOVA), s jednim promjenljivim faktorom, a razlike između srednjih vrijednosti tretmana testirane su posthoc Fisher-ovim testom.

## 4. REZULTATI

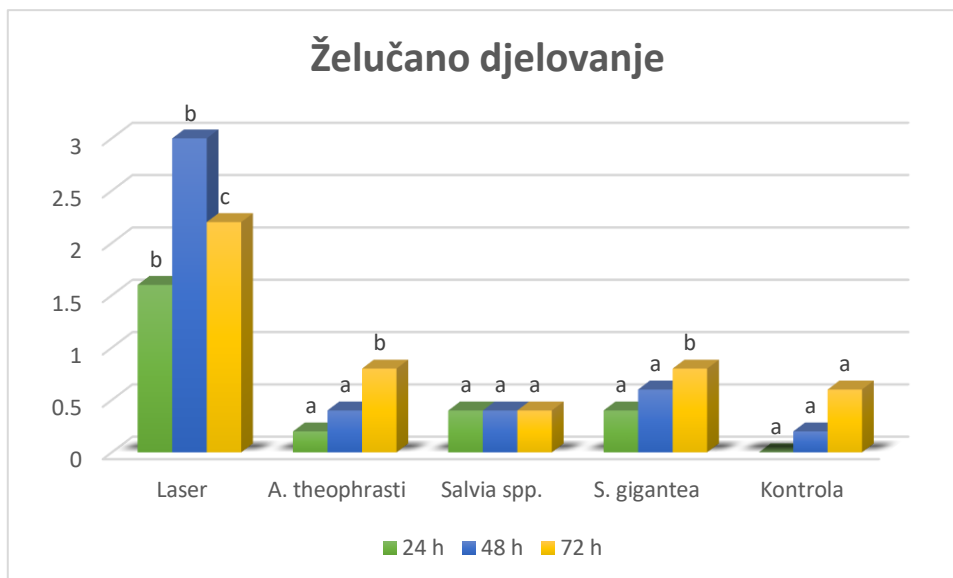
Kod ispitivanja kontaktnog djelovanja najučinkovitiji je bio tretman s kontrolom, Laserom te se i statistički značajno razlikovao u odnosu na ostale tretmane (Grafikon 1). Tijekom sva tri mjerenja (24, 48 i 72 sata) najučinkovitiji i statistički značajan bio je tretman s Laserom u odnosu na ostale ispitivane tretmane. Učinkovitost primijenjenih biljnih ekstrakata se povećavala nakon 24 sata dok je učinkovitost Lasera nakon 72 sata bila za 50% niža u odnosu na učinkovitost nakon 24 sata. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveću učinkovitost imala je kadulja i to nakon 48 sati međutim ona nije bila statistički značajna u odnosu na druga dva ispitivana biljna ekstrakta. Mortalitet ličinki krumpirove zlatice nije se statistički razlikovao u odnosu na kontrolu tijekom čitavog perioda praćenja.



Grafikon 1. Smrtnost ličinki krumpirove zlatice po danima tijekom kontaktnog tretmana

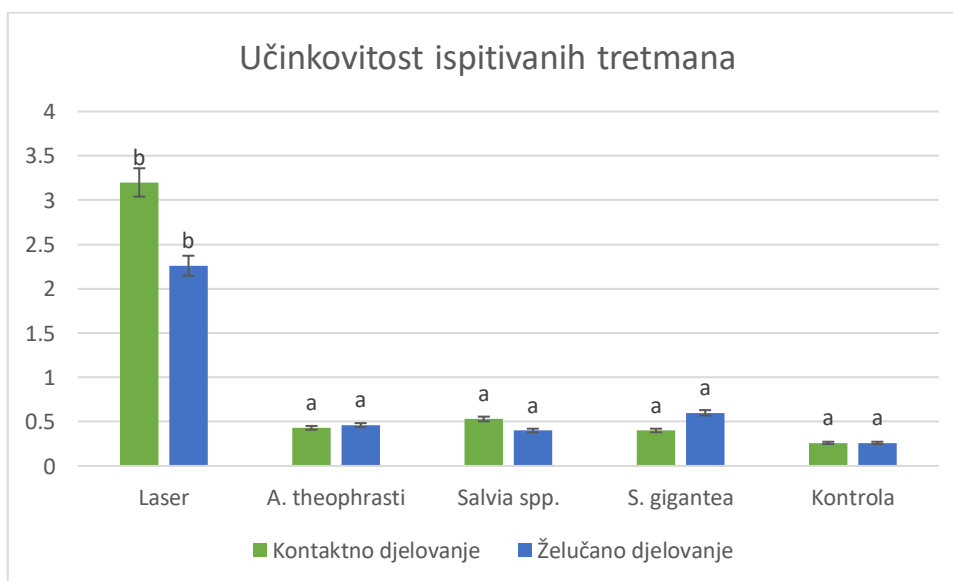
Kod ispitivanja želučanog djelovanja najučinkovitiji je bio ponovno tretman s Laserom te se i statistički značajno razlikovao u odnosu na ostale tretmane (Grafikon 2). Tijekom sva tri mjerenja (24, 48 i 72 sata) najučinkovitiji i statistički značajan bio je tretman s Laserom u odnosu na ostale ispitivane tretmane. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveća učinkovitost zabilježena je nakon 72 sata kod tretmana *A. theophrasti* i *S. gigantea*. Mortalitet kod navedena dva tretmana s biljnim ekstraktima nakon 72 sata se i statistički značajno razlikovao u odnosu na kontrolu.





Grafikon 2. Smrtnost ličinki krumpirove zlatice po danima tijekom oralnog tretmana

Grafikonom 3 prikazan je ukupan mortalitet ličinki tijekom pokusa kod kontaktnog i želučanog djelovanja, gdje se utvrdilo da je najveću učinkovitost imao tretman s Laserom koji je i statistički bio značajan u odnosu na ostale tretmane. *A. theophrasti* i *S. gigantea* pokazali su nešto bolje želučano djelovanje u odnosu na *Salvia spp.*, međutim analizom rezultata nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na kontrolu, dok je *Salvia spp.* pokazala veću učinkovitost kod kontaktnog djelovanja, ali ni ovi rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu i ostale biljne ekstrakte.



Grafikon 3. Ukupna smrtnost ispitivanih tretmana kod kontaktnog i želučanog djelovanja

## 5. RASPRAVA

Različite biljke su se koristile u istraživanjima, da bi se dokazalo djelovanje njihovih ekstrakata na štetnike. U istraživanju Moreau i sur. (2006.) ispitivao se utjecaj biljnih ekstrakata kapsacina, češnjaka, neem-a, *B. thuringiensis* i ekstrakt bora. su za suzbijanje krumpirovih zlatice. Zaključeno je da je jedino ekstrakt neema-a u koncentraciji 2% utjecao na smanjenje populacije, defolijacije i povećanje prinosa u odnosu na ostale ispitivane ekstrakte. U istraživanju Binas i sur. (2015.) korišteni su vodeni ekstrakti gdje je utvrđeno da samo visoka koncentracija ekstrakta pokazuje djelovanje na mortalitet 3. i 4. stadija krumpirove zlatice, dok kod alkoholnih ekstrakata i pri manjim koncentracijama možemo viditi djelovanje na ličinke 3. stadija krumpirove zlatice. Oba istraživanja ispitala su različite biljne ekstrakte u svrhu suzbijanja krumpirove zlatice, a u oba je slučaja primijećena različita učinkovitost ekstrakata. I u navedim istraživanjima i u našem istraživanju, ekstrakti su pokazali koncentracijsko ovisno djelovanje, s višim koncentracijama koje su često rezultirale boljim rezultatima u suzbijanju štetočina. Obje studije istraživale su utjecaj ekstrakata na različite stadije krumpirove zlatice, pri čemu se često pokazalo da su ličinke trećeg i četvrtog stadija osjetljivije na tretmane. Ovo istraživanje pokazuje prednost alkoholnih ekstrakata nad vodenim ekstraktima. Ovdje se postavlja pitanje bi li alkoholni umjesto vodenih ekstrakata bili učinkovitiji i u našem radu.

Kao i u našem radu i u drugim istraživanjima kao kod Alkan i sur. (2017.) biljni ekstrakti su postigli najveći mortalitet tek nakon 72 sata, dok nakon prva 24 sata mortalitet je minimalan. U ovom istraživanju možemo vidjeti da se uglavnom djelovanje postiže nakon više sati, a manje nakon prvih 24 sata, što vrijedi uglavnom za vodene ekstrakte i nakon oralne primjene i nakon kontaktne primjene. U istraživanju Nadasy i sur., (2018.) koristili su se vodeni ekstrakti teofrastovog mračnjaka odsvjeea i suea biljne mase kako bi se utvrdio utjecaj na klijavost kukuruza. Tretman sa suhom biljnom masom pokazao je inhibitorni učinak na klijavost kukuruza za 19,4%. Osim insekticidnog djelovanja, ekstrakti teofrastovog mračnjaka koristi se i u alelopatskim istraživanjima za inhibiciju klijavosti. Slično našem istraživanju, i u drugim studijama (kao što su Alkan i sur. 2017.), primijećeno je da biljni ekstrakti obično postižu veći mortalitet štetnika nakon nekoliko dana, a ne odmah nakon primjene. Ovo sugerira da se učinak ekstrakata postiže postupno i da je potrebno vrijeme za djelovanje. Važno je primijetiti da isti biljni ekstrakti mogu imati različite učinke ovisno o primjeni i cilju istraživanja. Na primjer, istraživanje Nadasy i sur. (2018.) fokusiralo

se na inhibiciju klijavosti kukuruza, dok vaše istraživanje istraživalo učinke na krumpirovu zlaticu. Različiti učinci mogu biti rezultat različitih koncentracija, pripreve ekstrakata i ciljeva istraživanja. Ekstrakti teofrastovog mračnjaka često se koriste u različite svrhe, uključujući insekticidno djelovanje i alelopatsko djelovanje na klijavost. Ovo ukazuje na kompleksnost biljnih ekstrakata i njihovu potencijalnu primjenu u različitim kontekstima. Kombinirajući saznanja iz različitih istraživanja, jasno je da biljni ekstrakti imaju potencijal za kontrolu štetnika i druge primjene, ali je također jasno da je njihovo djelovanje složeno i ovisi o mnogim čimbenicima. Stoga, daljnja istraživanja su ključna kako bi se razumjela njihova točna djelotvornost i kako bi se razvile pouzdanije metode za primjenu.

Bajalan i sur., (2013 .) ispitivali su utjecaj vodenog biljnog ekstrakta od lista i korijena zlatošipke na klijavost i rast mrkve, ječma, korijandera. Korištene su koncentracije od 1, 5 i 10%. Sve koncentracije pokazala su jak inhibitorški učinak na biljke. Zlatošipka osim u suzbijanju kukaca koristi se i u druge svrhe. U istraživanju Alam i sur. (2001.) objašnjavaju u kojim otapalima biljke najbolje estrahiraju svoje tvari. U istraživanju je korištena suha biljna masa kadulje. Od kadulje su pripremljeni vodeni biljni ekstrakti, ekstrakti od etanola i od metanola. Primjenom metanola kao otapala estrahiralo se 20% više fenolnih spojeva nego etanolom. U industriji više se koriste etanolski i vodeni ekstrakti zbog manje toksičnosti.

## 6. ZAKLJUČAK

Ispitivanje vodenih biljnih ekstrakata, uključujući teofrastov mračnjak, kadulju i zlatošipku, jasno je pokazalo da nisu pokazali visoku učinkovitost u suzbijanju krumpirove zlatice, bez obzira na način primjene, bilo da se radilo o kontaktnom ili oralnom tretmanu. No, rezultati primjene Lasera sugeriraju relativno dobar potencijal za suzbijanje ove štetne štetočine, posebno kod ličinki trećeg i četvrtog stadija nakon oralnog djelovanja. Ukupni postotak smrtnosti nakon primjene Lasera bio je znatno veći od postotka smrtnosti nakon primjene biljnih ekstrakata. Iako ispitani ekstrakti, poput zlatošipke i kadulje, nisu pokazali statistički značajne razlike u usporedbi s kontrolnom vodom, primjećujemo da su nešto bolji rezultati postignuti kod tretmana s zlatošipkom (oralno) i kaduljom (kontaktno). Najviši postotak smrtnosti uslijed oralne primjene postignut je tretmanom s zlatošipkom, što iznosi 0,60%, dok je primjenom kontaktnog djelovanja s kaduljom postignut postotak smrtnosti od 0,53%. Unatoč fokusu ovog istraživanja na ekološke alternative, rezultati ukazuju na to da ispitani biljni ekstrakti ne predstavljaju adekvatnu zamjenu za kemijske insekticide poput Lasera. Ovo naglašava potrebu za daljnjim istraživanjem i razvojem ekoloških tretmana koji će biti podjednako učinkoviti, ali s manjim ekološkim utjecajem. S obzirom na važnost očuvanja okoliša, ovakvi napori su od suštinskog značaja za dugoročno održivo rješenje za kontrolu štetočina u poljoprivredi.

## 7. LITERATURA

1. Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001.): Allelopathy and its role in agriculture Journal of Biological Sciences, 1(5):308-315.
2. Alkan, M., Gokçe, A., Kara, K. (2017.): Contact toxicity of six plant extracts to different larval stages of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). J. Agric, 23, 309 – 316.
3. Alyokhin, A.; Porter, G.; Groden, E.; Drummond, F. (2009.): Colorado potato beetle response to soil amendments : A case in support of the mineral balance hypothesis? Agric. Ecosyst. Environ. 109, 234 – 244.
4. Banken, J.A.; Stark, J.D. (1998.): Multiple routes of pesticide exposure and the risk of pesticides to biological controls: A study of neem and seven-spotted lady beetle (Coleoptera). J. Econ. Entomol. 91, 1-6.
5. Bajalan, I., Zand, M., Rezaee, S. (2013.): Allelopathic effects of aqueous extract from *Salvia officinalis* L. on seed germination of barley and purslane. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(7): 802-805
6. Bažok, R.; Čačija, M., Lemić, D., Virić Gašparić, H., Drmić, Z. (2017.): Rezistencija krumpirove zlatice na insekticide. Glasilo biljne zaštite, 17 (5): 460 – 468.
7. Bažok, R.; Đurek, L.; Barčić, J.L.; Čuljak, T.G. (2013.): Joint action of ecologically acceptable insecticides for the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). 30, 47 – 63.
8. Binias B., Gospodarek J. ( 2017.): Effect of water extract from chamomile on black bean aphid and Colorado potato beetle. J. Ecol. Eng., 18 (3), 118 – 124.
9. Bisio, A., Corallo, A., Gastaldo, P., Romussi, G., Ciarallo, G., Fontana, N., Profumo, P. (1999.): Glandular Hairs and Secreted Material in *Salvia blepharophylla* Brandege ex Epling Grown in Italy. Annals of Botany 83(4):441-452.
10. Capinera L., (2001.): This work provides identification guides, descriptions of pest life history, and pest management recommendations. Illustrated with line drawings, it also includes color plates for insect pest identification.
11. Durmusoglu, E., Karsavuran, Y., Ozgen, L., Guncan, A. (2003.): Effects of two different neem products on different stages of *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera Pentatomidae) Journal of Pest Science, 76:151 – 154.

12. Ebadollahi, A.; Geranmayeh, J.; Karmani, M. (2017.): Colorado potato beetle (*Leptinotrasa decemlineata* Say) control potential of essential oil isolated from Iranian *Cymbopogon citratus*. , 23, 235 – 238.
13. Elisovetcaia, D., Ivanova, R., Šimkova, J., Brindza, J. (2021.): Biological Effects of Alginite on Tomato Plants (*Lycopersicon esculentum*) and Some Insects (*Leptinotarsa decemlineata*, *Galleria mellonella* and *Halyomorpha halys*). *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 5(2): 339-347.
14. Ferro, DN (1985.): Biološka kontrola krumpirove zlatice. 11, 357- 375.
15. Kantoci, D. (2007.). Štetnici i bolesti krumpira. *Glasnik zaštite bilja*, 30(3), 29-32.
16. Katoić Balaško, M., Mikac., Bažok, R., Lemic, D. (2020.): Modern techniques in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) control and resistance management: history review and future perspectives. *Insects*, 11(9), 581.
17. Čačija, M., Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Bažok, R. (2019.): Praćenje rezistencije štetnika. *Glasilo biljne zaštite*, 17 (5): 439- 445.
18. Gödel, B.; Lemic, D.; Bažok, R. (2020): Alternatives to Synthetic Insecticides in the Control of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and Their Environmental Benefits. *Agriculture*. 10, 611.
19. Maceljiski, M (2002.): Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec.
20. Maceljiski, M. (1967.): Pojava rezistencije Krumpirove zlatice (*Leptinotrasa decemlineata* Say) u Jugoslaviji. *Agronomski glasnik*, 27(10); 891 – 900.
21. McMullen JG 2nd, Stock SP. In vivo and in vitro rearing of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae). *J Vis Exp*. 2014 Sep 22;(91):52096.
22. Moreau, T.L., Warman, P.R., Hoyle, J. (2006.): An evaluation of companion planting and biotechnical extracts as alternative pest controls for the Colorado potato beetle. *Biological agriculture & horticulture*, 23(4): 351-370
23. Nada Hulina, (1998.): Korovi, Zagreb: Školska knjiga.
24. Nadas, E., Pasztor, G., Beres, I., Szilagy, G.(2018.): Alleopathic effects of *Abutilon theophrasti*, *Asclepias syriaca* and *Panicum ruderales* on maize. U: *Proceedings of German Conference on Weed Biology and Weed control*, Braunschweig Germany, 454-458.
25. Norsworthy, J. K. (2003.): Alleopathic Potential of Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) 1. *Weed Tehnology*, 17(2), 307 – 313.

26. Pavela R. (2016.): History, Presence and Perspective of Using Plant Extracts as Commercial Botanical Insecticides and Farm Products for Protection against Insects. *Plant Protection Science*, 52(4): 229 – 241.
27. Pintar, M., Šimala, M. i Masten Milek, T. (2016.): Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) manje važan štetnik rajčice. *Glasilo biljne zaštite*, 16 (5), 467-470.
28. Rusin M., Gospodarek J., Binias B. (2015.): The effect of water extracts from *Artemisia abinthium* L. on feeding of *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Larvae. J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 60(4), 80 – 83.
29. Rusin M., Gospodarek J., Binias B. (2016.): The effect of water extract from wild thyme on Colorado potato beetle feeding. *J. Ecol. Eng.*, 17(4), 197 – 202.
30. Rusin, E., Gospodarek, J. (2018.) The effect of water extracts from *Origanum vulgare* L. on feeding of *Leptinotarsa decemlineata* Say
31. Sablon, L.; Haubruge, E.; Verheggen, F.J. (2013.): Consumption of immature stages of Colorado potato beetle by *Chrysoperla carnea* (Neuroptera) Larvae in the laboratory. 90, 51 – 57.
32. Scott, I.M.; Jensen, H.R.; Philogene, B. J.; Arnason, J.T. (2003.): A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochem. Rev.*7, 65.
33. Shen, T., Chen, X. M., Harder, B., Long, M., Wang, X. N., Lou, H. X., Zhang, D. D. (2014.): Plant extracts of the family Lauraceae: a potential resource for chemopreventive agents that activate the nuclear factor-erythroid 2-related factor 2/antioxidant response element pathway. *Planta medica*, 80(05), 426-434.
34. Stanković S., Jelušić A., Iličić R., Kosovac A., Poštić D., Popović T. (2012.): Occurrence and Identification of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* and *Dickeya dianthicola* Causing Blackleg in some Potato Fields in Serbia. *Plant Dis.* 105:1080–1090.
35. Toni Nikolić, Božena Mitić, Igor Boršić, (2014.), *Flora Hrvatske: invazivne biljke*, Zagreb: Alfa
36. Wang, S., i Zhou, D. W. (2023.). Morphological plasticity of *Abutilon theophrasti* (Malvaceae) reveals its variable growth strategies in dealing with complex biotic environmental factors. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3290959/v1>
37. Weber, D.C.; Rowley, D. L.; Greenstone, M.H.; Athanas, M.M. ( 2006.): Prey preference and host suitability of the predatory and parasitoid carabid beetle, *Lebia grandis*, for several species of *Leptinotarsa* beetles. *J. Insect Sci.* 2006, 6, 14 – 27.

38. Webster J.M. (1972): Nematodes and Biological control. Nematode Parasites of Insect Pests. Economic nematology, London, 483-492.
39. Wei-Hua, J., Wei-Ping, Lu., Wen-Chao, G., Zhen-Han, X., Wen-Jun, F., Guo-Qing, L. (2012.): Chlorantraniliprole Susceptibility in *Leptinotarsa decemlineata* in the North Xinjiang Uygur Autonomous Region in China, Journal of Economic Entomology, 105 (2): 549–554.
40. Werker, E. (1993.): Function of essential oil secreting glandular hairs in aromatic plants of Lamiaceae – a review. Flavour and Fragrance Journal 8(5): 249-255. Wester, P., Classen-Bockhoff, R. (2007.): Floral diversity and pollen transfer mechanisms in bird-pollinated *Salvia* species. Annals of Botany 100(2): 401-421.

#### **Izvori s interneta:**

- <https://hirc.botanic.hr/fcd/DetaljiFrame.aspx?IdVrste=10291> (datum pristupa: 28.9. 2023.)
- Slika 2. <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/prirodno-suzbijanje-krumpirove-zlatice/24576/> (datum pristupa: 10.7.2023.)
- Slika 3. <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/prirodno-suzbijanje-krumpirove-zlatice/24576/> (datum pristupa: 10.7.2023.)
- Slika 5. Širenje krumpirove zlatice Europom (Katoić Balaško, i sur., 2020.)
- Slika 8. <https://www.plantea.com.hr/kadulja/> (datum pristupa: 9.9.2023.)
- Tablica 1. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.30380> (datum pristupa: 28.9. 2023.)



## 8. SAŽETAK

Krumpirova zlatica, (*Leptinotarsa decemlineata*), jedan je od najvećih štetnika na usjevima kao što su krumpir i rajčica. U današnje vrijeme sve veća je potreba za korištenjem metoda bez upotrebe pesticida u suzbijanju i kontroli štetnika kao što je krumpirova zlatica. Korištenje kemijskih insekticida može imati štetne učinke na okoliš, uključujući one na tlo, vodu, i divlje životinje. Ekološki prihvatljive metode omogućuju kontrolu štetočina uz manji ekološki trag. Kemijski insekticidi često sadrže toksične tvari koje mogu negativno utjecati na zdravlje ljudi koji su izloženi tim kemikalijama. Ekološki prihvatljivi tretmani smanjuju takav rizik. Cilj istraživanja bio je utvrditi toksičnost vodenih biljnih ekstrakata na različite stadije krumpirove zlatice. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveću učinkovitost imala je kadulja i to nakon 48 sati međutim ona nije bila statistički značajna u odnosu na druga dva ispitivana biljna ekstrakta. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveća učinkovitost zabilježena je nakon 72 sata kod tretmana *A. theophrasti* i *S. gigantea*. Mortalitet kod navedena dva tretmana s biljnim ekstraktima nakon 72 sata se i statistički značajno razlikovao u odnosu na kontrolu. *A. theophrasti* i *S. gigantea* pokazali su nešto bolje želučano djelovanje u odnosu na *Salvia spp.*, međutim analizom rezultata nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na kontrolu, dok je *Salvia spp.* pokazala veću učinkovitost kod kontaktnog djelovanja, ali ni ovi rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu i ostale biljne ekstrakte. Najviši postotak smrtnosti uslijed oralne primjene postignut je tretmanom s zlatošipkom, što iznosi 0,60%, dok je primjenom kontaktnog djelovanja s kaduljom postignut postotak smrtnosti od 0,53%. Unatoč fokusu ovog istraživanja na ekološke alternative, rezultati ukazuju na to da ispitani biljni ekstrakti ne predstavljaju adekvatnu zamjenu za kemijske insekticide poput Lasera. Ovo naglašava potrebu za daljnjim istraživanjem i razvojem ekoloških tretmana koji će biti podjednako učinkoviti, ali s manjim ekološkim utjecajem.

**Ključne riječi:** biljni ekstrakti, krumpirova zlatica, pesticid

## 9. SUMMARY

The Colorado beetle, (*Leptinotarsa decemlineata*), is one of the biggest pests of crops such as potatoes and tomatoes. Nowadays, there is a growing need to use methods without the use of pesticides in the suppression and control of pests such as potato blight. The use of chemical insecticides can have adverse effects on the environment, including those on soil, water, and wildlife. Environmentally acceptable methods enable pest control with a smaller ecological footprint. Chemical insecticides often contain toxic substances that can adversely affect the health of people who are exposed to these chemicals. Ecologically acceptable treatments reduce such risk. The aim of the research was to determine the toxicity of aqueous plant extracts on different stages of potato blight. Of the tested plant extracts, sage had the highest effectiveness after 48 hours, however, it was not statistically significant compared to the other two tested plant extracts. Of the examined plant extracts, the highest efficiency was recorded after 72 hours in the treatment of *A. theophrasti* and *S. gigantea*. Mortality in the mentioned two treatments with plant extracts after 72 hours was statistically significantly different compared to the control. *A. theophrasti* and *S. gigantea* showed slightly better gastric action compared to *Salvia* spp., however, the analysis of the results did not establish a statistically significant difference compared to the control, while *Salvia* spp. showed greater effectiveness in contact action, but these results were not showed statistically significant differences compared to the control and other plant extracts. The highest percentage of mortality due to oral administration was achieved with treatment with goldenrod, which is 0.60%, while the mortality percentage of 0.53% was achieved with the application of contact action with sage. Despite the focus of this research on ecological alternatives, the results indicate that the examined plant extracts do not represent an adequate substitute for chemical insecticides such as Laser. This highlights the need for further research and development of ecological treatments that will be equally effective, but with a lower ecological impact.

**Key words:** plant extracts, potato starch, pesticide

## **10. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Smrtnost ličinki krumpirove zlatice po danima tijekom kontaktnog tretmana

Grafikon 2. Smrtnost ličinki krumpirove zlatice po danima tijekom oralnog tretmana

Grafikon 3. Ukupna smrtnost ispitivanih tretmana kod kontaktnog i želučanog djelovanja

## **11. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Taksonomska pripadnost krumpirove zlatice

## **12. POPIS SLIKA**

Slika 1. Krumpirova zlatica

Slika 2. Jaja krumpirove zlatice

Slika 3. Ličinka krumpirove zlatice

Slika 4. Krumpirova zlatica (Izvor : Sarajlić, A., 2022.)

Slika 5. Širenje krumpirove zlatice Europom

Slika 6. Teofrastov

Slika 7. Zlatošipka (Izvor : Sarajlić, A., 2022.)

Slika 8. Kadulja

Slika 9. Stavljanje lista krumpira u petrijeve zdjelice

Slika 10. Tretiranje Krumpirovih zlatica ekstraktima, vodom i laserom

Slika 11. Tretiranje lista krumpira ekstraktima

**Toksičnost biljnih ekstrakata na različite razvojne stadije krumpirove zlatice, *Leptinotarsa decemlineata*, Say**  
**Katarina Kovač**

**Sažetak:**

Krumpirova zlatica, (*Leptinotarsa decemlineata*), jedan je od najvećih štetnika na usjevima kao što su krumpir i rajčica. U današnje vrijeme sve veća je potreba za korištenjem metoda bez upotrebe pesticida u suzbijanju i kontroli štetnika kao što je krumpirova zlatica. Korištenje kemijskih insekticida može imati štetne učinke na okoliš, uključujući one na tlo, vodu, i divlje životinje. Ekološki prihvatljive metode omogućuju kontrolu štetočina uz manji ekološki trag. Kemijski insekticidi često sadrže toksične tvari koje mogu negativno utjecati na zdravlje ljudi koji su izloženi tim kemikalijama. Ekološki prihvatljivi tretmani smanjuju takav rizik. Cilj istraživanja bio je utvrditi toksičnost vodenih biljnih ekstrakata na različite stadije krumpirove zlatice. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveću učinkovitost imala je kadulja i to nakon 48 sati međutim ona nije bila statistički značajna u odnosu na druga dva ispitivana biljna ekstrakta. Od ispitivanih biljnih ekstrakata najveća učinkovitost zabilježena je nakon 72 sata kod tretmana *A. theophrasti* i *S. gigantea*. Mortalitet kod navedena dva tretmana s biljnim ekstraktima nakon 72 sata se i statistički značajno razlikovao u odnosu na kontrolu. *A. theophrasti* i *S. gigantea* pokazali su nešto bolje želučano djelovanje u odnosu na *Salvia spp.*, međutim analizom rezultata nije utvrđena statistički značajna razlika u odnosu na kontrolu, dok je *Salvia spp.* pokazala veću učinkovitost kod kontaktnog djelovanja, ali ni ovi rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike u odnosu na kontrolu i ostale biljne ekstrakte. Najviši postotak smrtnosti uslijed oralne primjene postignut je tretmanom s zlatošipkom, što iznosi 0,60%, dok je primjenom kontaktnog djelovanja s kaduljom postignut postotak smrtnosti od 0,53%. Unatoč fokusu ovog istraživanja na ekološke alternative, rezultati ukazuju na to da ispitani biljni ekstrakti ne predstavljaju adekvatnu zamjenu za kemijske insekticide poput Lasera. Ovo naglašava potrebu za daljnjim istraživanjem i razvojem ekoloških tretmana koji će biti podjednako učinkoviti, ali s manjim ekološkim utjecajem.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić

**Broj stranica:** 31

**Broj slika i grafikona:** 13

**Broj tablica:** 1

**Broj literaturnih navoda :** 40

**Broj priloga:** /

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi :** Biljni ekstrakti, krumpirova zlatica, pesticid

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo u obrani:**

1. prof. dr. sc. Ivana Majić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić, mentor
3. doc. dr. sc. Marija Ravlić, član

**Rad je pohranjen u:** u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, Course Plant Protection**

**Graduate thesis**

**Toxicity of plant extracts to different stages of colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say)**  
**Katarina Kovač**

**Summary:**

The Colorado beetle, (*Leptinotarsa decemlineata*), is one of the biggest pests of crops such as potatoes and tomatoes. Nowadays, there is a growing need to use methods without the use of pesticides in the suppression and control of pests such as potato blight. The use of chemical insecticides can have adverse effects on the environment, including those on soil, water, and wildlife. Environmentally acceptable methods enable pest control with a smaller ecological footprint. Chemical insecticides often contain toxic substances that can adversely affect the health of people who are exposed to these chemicals. Ecologically acceptable treatments reduce such risk. The aim of the research was to determine the toxicity of aqueous plant extracts on different stages of potato blight. Of the tested plant extracts, sage had the highest effectiveness after 48 hours, however, it was not statistically significant compared to the other two tested plant extracts. Of the examined plant extracts, the highest efficiency was recorded after 72 hours in the treatment of *A. theophrasti* and *S. gigantea*. Mortality in the mentioned two treatments with plant extracts after 72 hours was statistically significantly different compared to the control. *A. theophrasti* and *S. gigantea* showed slightly better gastric action compared to *Salvia spp.*, however, the analysis of the results did not establish a statistically significant difference compared to the control, while *Salvia spp.* showed greater effectiveness in contact action, but these results were not shown statistically significant differences compared to the control and other plant extracts. The highest percentage of mortality due to oral administration was achieved with treatment with goldenrod, which is 0.60%, while the mortality percentage of 0.53% was achieved with the application of contact action with sage. Despite the focus of this research on ecological alternatives, the results indicate that the examined plant extracts do not represent an adequate substitute for chemical insecticides such as Laser. This highlights the need for further research and development of ecological treatments that will be equally effective, but with a lower ecological impact.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić

**Number of pages:** 31

**Number of figures:** 13

**Number of tables:** 1

**Number of references:** 40

**Number of appendices:** /

**Original in:** Croatian

**Key words:** plant extract, colorado beetle

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. prof. dr. sc. Ivana Majić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Ankica Sarajlić, mentor
3. doc. dr. sc. Marija Ravlić, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Science Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek