

# Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj

---

Šutić, Anamaria

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:204:263142>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger  
1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj**

DIPLOMSKI RAD

Anamaria Šutić

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Fitomedicina

## **Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj**

DIPLOMSKI RAD

Anamaria Šutić

Mentor:

prof. dr. sc. Renata Bažok

Zagreb, rujan, 2020.



Sveučilište u Zagrebu  
Agronomski fakultet

University of Zagreb  
Faculty of Agriculture



## IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Anamaria Šutić**, JMBAG 0178106633, rođena 25.4.1996. u Makarskoj, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica autor 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 Anamarie Šutić, JMBAG 0178106633, naslova

**Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. Prof. dr. sc. Renata Bažok mentor

\_\_\_\_\_

2. Doc. dr. sc. Darija Lemić član

\_\_\_\_\_

3. Prof. dr. sc. Milan Pospišil član

\_\_\_\_\_

## **Zahvala**

Od srca zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Renati Bažok na stručnom vodstvu i pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada. Veliko hvala asistentici mag. ing. agr. Martini Kadoić Balaško koja me je s puno razumijevanja, strpljenja i topline usmjeravala i savjetovala tijekom izrade ovog rada.

Hvala svim mojim prijateljima koji su uvijek bili uz mene i bez kojih studiranje ne bi bilo lijepo kao što je bilo.

Najveće hvala tati i sestrama Antoniji, Erniti i Luciji te ostatku obitelji na ljubavi i podršci.

## Sadržaj

|        |                                                              |    |
|--------|--------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Uvod .....                                                   | 1  |
| 2.     | Cilj rada.....                                               | 2  |
| 3.     | Pregled literature .....                                     | 3  |
| 3.1.   | Šećerna repa.....                                            | 3  |
| 3.1.1. | Sistematika i morfologija.....                               | 3  |
| 3.1.2. | Gospodarska važnost .....                                    | 5  |
| 3.1.3. | Agrotehnika .....                                            | 5  |
| 3.1.4. | Najvažniji štetnici šećerne repe .....                       | 6  |
| 3.2.   | Repin buhač ( <i>Chaetocnema tibialis</i> Illiger 1807)..... | 8  |
| 3.2.1. | Rasprostranjenost .....                                      | 8  |
| 3.2.2. | Sistematika i morfologija.....                               | 8  |
| 3.2.3. | Životni ciklus.....                                          | 9  |
| 3.2.4. | Štete i suzbijanje .....                                     | 9  |
| 3.3.   | Rezistentnost štetnika na insekticide.....                   | 11 |
| 3.3.1. | Definicija rezistentnosti i njezin nastanak.....             | 11 |
| 3.3.2. | Čimbenici koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti ..... | 12 |
| 3.3.3. | Strategije upravljanja rezistentnošću.....                   | 14 |
| 4.     | Materijali i metode rada .....                               | 16 |
| 4.1.   | Opis korištenih pripravaka .....                             | 16 |
| 4.2.   | Opis pokusa .....                                            | 18 |
| 4.3.   | Provedba pokusa .....                                        | 19 |
| 4.4.   | Očitavanja pokusa i statistička analiza podataka .....       | 22 |
| 5.     | Rezultati rada .....                                         | 24 |
| 6.     | Rasprava .....                                               | 27 |
| 7.     | Zaključci .....                                              | 30 |

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Popis literature..... | 31 |
| Životopis .....       | 35 |



## Sažetak

Diplomskog rada studentice Anamarie Šutić, naslova

### **Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) na insekticide u Republici Hrvatskoj**

Šećerna repa jedna je od važnijih kultura na svijetu. Godišnje se na svjetskoj razini proizvede 277 milijuna tona. Tijekom vegetacije šećerna repa je izložena napadu velikog broja štetnika koji se moraju suzbijati da bi se osigurali visoki prinosi. Jedan od važnijih štetnika je repin buhač (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807). On je štetnik ranog porasta šećerne repe. Suzbijanje buhača uspješno je provedeno sjetvom sjemena tretiranog sistemskim insekticidima iz skupine neonikotinoida. Od 2018. godine primjena neonikotinoida je zabranjena pa je za očekivati da će se buhači morati suzbijati folijarnim insekticidima za koje postoji sumnja na razvoj rezistentnosti. Pojava rezistentnosti može imati ozbiljne posljedice za proizvodnju. Stoga je poznavanje statusa osjetljivosti štetnika na insekticide neophodno da bi se mogle izbjeći ili ublažiti negativne posljedice koje pojava rezistentnosti može izazvati. Cilj ovog rada bio je utvrditi učinkovitost organofosfornih insekticida, piretroida i neonikotinoida na mortalitet odraslog razvojnog stadija repinog buhača sa šest lokaliteta u području intenzivnog uzgoja šećerne repe u Hrvatskoj. Za potrebe provedbe pokusa provedeno je tretiranje praznih staklenih bočica u koje su nakon tretiranja i sušenja ispušteni buhači. U očitavanju je utvrđivan broj mrtvih i živih kukaca. Klasifikacija rezultata provedena je temeljem utvrđenih mortaliteta, a populacije su razvrstane kao visoko osjetljive, osjetljive, umjereno rezistentne, rezistentne i visoko rezistentne. Sve su testirane populacije repina buhača bile visoko osjetljive na primjenu klorpirifosa. Na primjenu lambda-cihalotrina rezistentne su bile tri populacije, a tri populacije pokazale su umjerenu rezistentnost. Na primjenu tiakloprida sve populacije pokazale su visoku rezistentnost. Ostvareni rezultati ukazuju da je repin buhač počeo razvijati rezistentnost na piretroide, a jedino su piretroidi trenutno u Hrvatskoj dozvoljeni za njegovo folijarno suzbijanje. Stoga je nužno iznaći nove načine suzbijanja repina buhača koji uključuju uvođenje novih insekticida, ali i novih metoda suzbijanja. U suprotnom bi štete od buhača mogle postati ograničavajući čimbenik u proizvodnji šećerne repe.

**Ključne riječi:** insekticidi, repin buhač, rezistentnost, suzbijanje štetnika, šećerna repa

## Summary

Of the master's thesis – student Anamaria Šutić, entitled

### **Susceptibility of sugar beet flea beetle (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807) to insecticides in the Republic Croatia**

Sugar beet is one of the most important crops in the world. Annually, 277 million tons of sugar beets are produced worldwide. During the period of vegetation, sugar beet is exposed to a large number of pests that must be controlled to ensure high yields. One of the most important pests is sugar beet flea beetle (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807). Sugar beet flea beetle is a pest in the early growth stage of sugar beet. Control of flea beetle was successfully carried out by sowing seeds treated with systemic insecticides from the group of neonicotinoids. As of 2018, the use of neonicotinoids is prohibited, therefore it is expected that flea beetle will have to be controlled with foliar insecticides for which there is a suspicion of resistance development. The appearance of resistance can have serious consequences for production. Therefore, knowledge of pest susceptibility status to insecticides is necessary in order to avoid or mitigate the negative consequences that the appearance of resistance may cause. The aim of this study was to determine the effectiveness of organophosphorus insecticides, pyrethroids and neonicotinoids on the mortality in adult developmental stage of flea beetle within six localities in the area of intensive sugar beet cultivation in Croatia. For the purposes of the experiment, empty glass vials were treated in which flea beetles were discharged after treatment and drying. The number of dead or dying insects was determined in the reading. The classification of results was carried out on the basis of determined mortality, and populations were classified as highly sensitive, sensitive, moderately resistant, resistant, and highly resistant. All tested populations of sugar beet flea beetle were highly sensitive to the use of chlorpyrifos. Three populations were resistant to the use of lambda-cyhalothrin, and three populations showed moderate resistance. All populations showed high resistance to thiacloprid. The achieved results indicate that sugar beet flea beetle has started to develop resistance to pyrethroids, and only pyrethroids are currently allowed in the Republic of Croatia for its foliar control. Therefore, it is necessary to find new ways to control sugar beet flea beetle, which include the introduction of new insecticides, but also new methods of control. Otherwise, damage from sugar beet flea beetle could become a limiting factor in sugar beet production.

**Keywords:** insecticides, sugar beet flea beetle, resistance, pest control, sugar beet

## 1. Uvod

Šećerna repa najvažnija je industrijska biljka u našoj zemlji. Najvažniji proizvod šećerne repe je šećer (disaharid saharoza), koji je bogat izvor kalorija i vrlo lako probavljiv. Šećerna repa ima veliku agrotehničku važnost. Ona pripada skupini okopavina s intenzivnom obradom, gnojidbom i negom, pa tlo ostavlja u dobrom stanju i čisto od korova. Zbog toga se cijeni kao izvrstan predusjev za većinu ratarskih kultura, osobito za strne žitarice (Venc i Hrgović, 2001).

Tijekom vegetacije šećerna repa je izložena napadu velikog broja štetnika koji se moraju suzbijati da bi se osigurali visoki prinosi te visoko dohodovne kulture. Fauna štetnih kukaca ovisi o kratkotrajnim i dugotrajnim promjenama koje su posljedica raznih biotskih i abiotskih čimbenika. Kao važniji čimbenici mogu se izdvojiti klimatski uvjeti i djelovanje čovjeka primjenom agrotehničkih mjera. To često smanjuje pojavu nekih vrsta, ali povećava pojavu nekih drugih štetnih vrsta (Bažok i sur., 2012).

Repin buhač (*Chaetocnema tibiialis* Illiger 1807) važan je štetnik šećerne repe. Hrani se šećernom i stočnom repom, ciklom, blitvom te nekim korovima iz porodice Chenopodiaceae. U poniku repe izgrizaju kotiledone i prvo pravo lišće, a katkad mogu pregristi i mladu biljku (Maceljski, 2002).

Suzbijanje buhača uspješno je provedeno sjetvom sjemena tretiranog sistemskim insekticidima iz skupine neonikotinoida. Od 2018. godine primjena neonikotinoida je zabranjena pa je za očekivati da će se buhači morati suzbijati folijarnim insekticidima za koje postoji sumnja na razvoj rezistentnosti.

Pojava rezistentnosti može se opisati postupnim porastom otpornosti jedne populacije štetnika na insekticid koji se koristi za suzbijanje tog štetnika. Ona se očituje kao gubitak učinkovitosti jednog isprva učinkovitog insekticida (Maceljski i sur., 2004). Pojava rezistentnih sojeva štetnika u poljoprivredi ima vrlo ozbiljne posljedice. Ona ugrožava prodaju i plasman pojedinog insekticida pa tako ugrožava poslovne uspjehe kompanija koje se bave njihovom proizvodnjom i plasmanom. Poljoprivredni proizvođači zbog smanjene učinkovitosti insekticida ne uspijevaju zaštititi poljoprivredne kulture od pojedinih štetnih vrsta te trpe gubitke ili su pak prisiljeni primjenjivati skuplje insekticide (Bažok i Lemić, 2017).

Pojava rezistentnosti može imati ozbiljne posljedice za proizvodnju. Stoga je poznavanje statusa osjetljivosti štetnika na insekticide neophodno da bi se mogle izbjeći ili ublažiti negativne posljedice koje pojava rezistentnosti može izazvati. Populacije štetnika s različitih lokaliteta mogu biti različito osjetljive na iste insekticide.

## **2. Cilj rada**

Cilj rada bio je utvrditi učinkovitost organofosfornih insekticida, piretroida i neonikotinoida na mortalitet odraslog razvojnog stadija repina buhača sa šest lokaliteta u području intenzivnog uzgoja šećerne repe u Hrvatskoj.

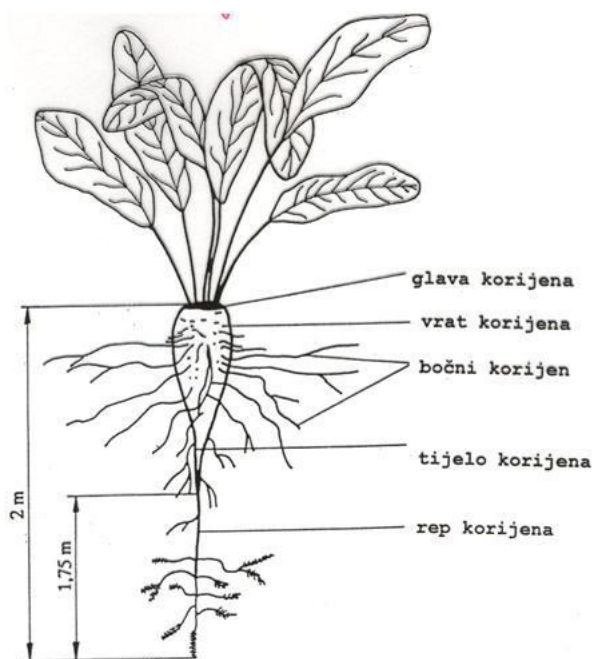
### 3. Pregled literature

#### 3.1. Šećerna repa

##### 3.1.1. Sistematika i morfologija

Šećerna repa (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris altissima* Döll) industrijska je biljka iz porodice loboda – *Chenopodiaceae* i pripada rodu *Beta* u koje još pripadaju cikla i stočna repa. Njena karakteristika je da je dvogodišnja biljka, što znači da u prvoj godini stvara zadebljali korijen i list, a u drugoj godini stabljiku i plod. Upravo taj zadebljali korijen (slika 3.1.) u kojem se nakuplja saharoza i čijom se preradom dobiva bijeli konzumni šećer jest razlog velike proizvodnje ove kulture u Europi i svijetu (Pospíšil, 2013).

Korijen šećerne repe sastoji se od četiri dijela: glava, vrat, tijelo i rep. Glava je vršni dio korijena iz kojeg izlazi lišće i sadrži najmanje nakupljenog šećera, a puno nešećera pa je poželjno da bude što kraća. Vrat je najdeblji dio korijena i nalazi se između glave i tijela. Obzirom da je tu korijen najdeblji, vrat predstavlja oko 20 % korijena. Na njemu nema listova niti bočnog korijenja. Tijelo je najveći i najvažniji dio korijena jer se u njemu nakuplja najviše saharoze. Počinje od mjesta gdje se pojavljuje brazdica i bočni korjenčići i završava gdje se korijen stanjuje na oko 1 cm promjera. Rep korijena je najdonji dio korijena koji prelazi u razgranati sustav korjenovih žila koje prodiru do 2 metra duboko. Iz tog je razloga vrlo važan za korijen jer vuče vodu iz dubljih slojeva tla.



Slika 3.1. Dijelovi korijena šećerne repe

Izvor: Pastović, 2017.

Šećerna repa (slika 3.2.) je dvosupna biljka, niče s dva listića supki. One odmah ozelene i obavljaju funkciju fotosinteze. Supke su izduženo ovalnog oblika. Pojavom trećeg para listova supke gube funkciju, suše se i otpadaju. Iz vegetativnog vrha smještenog između

supki pojavljuje se prvi par listova. Svi listovi na rozeti pojavljuju se u parovima, svaka 2 – 3 dana po jedan novi list. Veliki značaj u proizvodnji ima brzina formiranja listova i fotosintetska površina prvih nekoliko pari listova. Ukoliko su ti listovi jače razvijeni i imaju veću površinu, prinos će biti veći. Pravi list šećerne repe sastoji se od peteljke i plojke. Peteljka je zadebljana, na presjeku je trokutastog oblika. Plojka je ovalnog do srcolikog oblika i na njoj se nalaze rebra. Površina plojke je ravna, više ili manje naborana, a vrh plojke je ovalan ili neznatno zašiljen što je karakteristika sorte (Pospišil, 2013).

Stabljika se razvija u drugoj godini vegetacije iz pupova u osnovi lista na glavi korijena. Pupova ima puno, ali najčešće jedan daje stabljiku i to središnji pup. Stabljika je visoka 1,5 – 1,8 m. Rebrasta je, a između rebara užlijebljena. Stabljika se grana na grane prvog, drugog i trećeg reda. Prema tome ima grmolik izgled i složen cvat. Šećerna repa već u prvoj godini može formirati cvatnu stabljiku. Takve biljke nazivamo proraslice koje treba odstraniti iz usjeva. One daju lakši korijen s nižim sadržajem šećera, a više celuloze što otežava preradu repe (Pospišil, 2013).

Cvjetovi se razvijaju na glavnoj stabljici i postranim granama u pazuhu listova i na vrhovima. Cvijet se sastoji od pet lapova, pet prašnika i jednog tučka. Cvjetovi mogu srasti pa se nakon oplodnje formira plod kvržica. Kultivari s genetski jednokličnim sjemenom imaju pojedinačne cvjetove i kasnije takve plodove (Gagro, 1998).

Plod šećerne repe naziva se orašac, može biti jednostavan ili složen (nastao od više cvjetova). Danas je u proizvodnji šećerna repa s jednostavnim plodom što znači da se u plodu razvila samo jedna sjemenka (jednoklično sjeme). Složeni plod sadrži 2 – 3 ili više sjemenki sraslih u „klupko“ (višeklično sjeme). Na presjeku ploda razlikuju se tkivo ploda, sasušeni i odrvenjeli listići ocvijeća te sitno okruglasto sjeme (Pospišil, 2013).



Slika 3.2. Šećerna repa

Izvor: Agrokлуб, 2020

### 3.1.2. Gospodarska važnost

Šećerna repa proizvodi se zbog zadebljalog korijena koji u svježoj tvari sadrži 14 – 20 % šećera. Iz šećerne repe se dobiva oko 16 % svjetske proizvodnje šećera. U prosjeku šećerna repa sadrži oko 75 % vode, 16 – 18 % šećera, 5 – 6 % celuloze i 2 – 3 % ostalih tvari, uključujući i minerale. Oko 90 % od sadržaja šećera preradi se u bijeli šećer. Ostatak čini melasa koja se koristi u proizvodnji kvasca i alkohola (Gagro, 1998).

Šećerna repa u Republici Hrvatskoj pripada u jednu od najprofitabilnijih poljoprivrednih kultura, a uzgaja se u Slavoniji, Baranji, Podravini i Međimurju. U Republici Hrvatskoj do 2018. godine prerađivale su je tri tvornice: tvornica šećera u Osijeku izgrađena 1906. godine, tvornica šećera u Županji izgrađena 1947. godine te tvornica šećera u Virovitici izgrađena 1980. godine (Pospišil, 2013). Tri su se tvornice spojile 2018. godine, a početkom 2020. godine došlo je do gašenja najmodernije među njima, tvornice šećera u Virovitici (Gazdek, 2020).

Proizvodnjom šećerne repe osim sirovine za dobivanje šećera, dobivamo i mnoge vrijedne nusproizvode: lišće s glavama, repine rezance, melasu i saturacijski mulj. Lišće s glavama kod nas se uglavnom zaorava te obogaćuje tlo znatnom količinom organske tvari. Repini rezanci kao izvanredna stočna hrana koriste se svježi, sušeni, peletirani i poboljšani dodatkom melase. Melasa je sirup koji ostaje pri kristalizaciji šećera, a bogat je šećerom, mineralnim tvarima i dušičnim spojevima. Koristi se za proizvodnju alkohola, kvasca te limunske i glutaminske kiseline. U stočnoj ishrani koristi se kao poboljšivač okusa stočne hrane. Pri saturaciji difuznog soka nastaje ostatak koji se naziva saturacijski mulj, koji sadrži dosta kalcija, a žarenjem se proizvodi karbokalk. Karbokalk se koristi za kalcizaciju kiselih tala, tj. kao poboljšivač tla. Šećerna repa je dobar predusjev mnogim poljoprivrednim kulturama. (Pospišil, 2013).

### 3.1.3. Agrotehnika

Šećerna repa po načinu uzgoja je najintenzivnija ratarska kultura. U proizvodnji šećerne repe neophodno je kvalitetno i na vrijeme provesti svaku tehnološku operaciju, jer u protivnom pogreške u proizvodnji rezultiraju smanjenjem prinosa i kvalitete šećerne repe (Tot, 2008). Naziva se još i princezom ratarskih kultura zbog potrebe za stalnom pažnjom, vrhunskom njegovom i znanjem (Pospišil, 2013).

Vrlo je važno šećernu repu uzgajati u plodoredu jer je šećerna repa jedna od biljaka koja ne podnosi samu sebe zbog toga što razvija veliku organsku masu (150 t/ha, pa čak i više) pa usvaja veliku količinu mikro i makro elemenata. Važno je istaknuti da se neki elementi ne dodaju gnojidbom, primjerice bor (B) i magnezij (Mg) (Kristek i sur., 2006). Da bi se izbjegli niski prinosi i jak napad štetnika i bolesti, preporuča se bezuvjetno četverogodišnji plodored. Kao predusjev preporučuju se žitarice i leguminoze (Vencl i Hrgović, 2001).

Obradu tla možemo podijeliti na osnovnu i predsjetvenu pripremu tla. U područjima gdje se uzgaja repa susrećemo se često s nepovoljnim ili nepravilnim rasporedom oborina pa

je vrlo značajno da se obradom omogući što veća i dugotrajnija akumulacija vode u tlu (Pospišil, 2004). Odmah nakon skidanja predusjeva odnosno istovremeno sa žetvom potrebno je provesti prašenje strništa da bi se unijeli organski ostaci pretkulture, prekinuo kapilaritet i spriječio gubitak vode (Vencl i Hrgović, 2001).

Gnojidba šećerne repe jako je specifična budući da treba postići visok prinos korijena i veliki udio šećera, a male količine topivih nešećera u korijenu. Osnovni cilj gnojidbe šećerne repe je u određenim ekološkim uvjetima dobiti najveći mogući prinos šećera. U proizvodnji šećerne repe bilo bi potpuno pogrešno da se gnojidba obavlja uzimajući u obzir samo količinu hraniva koju biljke usvajaju iz tla. Ako se radi o plodnim tlima, često puta je potrebno količinu hraniva u tlu samo nadopuniti (Pospišil, 2013).

Šećernu repu vadimo u tehnološkoj zriobi koja se utvrđuje analizom sadržaja šećera u korijenu i vaganjem biljaka. U tehnološkoj zrelosti prirast zadebljalog korijena je usporen, sadržaj šećera visok, a sadržaj nešećernih tvari smanjen. Postotak šećera u repi i porast prinosa korijena u jesen ovise o zdravstvenom stanju listova, lisnoj površini i vremenskim uvjetima. Tada vrijedi pravilo da se ranije vade usjevi lošijeg zdravstvenog stanja, rijetkog sklopa, zakorovljeni, zahvaćeni sušom, zasijani na teškim tlima i udaljeni od „tvrdih“ puteva (Pospišil, 2013).

Za uspješnu proizvodnju šećerne repe potrebno je puno volje i rada, znatna ulaganja i solidno znanje. Neophodno je primjenjivati provjerenu tehnologiju zasnovanu na znanstvenim spoznajama i stručnim iskustvima u kojoj svaka agrotehnička mjera mora biti isplanirana i organizirana tako da bude izvedena na najbolji način. Koliko je važno izvesti sve agrotehničke mjere, toliko je bitno da one budu izvedene određenim slijedom, odgovarajućim strojevima i u pravo vrijeme (Kristek, 2015).

#### 3.1.4. Najvažniji štetnici šećerne repe

Najvažniji štetnici šećerne repe na našem proizvodnom području su žičnjaci, sovice pozemljuše, pipe, repin buhač, lisne uši, lisne sovice, repin moljac i repina nematoda (Bažok i sur., 2015).

Štetan razvojni stadij klisnjaka jesu ličinke koje nazivamo žičnjaci. Žive u tlu i hrane se korijenjem mladih biljaka i sjemenkama. Odrasli kukci hrane se vegetativnim i generativnim dijelovima biljaka (cvijet, pelud, nektar) te njihova ishrana nema ekonomske važnosti, odnosno procjenjuje se da ne čine ozbiljne štete na biljkama (Čamprag, 1997). Glavna se šteta u proljeće očituje u prorjeđivanju sklopa i smanjenju prinosa, a biljke s oštećenim korijenom zaostaju u rastu i razvoju (Bažok, 2006).

Ovisno o vrsti, gusjenice sovica pozemljuša mogu se javiti u svibnju i u prvoj polovici lipnja. Gusjenice su boje tla i teško se uočavaju, a one čine štetu. Po danu se skrivaju pod grudicama tla ili u raznim pukotinama, a izlaze u sumrak i prave štete. Za vrijeme toplog i suhog proljeća te duge i umjereno vlažne jeseni brzo i uspješno se razmnožavaju. Najvažniji predstavnici ovih vrsta su: usjevna sovica (*Agrotis segetum*), proljetna sovica (*Euxoa temera*) i sovica ipsilon (*Agrotis ypsilon*) (Maceljski, 2002).



Šećernu repu napada 47 vrsta pipa, a jedna od najštetnijih od njih je repina pipa (*Bothynoderes punctiventris* Germ.) (Bažok, 2010). Prilikom ishrane pipa često obuhvati rub lista te izgriza rubove praveći polumjesečaste ureze po kojima se prepoznaje zaraza pipama (Maceljski 2002).

Lisne uši napadaju repu u svibnju i lipnju (Gotlin Čuljak, 2015). Na korijenu čine štetu u obliku bijelih pahuljastih navlaka. Od sisanja sokova na korjenčićima, biljke dobivaju žutu boju i zaostaju u razvoju. Za sušnog razdoblja i jakog napada biljke se mogu osušiti i propasti (Čamprag i sur., 2003). Na nadzemnim organima javlja se više vrsta lisnih uši. U Hrvatskoj su najvažnije *Myzus persicae* Sulzer. i *Aphis fabae* Scopoli koja je ujedno ekonomski važnija i češća na šećernoj repi. Štete na listu čini sisanjem sokova zbog čega se napadnuto lišće kovrča, deformira i suši. Neizravne štete čini prenošenjem više od 150 virusnih bolesti. Mogu smanjit prinos do 15 % i sadržaj šećera oko 0,5 % prilikom jačeg napada (Gotlin Čuljak, 2015).

Kod nas su najčešće tri vrste lisnih sovice, kupusna sovice (*Mamestra brassicae* L.), povrtna sovice (*Lacanobia oleracea* L.) i sovice gama (*Autographa gamma* L.) (Maceljski, 2002). Čamprag i sur. (2003) navode da je na našim poljima najčešća vrsta koja napada i čini štete na šećernoj repi kupusna sovice no novija istraživanja koja su provele Lemić i sur. (2016) pokazala su da je vrsta *A. gamma* dominantna vrsta u poljima šećerne repe u istočnoj Slavoniji. Gusjenice se najviše hrane lišćem šećerne repe. Na listovima se vide velike nepravilne grizotine, a žile lista ostaju neoštećene (Maceljski, 2002).

Gusjenice repinog moljca oligofagne su, hrane se svim biljkama iz roda *Beta*. Najveće štete čine šećernoj repi, a javljaju se i na stočnoj repi i cikli (Čamprag, 2000). Na napadnutim biljkama gusjenice paučinastim nitima povezuju najmlađe lišće, izgrizaju ga, zagađuju crnim izmetom, pa na kraju čitav središnji dio pretvaraju u sasvim crnu masu izumrlih i osušenih lisnih dijelova (Sekulić i Kereši, 2003).

## 3.2. Repin buhač (*Chaetocnema tibialis* Illiger 1807)

### 3.2.1. Rasprostranjenost

Repin buhač rasprostranjen je u sljedećim područjima: Afrotropska regija, Albanija, Austrija, Baleari, Bosna i Hercegovina, Bugarska, centralna europska Rusija, Korzika, Hrvatska, Cipar, Republika Češka, istočna europska Rusija, istočni Paleartik, europski dio Turske, Finska, Francuska, Njemačka, Grčka, Mađarska, Italija, Kalinjingradska oblast, Makedonija, Malta, Bliski Istok, sjeverna Afrika, Poljska, Portugal, Rumunjska, Sardinija, Sicilija, Slovačka, Slovenija, južni dio Rusije, Španjolska, Švicarska, Ukrajina, Latvija (Fauna Europea, 2020).

### 3.2.2. Sistematika i morfologija

Carstvo – Animalia

Podcarstvo – Eumetazoa

Koljeno – Arthropoda

Potkoljeno – Hexapoda

Razred – Insecta

Red – Coleoptera

Podred – Polyphaga

Porodica – Chrysomelidae

Potporodica – Alticinae

Rod – *Chaetocnema*

Vrsta – *Chaetocnema tibialis* Illiger 1807.

Imago repina buhača (slika 3.3.) ima tijelo zeleno-crne boje, metalna sjaja, dugo 1,5-2 mm (Macelj, 2002). Odlikuje ga čvrsto hitinizirano tijelo i gornja krila u obliku čvrsto hitiniziranog pokrilja ili elytra koja služe za održavanje ravnoteže pri usmjeravanju u letu te kao tjelesni pokrov koji štiti mekanu leđnu stranu drugog i trećeg kolutića prsa i sve članke zatka (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Osim letenjem može se kretati i skakanjem jer su mu bedra stražnjih nogu ojačana (Ivezić, 2007). Položaj glave je hipognatan. Ticala su nitasta, a boja im varira od žute do tamno smeđe (Konstantinov i sur., 2011).



Slika 3.3. Imago *Chetocnema tibialis*

Izvor: Chromos Agro, 2020

### 3.2.3. Životni ciklus

Odrasli repini buhači prezime plitko u tlu na obraslim površinama u blizini prošlogodišnjeg repišta. Izlaze iz tla kad na dubini od 5 cm temperatura prijeđe 5°C, a temperatura zraka prijeđe 12°C. To se najčešće poklapa s nicanjem šećerne repe, tj. sredinom ožujka (Maceljski, 2002).

Odrasli buhači kopuliraju u svibnju. Ženka odloži 16-40 jaja plitko u tlo u blizini biljaka. Razvoj traje oko 2 tjedna. Ličinke žive u tlu 4-5 tjedana i ne nanose štete (Maceljski, 2002). Početkom kolovoza izlazi imago koji se hrani lišćem i u jesen se zavlači u tlo na prezimljenje (Drmić, 2015).

### 3.2.4. Štete i suzbijanje

Repini buhači izgrizaju kotiledone i prvo pravo lišće, a katkad mogu pregristi i mladu biljku. Poznati su slučajevi da su se buhači na tek zasijanim poljima uvlačili u tlo u susret klici pa repa uopće nije niknula. Jedan buhač dnevno ošteti 33 %, tri buhača 62 %, a pet buhača 90 % biljke koja se nalazi u stadiju kotiledona (Maceljski, 2002). Štete nanose izgrizanjem lišća u obliku malih okruglih rupica, promjera 1 mm, koje se šire rastom lista (slika 3.4.). Ličinke ne izazivaju znatne štete, a krajem ljeta zbog velike lisne mase, štete od ishrane imaga nema, no broj rupica na listovima pokazuje brojnost i pojavu buhača iduće godine (Drmić, 2015).



### 3.4. Štete *Chetocnema tibialis* na šećernoj repi

Izvor: Chromos Agro, 2020

Dugoročna prognoza temelji se na brojnosti imaga prije prezimljenja. Ako se u kolovozu utvrde tri grizotine na lisnoj površini od 2 cm, i ako su prevladavali standardni uvjeti zime, može se očekivati jak napad na usjevima u proljeće. Kratkoročna prognoza i signalizacija potrebe suzbijanja temelji se na vizualnim pregledima biljaka odmah nakon nicanja (Drmić, 2015). Pragom odluke smatra se prisutnost 5-8 buhača na duljinskom metru repe ili nalaz više od 2 grizotine po biljci u stadiju kotiledona, odnosno 3-4 grizotine po biljci u stadiju prvog para pravog lišća (Maceljski, 2002).

Za topla sunčana vremena pri nicanju šećerne repe buhači su znali uništiti stotine hektara repišta u samo dva dana, prije nego što se stiglo organizirati kurativno suzbijanje. U to je vrijeme svakodnevni obilazak repišta i njihov pregled na prisutnost buhača bila jedina mogućnost za pravovremeno suzbijanje. Kurativno folijarno tretiranje provodilo se nekoliko puta na istoj površini, a malo je bilo repišta na kojima nije trebalo barem jedno tretiranje (Maceljski, 2002).

Agrotehničkim mjerama može se smanjiti brojnost ovih štetnika. Prvenstveno su to sve mjere koje omogućavaju brzi porast biljaka. Novo repište se treba smjestiti što dalje od starog repišta i time smanjiti napad prezimjelih štetnika. Ranijom sjetvom i navodnjavanjem se poboljšava raniji porast biljaka čime se izbjegavaju štete. U prošlosti se suzbijanje provodilo i mehaničkom metodom, prevlačenjem dasaka namazanih kolomazom (to danas može biti i ljepljivo) neposredno iznad redova tek iznikle repe (Drmić 2015).

Sjetva sjemena tretiranog sistemskim insekticidima znatno je smanjila štete od buhača, pa se suzbijanja zadnjih desetak godina rijetko provode.

Tretiranjem sjemena u RH primjenjuje se još samo insekticid iz skupine piretroida, teflutrín. Insekticidi iz skupine neonikotinoida zabranjeni su za primjenu tretiranjem sjemena (Bažok i Lemić, 2018). Istraživanje u kojem je sjeme šećerne repe tretirano s insekticidima na

osnovi spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina provedeno u uvjetima RH pokazalo je da ovi insekticidi primijenjeni tretiranjem sjemena nisu polučili zadovoljavajući učinak na repinu pipu (Deak, 2018).

Tablicom 3.1. prikazan je pregled insekticida koji imaju dozvolu za suzbijanje buhača na šećernoj repi u Republici Hrvatskoj.

Tablica 3.1. Insekticidi za suzbijanje buhača na šećernoj repi u RH

| NAZIV SZB       | NAZIV AKTIVNE TVARI     | VLASNIK REGISTRACIJE       | METODA PRIMJENE    |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| CRUISER FS 350* | Tiametoksam             | Sygenta Crop Protection AG | Tretiranje sjemena |
| DECIS 2,5 EC    | Deltametrin             | BAYER AG                   | Folijarna primjena |
| VANTEX          | gama-cihalotrin         | Chemionova A/S             | Folijarna primjena |
| CYCLONE         | cipermetrin+klorpirifos | Sparta Research Ltd        | Folijarna primjena |
| DECIS 100 EC    | deltametrin             | BAYER AG                   | Folijarna primjena |
| FORCE 20 CS     | teflutrin               | Sygenta                    | Tretiranje sjemena |

Izvor: FIS, 2020

\*Sjetva tretiranog sjemena šećerne repe dozvoljena je samo u zaštićenom prostoru koji je trajni staklenik

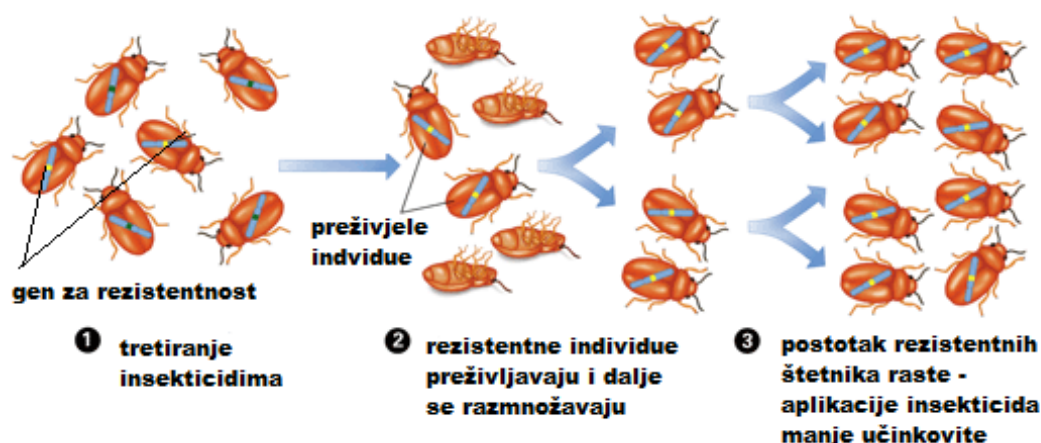
### 3.3. Rezistentnost štetnika na insekticide

#### 3.3.1. Definicija rezistentnosti i njezin nastanak

Rezistentnost štetnika na pesticide je sposobnost jedinki u populaciji štetnika da prežive

izloženost letalnim dozama primijenjenog pesticida. Prva pojava rezistentnosti uočena je već 50-ih godina prošlog stoljeća (Rozman, 2011).

Na terenu se rezistentnost očituje kao postupni gubitak učinkovitosti isprva učinkovitog sredstva, a nastaje nakon što populacija štetnika bude izložena istom sredstvu ili sredstvu istog načina djelovanja tijekom dužeg razdoblja čime se ubija većina osjetljivih jedinki, a rezistentne jedinke preživljavaju (slika 3.5.). Ove preživjele jedinke u populaciji imaju genetsku predispoziciju da razviju rezistentnost na primijenjen pesticid, jer će njihovo potomstvo prenijeti genetsku informaciju svojih roditelja. Takvom nenamjernom selekcijom iz generacije u generaciju popravljaju se omjer u korist rezistentnih jedinki. Na kraju one prevladaju i sredstvo više nije učinkovito (Maceljski i sur., 2002). Takvu rezistentnost nazivamo i stečena rezistentnost te se ona ne smije zamijeniti s prirođenom rezistentnošću pojedinih vrsta, rodova ili porodica štetnika na insekticide.



Slika 3.5. Prikaz nastanka rezistentnosti

Izvor: Pest and pollinators, 2020

Pojava rezistentnih sojeva štetnika u poljoprivredi ima vrlo ozbiljne posljedice za poljoprivrednu proizvodnju. Najveće štete trpe poljoprivredni proizvođači koji zbog smanjene učinkovitosti insekticida ne uspijevaju zaštititi poljoprivredne kulture od pojedinih štetnika ili moraju primjenjivati skuplje insekticide. Osim poljoprivrednih proizvođača štete trpe i kompanije koje se bave proizvodnjom i plasmanom insekticida. Pojavom rezistentnih štetnika ugrožava se prodaja i plasman pojedinih insekticida čime se narušava poslovni uspjeh kompanije. Za neke štetnike ne postoje široko primjenjiva alternativna rješenja što dovodi u pitanje daljnji uzgoj poljoprivrednih kultura koje ti štetnici ugrožavaju. U konačnici, gubitak trpi cijela poljoprivredna proizvodnja na razini države (Bažok i Lemić, 2017).

### 3.3.2. Čimbenici koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti

Postoji veliki broj čimbenika koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti (slika 3.6.), a kratko ih možemo podijeliti na čimbenike ovisne o kukcu, insekticidu, čovjeku i tretiranoj biljci.



Slika 3.6. Prikaz čimbenika koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti

Izvor: Bažok i Lemić, 2017.

Pojedine vrste kukaca različito su sklone mutacijama kao i razvoju rezistentnosti. Osobine kukaca jako su važne jer utječu na brzinu razvoja rezistentnosti. To su genetska svojstva vezana za učestalost mutacija u populaciji, broj generacija koje kukac razvija tijekom godine, način razmnožavanja, broj potomaka po generaciji te pokretljivost kukca. Genetski materijal se više izmjenjuje ako kukac razvija veći broj generacija čime je i broj tretiranja veći pa je i veća vjerojatnost da će se rezistentnost brže razviti. Broj potomaka po generaciji djeluje na isti način. Rezistentnost se brže razvije kod kukaca koji se razmnožavaju nespolnim putem (primjerice lisne uši) jer izravno prenose genetski materijal na potomstvo. Pokretljivost kukaca pridonosi razmjeni gena s tretiranih i netretiranih područja čime se usporava razvoj rezistentnosti. Rezistentnost se javlja brže ako se suzbija razvojni stadij koji je manje osjetljiv, a suzbijanjem osjetljivijeg razvojnog stadija kukaca razvoj rezistentnosti će se usporiti (Bažok i Lemić, 2017).

Najvažniji od čimbenika koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti je svakako mehanizam djelovanja insekticida. Svi insekticidi su razvrstani u skupine prema mehanizmu djelovanja. IRAC (*Insecticide Resistance Action Committee*) je tehnička grupa formirana u sklopu udruženja proizvođača sredstava za zaštitu bilja koja provodi klasifikaciju mehanizama djelovanja i razvrstavanje insekticida. Drugi važan čimbenik je učinkovitost insekticida koji određuje kakav će biti selekcijski pritisak na populaciju tretiranih kukaca. Selekcijski pritisak je veći ako je veća učinkovitost pa će u populaciji koju tretiramo zaostati manje jedinki koji su nosioci gena za osjetljivost na insekticid što uzrokuje brži razvoj rezistentnosti. Treći čimbenik je put prodora insekticida u tijelo kukca. Rezistentnost se prije javlja u kukaca kod kojih insekticidi prodiru putem više organa (primjerice želučano i kontaktno) (Bažok i Lemić, 2017).



Od velike važnosti su čimbenici ovisni o čovjeku i tretiranoj biljci jer je na njih moguće utjecati s ciljem usporavanja razvoja rezistentnosti. Veličina tretiranog područja je jedan od osnovnih čimbenika. Rezistentnost se brže javlja ako je tretirano područje veće, a pokretljivost kukaca manja čime je dolazak osjetljivih jedinki s netretiranih područja teži. Dobra gospodarska praksa utječe na smanjenje populacija štetnika i povećanje prirodnih neprijatelja čime je smanjena primjena insekticida što u konačnici usporava razvoj rezistentnosti. Pri odabiru insekticida treba biti vrlo oprezan. Isti štetnik se ne smije suzbijati uzastopnim tretiranjem insekticidima istog mehanizma djelovanja te se tretiranje treba obaviti u preporučenim dozama. Povećana doza insekticida neće povećati učinak, naprotiv, povećana doza insekticida povećava selekcijski pritisak insekticida što može dovesti do ubrzanog razvoja rezistentnosti (Bažok i Lemić, 2017).

### 3.3.3. Strategije upravljanja rezistentnošću

Međunarodna radna skupina koja prati pojavu rezistentnosti štetnika u svijetu naziva se IRAC (eng. Insecticide Resistance Action Committee). Zbog povećanog problema kojeg nosi pojava rezistentnosti štetnika, ova radna skupina osnovna je 1984. godine kao dogovor proizvođača sredstava za zaštitu bilja (Lemić i sur., 2017). Glavni ciljevi IRAC-a su olakšavanje komunikacije i edukacije o otpornosti na insekticide, osiguravanje dugoročne učinkovitosti insekticida te promicanje strategije upravljanja rezistentnošću na insekticide (IRAC 2020). Arthropod Pesticide Resistance Database je IRAC-ova baza podataka o rezistentnosti štetnih kukaca i grinja. Baza je profesionalno dizajniran sustav koji omogućava online pretraživanje, unos i pregled podataka o rezistentnosti štetnika na insekticide te za procjenu trenutnog stanja rezistentnosti u svijetu (Lemić i sur., 2017).

Laboratorijske metode koje su pogodne za detekciju rezistentnosti najvažnijih štetnika vrednuje i analizira radna skupina „metode“. Za uspješno otkrivanje pojave rezistentnosti ključne su jedinstvene i validirane metode za svakog štetnika i pojedinu djelatnu tvar odnosno mehanizam djelovanja. Radna skupina provjerava pouzdanost metoda koje se objavljuju u znanstvenim radovima ili predlaže nove metode koje se primjenjuju u laboratorijima proizvođača sredstava za zaštitu bilja. U nekim slučajevima je za istu vrstu štetnika razvijeno više različitih metoda. Te metode mogu biti specifične za grupe insekticida ovisno o mehanizmu djelovanja ili načinu prodora u tijelo kukca te za različite razvojne stadije kukaca. Radna skupina navodi puno metoda koje su prikazane u znanstvenim radovima i koje se mogu primijeniti u dokazivanju rezistentnosti, no do danas su odobrene samo 34 metode (Lemić i sur., 2017).

Baza podataka o rezistentnosti člankonožaca profesionalno je dizajniran sustav koji omogućava online pretraživanje, pregledavanje te unos informacija o rezistentnosti člankonožaca na pesticide. Ova baza procjenjuje i trenutno stanje rezistentnosti člankonožaca širom svijeta. Izbornici unutar baze su kategorizirani prema godini u kojoj je utvrđena ili objavljena rezistentnost, taksonomiji, djelatnoj tvari, kratici za mehanizam djelovanja te prema zemlji nalaska. Baza ima više ciljeva, a neki od njih su kontinuirano



dokumentirati slučajeve rezistentnosti u Sjedinjenim Državama, Europi i svijetu, izrađivati mjesečne rutinske analize za objavljivanje statističkih podataka o broju rezistentnih slučajeva prema vrstama, zemljopisnim područjima, mehanizmu djelovanja, kemijskoj pripadnosti, primjeni i taksonomskoj važnosti te održavati daljinski web sustav za brzu prijavu rezistentnosti (Lemić i sur., 2017).

## 4. Materijali i metode rada

### 4.1. Opis korištenih pripravaka

U pokusu je istraživana učinkovitost tri djelatne tvari na mortalitet odraslog razvojnog stadija repina buhača (tablica 4.1.): klorpirifos iz skupine organofosforinih insekticida, lambda-cihalotrin iz skupine piretroida te tiakloprid iz skupine neonikotinoida.

**Klorpirifos** je organofosforini insekticid. Čisti klorpirifos se sastoji od bijelih ili bezbojnih kristala. Koristi se za suzbijanje različitih vrsta štetnika. Klorpirifos je prvi put registriran kao insekticid 1965. godine, a Agencija za zaštitu okoliša SAD-a (US EPA) ponovno ga je registrirala 2006. godine. Može biti štetan ako ga se dotakne, udahne ili pojede. Djeluje tako da blokira enzim koji kontrolira podražaje koje putuju između živčanih stanica. Kada je enzim blokiran, živčani sustav ne može poslati normalne signale. To uzrokuje neispravan rad živčanog sustava i na taj način ubija štetne organizme. Kada jednom dospije u tlo, njegova razgradnja može trajati tjednima ili godinama. Može se razgraditi ultraljubičastim svjetlom i kemikalijama u tlu. Također, na brzinu razgradnje mogu utjecati temperatura i pH vrijednost. Klorpirifos se kod dodira s tlom čvrsto zalijepi za čestice tla pa obično ne ulazi lako u podzemne vode, ali se može ispirati u rijeke ili potoke uslijed erozije. Otrovan je za mnoge vrste ptica. Također je vrlo toksičan za ribe i vodene beskrležnjake. Može se nakupljati u ribama i drugim životinjama. Vrlo je otrovan za pčele te može otrovati ne ciljane organizme do 24 sata nakon što je poprskan (NPIC, 2020). Dugi se niz godina klorpirifos primjenjivao za folijarno suzbijanje repina buhača. Bio je dozvoljen za suzbijanje repina buhača kao pojedinačni pripravak Pyrinex 48 EC u dozi od 480 g aktivne tvari /ha te u kombiniranim pripravcima Chromorel D i Nurele D u dozama od 300 g aktivne tvari/ha (Bažok, 2020). Od ožujka 2020. godine klorpirifos više nije dozvoljen za uporabu u zemljama Europske unije pa ni u Hrvatskoj. U pokusima je korišten tehnički klorpirifos, Pestanal analytical standards, distributera BioVit d.o.o. čistoće 99,2%.

**Lambda-cihalotrin** je sintetski piretroid širokog spektra djelovanja. Piretroidi su jedni od prvih skupina insekticida. Prvi puta sintetizirani su još početkom 20. stoljeća, a njihova važnost u poljoprivrednoj proizvodnji započinje 90-ih odbacivanjem i napuštanjem DDT-a i ostalih zastarjelih insekticida zbog nepovoljnih utjecaja na zdravlje ljudi i loših toksikoloških svojstava (Gospodarski list, 2020). Radi se o insekticidima nervnog sustava. Održavaju stalno otvorene kanale natrija koji su uključeni u širenje živčanih impulsa duž živčane stanice. Koriste se u vrlo niskim dozama čime je opasnost onečišćenja okoliša smanjena. Zbog širokog spektra djelovanja mogu negativno utjecati na prirodne neprijatelje štetnika. Postoji mogućnost brze pojave rezistentnosti pa se preporuča koristiti ih naizmjenično s drugim insekticidima. Otrovnici su za pčele i ribe (Bažok, 2019).

Na ciljane organizme lambda cihalotrin djeluje kontaktno i želučano te se odlikuje brzim „knock-down“ učinkom i rezidualnim djelovanjem. Pokazuje i određena repelentna svojstva (Tomlin, 1994). Primjenu djelatne tvari lambda-cihalotrin treba naročito izbjegavati u cvatnji kulture jer je visoko toksična za pčele. Lambda-cihalotrin visoke je toksičnosti i za

ribe, pa je nužno pridržavati se propisanih doza za primjenu. U suprotnom, niske je toksičnosti za ptice. Vrijeme poluraspada djelatne tvari lambda-cihalotrin pod utjecajem sunčevog svjetla na tlu i vodi iznosi prosječno 30 dana, a na površini biljnih organa 5 dana. Zbog niske topivosti u vodi i visoke sposobnosti vezanja za čestice tla, rizik od kontaminacije podzemnih voda navedenim piretroidom vrlo je nizak (Juran i sur., 2012). Lambda-cihalotrin ima dozvolu za suzbijanje repina buhača u obliku pripravaka Karate Zeon i Cyclone a koristi se u dozi od 7,5 g aktivne tvari/ha (Bažok, 2020). U pokusu je korišten lambda-cihalotrin distributera BioVit d.o.o., čistoće 98,7 %.

**Tiakloprid** je aktivna tvar iz skupine neonikotinoida. Neonikotinoidi pripadaju u insekticide živčanog sustava koji oponašaju djelovanje acetilkolina na nikotinskom acetilkolinskom receptoru i izazivaju pretjeranu živčanu aktivnost. Pretjerano pobuđivanje živčanih stanica dovodi do paralize i smrti. Prema kemijskoj strukturi i načinu djelovanja slični su nikotinu (Bažok, 2019). Odlikuju se visokim insekticidnim djelovanjem, jaki su sistemici i u preporučenim dozama primjene ekološki su prihvatljivi. Koriste se u suzbijanju štetnika s usnim ustrojem za bodenje i isanje te grizenje i žvakanje iz reda Thysanoptera, podreda Homoptera te redova Coleoptera i Lepidoptera (Čačija i Bažok, 2011). Status ove skupine insekticida dugo je vremena bio pod velikim znakom pitanja zbog nedoumica vezanih oko mogućeg negativnog djelovanja subletalnih doza neonikotinoida na pčele. Zbog mogućeg negativnog učinka na pčele, tri djelatne tvari insekticida iz skupine neonikotinoida (klotianidin, imidakloprid i tiametoksam) odlukom su Europske komisije od 27. travnja 2018. zabranjeni za uporabu za sve poljoprivredne usjeve na otvorenom, uključujući i tretiranje sjemena šećerne repe, te se u budućnosti više neće moći primjenjivati (Bažok i Lemić, 2018).

Tretiranje sjemena sistemskim insekticidima iz skupine neonikotinoida davalo je zadovoljavajuće rezultate u suzbijanju buhača, no u nekim godinama bilježio se izostanak djelovanja insekticida. Obično se izostanak djelovanja pripisivao preniskoj dozi insekticida, iako bi se razlog mogao tražiti i u pojavi rezistentnosti repina buhača (Bažok i sur., 2018).

Tiakloprid vrlo brzo ulazi u tkivo biljke i ometa prijenos podražaja u živčanom sustavu. Djeluje kontaktno i želučano. Ima visoku učinkovitost na niskim i visokim temperaturama, a suzbija lisne uši, jabučnu osicu, neke minere i krumpirovu zlaticu. Tiakloprid, kao i drugi neonikotinoidi, djeluje kao agonist nikotinskog acetilkolinskog receptora insekta (nAChR). Acetilkolinesteraza može razgraditi acetilkolin, ali ne i neonikotinoide, što dovodi do paralize i na kraju smrti zbog stalne aktivacije nAChRs. U mozgu kukaca, ovaj receptor je pretežno obilan u neuropilnim područjima središnjeg živčanog sustava (Tomizawa i Casida, 2005). Iako tiakloprid nikada nije imao dozvolu za suzbijanje repina buhača uključen je u pokus jer je njegov mehanizam djelovanja istovjetan mehanizmu djelovanja najčešće korištenih neonikotinoida za tretiranje sjemena koji su zabranjeni. U vrijeme kada su otpočela istraživanja tiakloprid je bio jedini neonikotinoid sličnog mehanizma djelovanja s dozvolom za bilo kakvu folijarnu primjenu. Iz ove skupine korišten je pripravak Calypso SC 480 koji se koristi u dozi od 0,2 l/ha, odnosno 96 g aktivne tvari/ha. Europska unija je početkom 2020. godine donijela odluku da neće produžiti dozvolu ovom insekticidu. Vlade zemalja EU-a

imaju rok do 3. kolovoza da povuku dozvole za upotrebu, uz mogućnost razdoblja počeka do 3. veljače 2021. godine (Popić, 2020).

Tablica 4.1. Popis insekticida u pokusu

| Skupina        | Insekticid / d.t. | Oblik insekticida        |
|----------------|-------------------|--------------------------|
| OP             | Klorpirifos       | Čista d.t. 99,2%         |
| Piretroidi     | Lambda-cihalotrin | Čista d.t. 98,7%         |
| Neonikotinoidi | Tiakloprid        | Pripravak Calypso SC 480 |

## 4.2. Opis pokusa

Šest populacija repinog buhača (400 jedinki po populaciji) prikupljeno je krajem kolovoza na šest lokaliteta raspoređenih u županijama na području sjeverozapadne i istočne Hrvatske (Virovitičko-podravska i Vukovarsko-srijemska). Lokaliteti prikupljanja populacija prikazani su tablicom 4.2. Sa svakom od šest populacija je proveden pokus u kojem su insekticidi primijenjeni na različiti način ovisno o grupi (organofosforni insekticidi – OP, piretroidi – P i neonikotinoidi – NEO). Pokus s organofosforinim insekticidima postavljen je po metodi IRAC 025 (IRAC, 2020a), pokus s piretroidima postavljen je po metodi IRAC 011 (IRAC 2020b), a pokus s neonikotinoidima je postavljen po metodi IRAC 021 (IRAC, 2020c). Metodama je propisan način primjene insekticida i očitavanja pokusa.

Tablica 4.2. Lokaliteti prikupljanja populacija repinog buhača

| Naziv županije                 | Lokalitet unutar županije | Općina  |
|--------------------------------|---------------------------|---------|
| Virovitičko-podravska županija | Gornje Bazje              | Lukač   |
|                                | Gradina                   | Gradina |
|                                | Lipovac                   | Gradina |
| Vukovarsko-srijemska županija  | Opatovac                  | Lovas   |
|                                | Bapska                    | Ilok    |
|                                | Šarengrad                 | Ilok    |

Tablica 4.3. Prikaz varijanti korištenih u pokusu

| Redni broj varijante | Grupa insekticida | Varijanta         | Postotni udio od preporučene doze | Korištena doza a.t. /cm <sup>2</sup> tretirane bočice (u µg) | Korištena doza g a.i./ha |
|----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1                    | OP                | Klorpirifos       | 200                               | 9,6                                                          | 960                      |
| 2                    |                   | Klorpirifos       | 100                               | 4,8                                                          | 480                      |
| 3                    |                   | Klorpirifos       | 20                                | 0,96                                                         | 96                       |
| 4                    | P                 | Lambda-cihalotrin | 200                               | 0,15                                                         | 15                       |
| 5                    |                   | Lambda-cihalotrin | 100                               | 0,075                                                        | 7,5                      |

|    |                      |                   |     |       |      |
|----|----------------------|-------------------|-----|-------|------|
| 6  |                      | Lambda-cihalotrin | 20  | 0,015 | 1,5  |
| 7  | NEO                  | Tiakloprid        | 200 | 1,92  | 192  |
| 8  |                      | Tiakloprid        | 100 | 0,95  | 95   |
| 9  |                      | Tiakloprid        | 20  | 0,192 | 19,2 |
| 10 | Netretirana kontrola |                   |     |       |      |

### 4.3. Provedba pokusa

Buhači su prikupljeni pomoću aspiratora. Do postavljanja pokusa buhači su čuvani u plastičnim posudama s dostupnim dovodom zraka i izvorom hrane (na dno bočice stavljen je komadić papirnatog ručnika za upijanje kondenzata te list šećerne repe kao izvor hrane). Kukci su ostavljeni preko noći u ventiliranom prostoru na 13-15°C, nisu izlagani izravnom sunčevom svjetlu, visokim temperaturama, vlazi ili izgladnjivanju.



Slika 4.1. Prikupljanje buhača pomoću aspiratora  
Snimila: Šutić, 2020

Za potrebe provedbe pokusa provedeno je tretiranje praznih staklenih bočica u koje su nakon tretiranja i sušenja ispušteni buhači. Za svaki je pokus pripremljeno 40 staklenih bočica. Površina bočice koja se koristila u pokusu bila je 79,4 cm<sup>2</sup>. Prije tretiranja staklene bočice se označavaju voodootpornim markerom navodeći oznaku varijante (1-10) te oznaku ponavljanja (I-IV). Nakon pripreme staklenih bočica slijedi tretiranje istih sa sintetskim piretroidima (lamda-cihalotrin), neonikotinoidima (tiakloprid) i OP insekticidima (klorpirifos).

Razrjeđenja insekticida s acetonom kojim su tretirane bočice pripremana su kako slijedi:

Za varijante s klorpirifosom (Varijante 1 do 3) pripremljeno je prvo razrjeđenje za Varijantu 1 tako da je u bočicu od 50 ml odmjereno 49,974 ml (49974 mg) acetona i 25,5 mg Pestanala. Na ovaj način svaki ml razrjeđenja sadrži 0,51 mg tehničkog pripravka Pestanal pa primjenom 1,5 ml apliciramo 0,765 mg Pestanala (=765 µg) što je 758,9 µg čiste d.t.. Jedan dio ovog razrjeđenja je korišten za tretiranje bočica a drugi dio za pripremu razrjeđenja za Varijante 2 i 3. Razrjeđenje za Varijantu 2 (100% pune doze) pripremljeno je odmjeravanjem 5 ml Varijante 1 i dodavanjem 5 ml acetona, a za Varijantu 3 (20% pune doze) odmjeravanjem 1 ml Varijante 1 dodavanjem 9 ml acetona.

Za varijante s lambda-cihalotrinom (Varijante 4-6) pripremljeno je prvo razrjeđenje za Varijantu 4 tako da je u bočicu od 100 ml odmjereno 99,9 ml (99900 mg) acetona i 0,8 mg tehničke aktivne tvari lambda-cihalotrin. Na ovaj način svaki ml razrjeđenja sadrži 8,0 µg tehničke a.t. pa primjenom 1,5 ml apliciramo 12 µg tehničke a.t. što je 11,844 µg čiste a.t. lambda-cihalotrina. Jedan dio ovog razrjeđenja je korišten za tretiranje bočica a drugi dio za pripremu razrjeđenja za Varijante 5 i 6. Razrjeđenje za Varijantu 5 (100% pune doze) pripremljeno je odmjeravanjem 5 ml Varijante 4 i dodavanjem 5 ml acetona, a za Varijantu 6 (20% pune doze) odmjeravanjem 1 ml Varijante 4 dodavanjem 9 ml acetona.

Za varijante s tiaklopidom (Varijante 7-9) pripremljeno je prvo razrjeđenje za Varijantu 7 tako da je prvo 2 ml pripravka Calypso pomiješano sa 198 ml vode - svaki ml ovog razrjeđenja sadrži 0,01 ml Calypsa. Od ove otopine u bočicu od 100 ml odmjereno je 2 ml (0,02 ml Calypsa) i dodano joj 98 ml acetona. Na ovaj način svaki ml razrjeđenja sadrži 0,0002 ml Calypsa (=0,2 mg) pa primjenom 1,5 ml apliciramo 0,3 mg =300 µg Calypsa što je 144 µg čiste d.t. Jedan dio ovog razrjeđenja je korišten za tretiranje bočica a drugi dio za pripremu razrjeđenja za Varijante 8 i 9. Razrjeđenje za Varijantu 8 (100% pune doze) pripremljeno je odmjeravanjem 5 ml Varijante 7 i dodavanjem 5 ml acetona, a za Varijantu 9 (20% pune doze) odmjeravanjem 1 ml Varijante 7 dodavanjem 9 ml acetona.

Bočice su tretirane tako da se po 1,5 ml odgovarajućeg razrjeđenja odmjeri u svaku bočicu na način da otopina pokrije bazu horizontalno postavljenje bočice (slika 4.1.). Bočice su zatim stavljene na roler (slika 4.2.) pri sobnoj temperaturi 20 – 25°C. Bočice su ostavljene na roleru dok aceton nije ispario u potpunosti, oko 90 minuta, zatim su zatvorene čepom do postavljanja kukaca u pokus.



Slika 4.2. Pipetiranje odgovarajućeg razrjeđenja u svaku bočicu  
Snimila: Šutić, 2020



Slika 4.3. Bočice na roleru  
Snimila: Šutić, 2020

Kontrolna varijanta tretirana je čistim acetonom na isti način. Svaka varijanta postavljena je u 4 ponavljanja, odnosno 4 bočice.

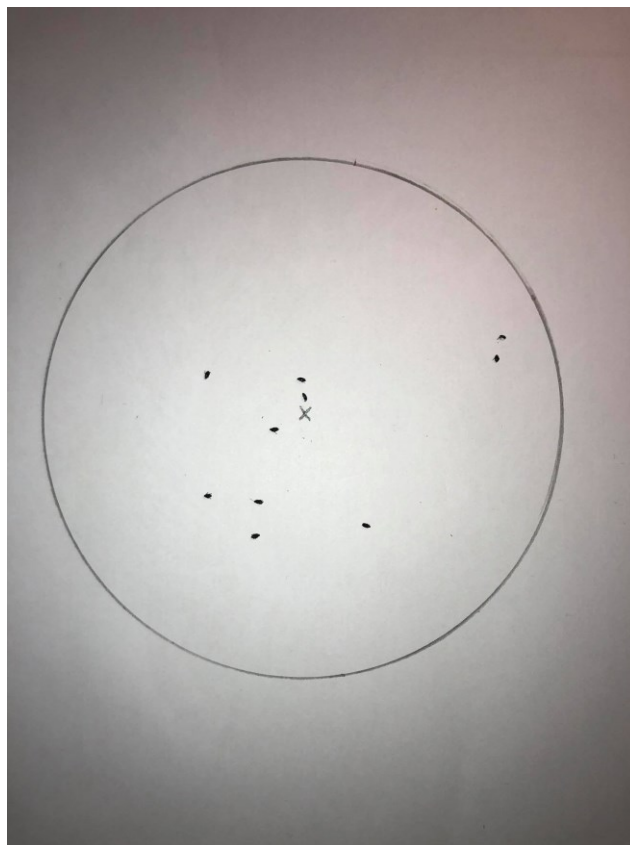
Buhači su sakupljeni na polju izravno u unaprijed pripremljene bočice. Deset živih odraslih repinih buhača su stavljeni u svaku bočicu te su iste zatvorene plastičnim čepom.

Nastojalo se uznemirivanje kukaca svesti na minimum. Bočice su držane na sobnoj temperaturi do očitavanja.

#### 4.4. Očitavanja pokusa i statistička analiza podataka

Varijante tretirane klorpirifosom i tiaklopidom očitavane su 24 sata nakon postavljanja, one tretirane lambda-cihalotrinom 5 sati nakon postavljanja.

U očitavanju je utvrđivan broj mrtvih kukaca ili kukaca na umoru. Prije očitavanja bočice su protresene da bi se lakše odredilo koje jedinke su žive, a koje mrtve. Uzorci iz svake bočice stavljaju se na papir unutar nacrtanog kruga. Promjera kruga kod očitavanja organofosfornih insekticida i neonikotinoida je 8 cm, a kod piretroida 15 cm. Očitavanje se provodilo pri jakom osvjetljenju da bi se stimuliralo kretanje kukaca. Jedinke koje ne izađu iz kruga u roku od 1 minute smatraju se mrtvima, a bilježi se broj živih i mrtvih kukaca.



4.4. Očitavanje mrtvih buhača ili buhača na umoru tretiranih lambda-cihalotrinom nakon 5 sati

Snimila: Šutić, 2020

Svaki rezultat izražen je kao postotak mortaliteta. Klasifikacija rezultata provedena je temeljem utvrđenih mortaliteta, a populacije su razvrstane kao visoko osjetljive, osjetljive, umjereno rezistentne, rezistentne i visoko rezistentne.

Za očitavanja za svako ponavljanje izračunata je učinkovitost prema formuli Schneider Orelli:



$$\% \text{ učinkovitosti} = \frac{\text{mortalitet na tretmanu} - \text{mortalitet na kontroli}}{100 - \text{mortalitet na kontroli}} \times 100$$

Statistička analiza podataka o učinkovitosti pojedinih varijanti je provedena uz pomoć ARM 9 programa (Gylling Data Management, Inc., 2018), a srednje vrijednosti su rangirane testom multiplih rangova po Duncanu.

Populacije buhača su prema rezultatima o učinkovitosti preporučene i 20 % doze razvrstane u pripadajuću kategoriju rezistentnosti sukladno kategorizaciji u IRAC protokolu za repičina sjajnika (Tablica 4.4.).

Tablica 4.4. Kategorizacija rezistentnosti prema IRAC-u.

| Koncentracija (%) | Učinkovitost (%) | Kategorija           |
|-------------------|------------------|----------------------|
| 100 %<br>20 %     | 100 %<br>100 %   | Visoko osjetljiva    |
| 100 %<br>20 %     | 100 %<br>< 100 % | Osjetljiva           |
| 100 %             | <100 % do ≥ 90 % | Umjereno rezistentna |
| 100 %             | < 90 % do ≥ 50 % | Rezistentna          |
| 100 %             | < 50 %           | Jako rezistentna     |

## 5. Rezultati rada

Najslabije ukupno djelovanje na mortalitet repinog buhača postignuto je primjenom tiakloprida, dok je najveći mortalitet postignut primjenom klorpirifosa na svim lokalitetima. Iz tablice 5.1. vidljivo je da je učinkovitost klorpirifosa na svim koncentracijama i na svim lokalitetima bila 100 % (tablica 5.1.).

Tablica 5.1. Učinkovitost insekticida klorpirifos primijenjenog u pokusima na šest lokaliteta u Hrvatskoj u 2020. godini

|                        | Klorpirifos   |               |              | LSD $p=5\%$ |
|------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
|                        | 960 g a.t./ha | 480 g a.t./ha | 96 g a.t./ha |             |
| Lokalitet Gornje Bazje | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| Lokalitet Gradina      | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| Lokalitet Lipovac      | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| Lokalitet Opatovac     | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| Lokalitet Bapska       | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| Lokalitet Šarengrad    | 100,00±0,00   | 100,00±0,00   | 100,00±0,00  | NS          |
| LSD $p=5\%$            | ns            | Ns            | ns           |             |

Suprotno klorpirifosu, insekticid tiaklopid polučio je vrlo loše rezultate (tablica 5.2.) tako da niti jedna primijenjena doza niti na jednom lokalitetu nije postigla zadovoljavajuću učinkovitost. Utvrđene su signifikantne razlike između lokaliteta u učinkovitosti preporučene i smanjenje doze (20 %), a jasni odnosi između primijenjene doze i učinkovitosti (tzv. dose-response) utvrđeni su samo na dva lokaliteta.

Tablica 5.2. Učinkovitost insekticida tiaklopid primijenjenog u pokusima na šest lokaliteta u Hrvatskoj u 2020. godini

|                        | Tiaklopid                 |                              |                | LSD $p=5\%$ |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------|-------------|
|                        | 192 g a.t./ha             | 96 g a.t./ha                 | 19,2 g a.t./ha |             |
| Lokalitet Gornje Bazje | 30,00±8,16 A <sup>1</sup> | 17,50±9,59 ab <sup>2</sup> B | 7,50±5,00 bB   | 11,169      |
| Lokalitet Gradina      | 27,50±9,57 A              | 12,50±5,00 abAB              | 10,00±8,16 bB  | 16,566      |
| Lokalitet Lipovac      | 15,00±5,77                | 25,00±23,8 a                 | 2,5±5,00 b     | NS          |
| Lokalitet Opatovac     | 18,33±17,06               | 5,28±6,11 b                  | 7,78±9,69 b    | NS          |

|                     |             |               |               |    |
|---------------------|-------------|---------------|---------------|----|
| Lokalitet Bapska    | 15,00±12,91 | 10,28±8,18 ab | 25,83±10,67 a | NS |
| Lokalitet Šarengard | 12,78±4,84  | 5,00±5,77 b   | 5,00±10,00 b  | NS |
| LSD $p=5\%$         | ns          | 17,263        | 12,754        |    |

<sup>1</sup>vrijednosti označene istim velikim slovom pripadaju u isti rang temeljem Duncanovog testa multiplih rangova provedenom temeljem usporedbe vrijednosti između različitih doza insekticida

<sup>2</sup>vrijednosti označene istim malim slovom pripadaju u isti rang temeljem Duncanovog testa multiplih rangova provedenom temeljem usporedbe vrijednosti između lokaliteta;

U slučaju lambda-cihalotrina uočava se da nisu utvrđene signifikantne razlike između lokaliteta u učinkovitosti primijenjenih doza no uočene su signifikantne razlike između primijenjenih doza na svakom od lokaliteta. Sa smanjenjem doze signifikantno se smanjuju učinkovitosti na svim lokalitetima (tablica 5.3.).

Tablica 5.3. Učinkovitost insekticida lambda-cihalotrin primijenjenog u pokusima na šest lokaliteta u Hrvatskoj u 2020. godini

|                        | Lambda-cihalotrin         |                |               | LSD $p=5\%$ |
|------------------------|---------------------------|----------------|---------------|-------------|
|                        | 15 g a.t./ha              | 7,5 g a.t./ha  | 1,5 g a.t./ha |             |
| Lokalitet Gornje Bazje | 97,50±5,00 A <sup>1</sup> | 92,50±5,00 A   | 80,00±8,16 B  | 10,397      |
| Lokalitet Gradina      | 100,00±0,00 A             | 95,00±5,77 A   | 75,00±5,77 B  | 8,156       |
| Lokalitet Lipovac      | 97,50±5,00 A              | 87,50±5,00 B   | 72,50±5,00 C  | 9,989       |
| Lokalitet Opatovac     | 97,22±5,56 A              | 89,17±9,09 AB  | 73,06±14,01 B | 16,150      |
| Lokalitet Bapska       | 95,00±5,77 A              | 86,95±10,20 AB | 76,67±10,54 B | 15,804      |
| Lokalitet Šarengard    | 100,00±0,00 A             | 92,22±5,21 B   | 84,45±6,48 C  | 6,931       |
| LSD $p=5\%$            | ns                        | Ns             | ns            |             |

<sup>1</sup>vrijednosti označene istim slovom pripadaju u isti rang temeljem Duncanovog testa multiplih rangova provedenom temeljem usporedbe vrijednosti između različitih doza insekticida

Tablicom 5.4. prikazana je klasifikacija postignutih rezultata obzirom na status rezistentnosti.

Tablica 5.4. Status osjetljivosti populacija buhača s različitih lokaliteta u Republici Hrvatskoj na istraživanje insekticide

|                        | Rezultati provedenih testova osjetljivosti repina buhača na insekticide (2020) |      |                                       |      |                                    |      |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|------|------------------------------------|------|
|                        | OP insekticidi (1 B)                                                           |      | Piretroidi (3 A)                      |      | Neonikotinoidi (4 A)               |      |
|                        | klorpirifos (čista d.t. 99,2 %)                                                |      | lambda-cihalotrin (čista d.t. 98,7 %) |      | Tiakloprid (formulirani pripravak) |      |
| Lokaliteti/doza        | 20%                                                                            | 100% | 20%                                   | 100% | 20%                                | 100% |
| Lokalitet Gornje Bazje | 100                                                                            | 100  | 80                                    | 93   | 8                                  | 18   |
| Lokalitet Gradina      | 100                                                                            | 100  | 75                                    | 95   | 10                                 | 13   |
| Lokalitet Lipovac      | 100                                                                            | 100  | 73                                    | 88   | 3                                  | 25   |
| Lokalitet Opatovac     | 100                                                                            | 100  | 73                                    | 89   | 8                                  | 5    |
| Lokalitet Bapska       | 100                                                                            | 100  | 77                                    | 87   | 26                                 | 10   |
| Lokalitet Šarengrad    | 100                                                                            | 100  | 84                                    | 92   | 5                                  | 5    |

|         |                   |            |                      |             |                    |
|---------|-------------------|------------|----------------------|-------------|--------------------|
| Legenda | visoko osjetljivo | osjetljivo | umjereno rezistentno | rezistentno | visoko rezistentno |
|---------|-------------------|------------|----------------------|-------------|--------------------|

Sve su testirane populacije repina buhača bile visoko osjetljive na primjenu klorpirifosa. Na primjenu lambda-cihalotrina umjereno rezistentne su bile tri populacije, a tri populacije pokazale su rezistentnost. Na primjenu tiakloprida sve populacije pokazale su visoku rezistentnost.

## 6. Rasprava

Od 1981. do 1989. godine buhači su tretirani samo na dijelu površina na kojima je to bilo potrebno. To dovodi do zaključka da su agronomi (uglavnom visoko obrazovan stručni kadar koji je vodio proizvodnju na poljoprivrednim kombinatima) pri donošenju odluke o primjeni insekticida vodili računa o visini zaraze odnosno da su primjenjivali osnovna načela integrirane zaštite bilja. Insekticidi su se primjenjivali u svim formulacijama, od prašiva i granula do folijarnog tretiranja. Spekter rabljenih insekticida ovisio je o stanju na tržištu. U to vrijeme na tržištu su uglavnom bili insekticidi visoke otrovnosti, slabe selektivnosti i drugih loših ekotoksikoloških svojstava, kao npr. lindan koji je rabljen najviše tijekom 1980-ih godina. Djelatne tvari (lindan, forat) rabljene prvih godina opisanog razdoblja zabranjene su zbog velike otrovnosti i loših karakteristika te su zamijenjene insekticidima manje otrovnosti i nešto boljih ekotoksikoloških svojstva (foksim, klorpirifos). Krajem 1980-ih godina počinje era piretroida koji se odlikuju visokim cidnim djelovanjem, a rabe se u niskim dozama, čime je opasnost onečišćenja okoliša smanjena, a i cijena im je prihvatljiva (Bažok i sur., 2012).

Od kraja 1990.-tih počinje era tretiranja sjemena neonikotinoidima. Vjerovalo se da su timetoxam i imidakloprid koji su korišteni za tretiranje sjemena manje otrovnosti. S obzirom da ti insekticidi iskazuju izrazito sistemsko i rezidualno djelovanje uspješno su suzbijali slabi do srednji napad buhača, što potvrđuje činjenica da buhači nisu dodatno tretirani folijarno od vremena kada se počelo sijati sjeme tretirano neonikotinoidima (Bažok i sur., 2012). Dana 27. travnja 2018. države članice Europske unije donijele su odluku o zabrani tri najčešća neonikotinoida (klotianidin, imidakloprid i tiametoksam) za sve poljoprivredne usjeve na otvorenom (Bažok i Lemić, 2018). Iako u studijama koje su bile temelj za ovu odluku nije izravno utvrđen nepovoljan utjecaj sjetve sjemena šećerne repe tretiranog neonikotinoidima na pčele, nego je samo utvrđeno da postoji visoka razina rizika za kulture koje slijede u plodoredu (Bažok i Lemić, 2018). Razlog tome može se naći u činjenici da se tretiranje sjemena šećerne repe provodi drukčijim tehnikama te da je insekticid unesen u omotač piliranog sjemena čime se izbjegava prašenje. S druge strane, vrlo rana sjetva šećerne repe odvija se u uvjetima kada nema korova u cvatu i kada su pčele manje aktivne, a šećerna repa ne cvate, dakle nema opasnosti od ostatka insekticida u peludu repe. Nedvojbeno se može tvrditi da je sjetva sjemena tretiranog neonikotinoidima smanjila populacije buhača (Bažok i sur., 2012). S obzirom na zabranu neonikotinoida, u zadnjim se godinama populacija buhača ponovno povećala, a poljoprivrednici ih sve češće suzbijaju folijarno.

Monitoring rezistentnosti repina buhača u Hrvatskoj provodi se od 2018. godine (Bažok i sur. 2019.). U našem je istraživanju svih šest populacija bilo visoko osjetljivo na klorpirifos te je on u svim primijenjenim dozama i na svim lokalitetima postigao učinkovitost od 100 % (Tablica 5.1. i 5.4.). To se podudara s rezultatima monitoringa iz 2018. i 2019. godine. Od devet testiranih populacija repinih buhača tijekom 2018., na primjenu klorpirifosa četiri su bile visoko osjetljive, četiri osjetljive, a jedna je populacija pokazala umjerenu rezistentnost. U 2019. godini sve su populacije (ukupno devet) bile visoko osjetljive (Glušćić, 2020). S obzirom da klorpirifos više nije dozvoljen za primjenu u Republici

Hrvatskoj kao niti u drugim zemljama Europske unije, proizvođači šećerne repe neće ga u budućnosti moći koristiti usprkos njegovoj visokoj učinkovitosti i činjenici da repin buhač nije razvio rezistentnost na ovu aktivnu tvar.

U našim su istraživanjima sve istraživane populacije pokazale određeni stupanj rezistentnosti na lambda-cihalotrin (tri populacije su bile umjereno rezistentne, a tri rezistentne) (Tablica 5.4.). Također, na svim je lokalitetima uočen signifikantan pad učinkovitosti smanjivanjem doze (Tablica 5.3.) tzv. dose-response. Utvrđena je znatno veća rezistentnost na lambda-cihalotrin nego u 2018. i 2019. godini. U 2018. godini tri su populacije bile visoko osjetljivo, pet ih je bilo osjetljivo a samo je jedna bila umjereno rezistentna na lambda-cihalotrin (Bažok i sur., 2019.). U 2019. jedna je populacija bila visoko osjetljiva, šest ih je bilo osjetljivo a dvije su populacije bile umjereno rezistentne (Gluščić, 2020). Sve navedeno ukazuje na činjenicu da je rezistentnost na lambda-cihalotrin sve učestalija u populacijama repina buhača diljem Hrvatske.

Tiakloprid je u našim pokusima pokazao iznimno nisku učinkovitost u svim primijenjenim dozama (tablica 5.2.) te su sve populacije kategorizirane kao visoko rezistentne (tablica 5.4.). Postignuti rezultati pokazuju evoluciju u razvoju rezistentnosti repina buhača na tiakloprid. U 2018. dvije su populacije bile visoko rezistentne, a sedam ih je bilo rezistentnih na tiakloprid (Bažok i sur., 2019.) dok je u 2019. jedna populacija bila osjetljiva, pet ih je bilo umjereno rezistentnih, a tri su bile rezistentne (Gluščić, 2020.).

Zbog vrlo ozbiljnih posljedica koje pojava rezistentnosti štetnika na insekticide može imati na sve dionike u lancu poljoprivredne proizvodnje neophodno je raspolagati s provjerenim informacijama o statusu osjetljivosti pojedinih vrsta štetnika na insekticide. Na taj način mogu se izbjeći ili ublažiti negativne posljedice koje pojava rezistentnosti može izazvati. To su: otežano suzbijanje rezistentne vrste, povećane štete, povećani financijski gubitci, prekomjerna primjena insekticida (sa sobom povlači pitanje zdravstvene ispravnosti hrane) te odustajanje od proizvodnje određene kulture.

Rezistentne populacije štetnika možemo smanjiti primjenom nepesticidnih mjera (agrotehničke mjere, plodored, mehaničke mjere, uzgoj otpornih sorata i hibrida, fizikalne i biološke mjere). Osim primjenom nepesticidnih mjera, rezistentne populacije kukaca mogu se suzbiti primjenom kemijskih mjera. Nepotrebno je odmah i svuda izostaviti primjenu insekticida na koje se pojavila rezistentnost. Primjenu treba alternirati između pojedinih "starih" skupina insekticida, ali i unutar njih, pa i drugih novijih skupina insekticida, da bi se produljila mogućnost korištenja i starijih skupina (u kojih je utvrđena rezistentnost). U alterniranje treba uvrstiti i kombinirane insekticide, kao i insekticide tzv. novih skupina, za koje još niti ne prijeti pojava rezistentnosti, jer im je primjena neznatna (Maceljski, 1995).

Lambda-cihalotrin pripada skupini piretroida, koji se prema mehanizmu djelovanja svi insekticidi nervnog sustava (modulatore kanala natrija) (Bažok, 2019.). Mehanizam djelovanja lambda-cihalotrina i insekticida koji su još dozvoljeni za suzbijanje repina buhača u Hrvatskoj (Tablica 3.1.) je potpuno istovjetan pa se može pretpostaviti da je buhač razvio rezistentnost i na druge insekticide iz ove skupine koji su dozvoljeni za njegovo suzbijanje. Iako brojni autori kao jednu od najboljih strategija za sprječavanje i/ili odgodu pojave

rezistentnosti predlažu korištenje insekticida različitog mehanizma djelovanja, prema važećim dozvolama (FIS, 2020.) u Hrvatskoj to nije moguće. S obzirom na stupanj rezistentnosti utvrđen u ovim pokusima za pretpostaviti je da će kemijsko suzbijanje repina buhača uskoro postati velik i gotovo nerješiv problem za proizvođače šećerne repe.

Sukladno navedenom, nužno će biti iznaći nove načine suzbijanja repina buhača koji uključuju uvođenje novih insekticida, ali i novih metoda suzbijanja. S obzirom da je razvoj novih insekticida dosta usporen zbog sve većih zahtjeva koji se postavljaju pred nove aktivne tvari u pogledu njihove sigurnosti za čovjeka i okoliš, potrebno je istražiti alternativne strategije suzbijanja. U suprotnom bi štete od buhača mogle postati ograničavajući čimbenik u proizvodnji šećerne repe.

## 7. Zaključci

- Organofosforni insekticidi pokazali su učinkovitost na mortalitet odraslog razvojnog stadija repinog buhača na 6 lokaliteta u području intenzivnog uzgoja šećerne repe, dok je kod primjene neonikotinoida i piretroida utvrđena rezistentnost buhača.
- Primijenjene djelatne tvari pokazale su se različito učinkovite. Najbolju učinkovitost pokazao je klorpirifos, sve istražene populacije visoko su osjetljive na klorpirifos. Sve istraživane populacije pokazale su određeni stupanj rezistentnosti na lambda-cihalotrin (tri populacije su bile umjereno rezistentne, a tri rezistentne). Sve populacije visoko su rezistentne na tiakloprid.
- Provedeno istraživanje potvrdilo je hipotezu da populacije štetnika s različitih lokaliteta mogu biti različito osjetljive na iste insekticide što potvrđuju rezultati primjene lambda-cihalotrina. Na lokalitetima Gornje Bazje, Gradina i Šarengrad populacije repina buhača bile su rezistentne na lambda-cihalotrin, a na lokalitetima Lipovac, Opatovac i Bapska su bile umjereno rezistentne.
- S obzirom da se udio populacija koje su rezistentne na lambda-cihalotrin u Hrvatskoj iz godine u godinu povećava, za suzbijanje repina buhača bi se trebali koristiti insekticidi različitog mehanizma djelovanja.
- S obzirom da svi insekticidi koji su dozvoljeni za folijarno suzbijanje repina buhača pripadaju u skupinu piretroida i imaju isti mehanizam djelovanja, za očekivati je da će kemijsko suzbijanje repina buhača zbog razvoja rezistentnosti u budućnosti biti otežano te da će se morati iznaći nove metode i nova sredstva za suzbijanje.



## Popis literature

1. Agroklub (2020). Šećerna repa. <https://www.agroklub.com/sortna-lista/repa-krumpir/secerna-repa-35/> – pristup 10. lipnja 2020.
2. Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18: 265-267.
3. Bažok, R. (2006). Žičnjaci - važni štetnici ratarskih kultura. *Glasilo biljne zaštite*, 6(1): 3-10.
4. Bažok, R. (2010). Suzbijanje štetnika u proizvodnji šećerne repe. *Glasilo biljne zaštite*. (10)3: 153-165.
5. Bažok, R. (2019). Zoocidi. U: Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2019. godinu. *Glasilo biljne zaštite* 19(1-2): 9-112.
6. Bažok, R., Lemić, D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*. XVII (5): 429-438.
7. Bažok, R., Lemić, D. (2018). Posljedice zabrane neonikotinoida za poljoprivrednu proizvodnju Republike Hrvatske. *Glasilo biljne zaštite*. 18(4):407-412.
8. Bažok, R., Buketa, M. Lopatko, D., Ljekar, K. (2012). Suzbijanje štetnika šećerne repe nekad i danas. *Glasilo biljne zaštite*, 12 (5): 414-428.
9. Bažok, R., Barić, K., Čačija, M., Drmić, Z., Đermić, E., Gotlin Čuljak, T., Grubišić, D., Ivić, D., Kos, T., Kristek, A., Kristek, S., Lemić, D., Šćepanović, M., Vončina, D. (2015). Šećerna repa: zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje (Sugar beet- integrated pest management within the frame of integrated production). Bažok, R. (ed.), University of Zagreb Faculty of Agriculture, 978-953-7878-44-3, str. 143
10. Bažok, R., Čačija, M., Virić Gašparić, H., Lemić, D., Drmić, Z. (2017). Insekticidi iz skupine neonikotinoida u zaštiti šećerne repe od štetnika. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, 53 str.
11. Bažok, R., Drmić, Z., Lemić, D., Čačija, M., Virić Gašparić, H. (2018). Integrirana zaštita šećerne repe od žičnjaka, repine pipe i repinog buhača nakon zabrane neonikotinoida. ISBN: 978-953-7878-67-2, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
12. Bažok, R., Gotlin Čuljak, T., Lemić, D., Juran I., Čačija, M., Mrganić, M., Drmić, Z., Virić Gašparić, H. (2019.). Osjetljivost važnijih ratarskih štetnika na insekticide. *Glasilo biljne zaštite*. 21-22.
13. Chromos- Agro (2020). Repin buhač. <https://www.chromos-agro.hr/repin-buhac/> - pristup 12. lipnja 2020.
14. Čačija, M., Bažok, R., Lemić, D., Mrganić, M., Virić Gašparić, H., Drmić, Z. (2018). Spinosini – Insekticidi biološkog porijekla. *Fragmenta phytomedica*. 32(2): 43-60.
15. Čačija, M., Bažok, R. (2011). Neonikotinoidi. *Glasilo biljne zaštite*. 11(4): 277-288.
16. Čamprag, D. (1997). Skočibube (Elateridae) i integralne mjere suzbijanja. Design studio Stanišić, Bačka Palanka.

17. Čamprag, D. (2000). Integralna zaštita ratarskih kultura od štetočina. Poljoprivredni fakultet, Institut za zaštitu bilja i životne sredine, Novi Sad.
18. Čamprag, D., Sekulić, R., Kereši, T. (2003). Repina korenova uš (*Pemphigus fuscicornis* Koch): sa osvrtom na integralnu zaštitu šećerne repe od najvažnijih štetočina, Poljoprivredni fakultet i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
19. Deak, L. (2018). Učinak ekološki prihvatljivih insekticida na repinu pipu. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
20. Drmić, Z. (2015). Repin buhač. U: Šećerna repa. Zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane poljoprivredne proizvodnje (ur. Bažok, R.). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet: 42-44.
21. Fauna Europaea (2020). – *Chaetocnema tibialis* – Distribution. [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/f2615078-09bb-4659-90bb-cae39cd89e89](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/f2615078-09bb-4659-90bb-cae39cd89e89) - pristup 12. lipnja 2020.
22. FIS (2020). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> - pristup 10. rujna 2020.
23. Gagro, M. (1998). Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva: industrijsko i krmno bilje. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
24. Gazdek, G. (2020). Ima li budućnost proizvodnja šećerne repe i šećera u Republici Hrvatskoj? <https://www.dw.com/hr/ima-li-budu%C4%87nost-proizvodnja-%C5%A1e%C4%87erne-repe-i-%C5%A1e%C4%87era-u-hrvatskoj/a-53586993> - pristup 03. kolovoza 2020.
25. Glušić, P. (2020). Osjetljivost repina buhača (*Chaetocnema tibialis* Illiger) na insekticide dozvoljene za primjenu u Republici Hrvatskoj, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
26. Gospodarski list (2020). Piretroidi u zaštiti bilja. <https://gospodarski.hr/rubrike/zastita-bilja/piretroidi-u-zastiti-bilja/> – pristup 15. lipnja 2020.
27. Gotlin Čuljak, T. (2015). Lisne uši. U: Šećerna repa: zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje (Bažok, R., Ur.). Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, 44-49.
28. Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2016). Poljoprivredna entomologija: sistematika kukaca. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet. Čakovec, 138-162.
29. Grdiša, M., Gršić, K. (2013). Botanical Insecticides in Plant Protection. Agriculture Conspectus Scientificus. 78(2): 85-93.
30. Gylling Data Management (2018). ARM 9® GDM software, Revision 2018.3 May 2018. Brookings, South Dakota, USA.
31. IRAC (2020). Insecticide Resistance Action Committee. <https://www.irac-online.org/modes-of-action/> - pristup: 20. lipnja 2020.
32. IRAC (2020a). IRAC Susceptibility Test Method 011 *Meligethes aeneus*. <https://irac-online.org/methods/meligethes-aeneus-adults/> - pristup 04. kolovoz 2020.

33. IRAC (2020b). IRAC Susceptibility Test Method 021 *Meligethes aeneus*. <https://irac-online.org/methods/pollen-beetle-adults/> - pristup 04. kolovoz 2020.
34. IRAC (2020c). IRAC Susceptibility Test Method 025 <https://irac-online.org/methods/meligethes-species-adults-2/> - pristup 04. kolovoz 2020.
35. Ivezić, M. (2007). Entomologija: kukci i ostali štetnici u ratarstvu. Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, 131-132.
36. Juran, I., Gotlin Čuljak, T., Bažok, R. (2012). Sintetski piretroidi. Glasilo biljne zaštite. 12(3): 196 – 210.
37. Konstantinov, A. S., Baselga, A., Grebennikov, V. V., Prena, J., Lingafelter, S. W. (2011). Revision of the Palearctis *Chaetocnema* species (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini). [https://doc.rero.ch/record/29321/files/Pensoft\\_Series\\_faunistica\\_95.pdf](https://doc.rero.ch/record/29321/files/Pensoft_Series_faunistica_95.pdf) - pristup 12. lipnja 2020.
38. Kristek, (2015). Agrotehnika u integriranoj proizvodnji šećerne repe, U: (Bažok, R., Ur.) Šećerna repa Zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne proizvodnje. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, str. 9-23.
39. Kristek, A., Stojić, B., Kristek, S. (2006). Utjecaj folijarne gnojidbe borom na prinos i kvalitetu korijena šećerne repe. Poljoprivreda. 12(1): 22-26.
40. Lemić, D. Drmić, Z., Bažok, R. (2016). Population dynamics of noctuid moths and damage forecasting in sugar beet. Agricultural and forest entomology. Vol. 18(2):128-136.
41. Lemić, D., Čačija, M., Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Bažok, R. (2017). Monitoring rezistentnosti štetnika. Glasilo biljne zaštite. 17(5): 439-456.
42. Maceljki, M. (1995). Rezistentnost krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* (Say.)) u Hrvatskoj, Zbornik predavanj. in refer. z 2. Slov. posvet o varstvu rastlin, 45 – 59.
43. Maceljki, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec.
44. Maceljki, M., Cvjetković, B., Igrc Barčić, J., Ostojić, Z. (2002). Priručnik iz zaštite bilja, drugo dopunjeno izdanje (za zaposlenike u poljoprivrednim ljekarnama), Zagreb: Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu RH; Hrvatsko društvo biljne zaštite.
45. Maceljki, M., Cvjetković, B., Ostojić, Z., Igrc Barčić, J., Pagliarini, N., Oštrec, Lj., Barić, K., Čizmić, I. (2004). Štetočinke povrća s opsežnim prikazom zaštite povrća od štetnika, uzročnika bolesti i korova, Znanje, Zagreb.
46. NPIC (2020). National Pesticide Information Center. Chlorpyrifos General Fact Sheet. <http://npic.orst.edu/factsheets/chlorpgen.html#whatis> - pristup 21. lipnja 2020.
47. Pastović, D. (2017.): Proces uzimanja uzoraka i kontrola kvalitete šećerne repe. Završni rad, Osijek.
48. Pests and pollinators (2020). Expand your Knowledge of Insects and the Natural World. <https://pestsandpollinators.com> - pristup 17. lipnja 2020.

49. Popić, M. (2020). Neće više biti dozvoljena primjena tiakloprida u EU. <https://www.agroklub.com/poljoprivredne-vijesti/nece-vise-bit-dozvoljena-primjena-tiakloprida-u-eu/56816/> - pristup 04. kolovoza 2020.
50. Pospišil M. (2004). Temeljne mjere uzgoja šećerne repe. Glasnik zaštite bilja. Vol. 5: 108-113.
51. Pospišil, M. (2013). Ratarstvo 2. dio – industrijsko bilje. Zrinski d.d. Čakovec. Press, Bath, United Kingdom.
52. Rozman V. (2011). Rezistencija štetnika na pesticide. Zbornik predavanja DDD. Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Osnovni principi provedbe DDD mjera u praksi / Korunić, J. - Zagreb : Korunić d.o.o., 2016, 63-68.
53. Sekulić, R., Kereši, T. (2003). Da li treba hemijski suzbijati repinog moljca? Zbornik radova, Sveska 38. Naučni institut za ratarstvo i povrtlarstvo, Novi Sad.
54. Šutalo, Ž. (2020). Šećerna repa – Beta vulgaris. <http://free-os.t-com.hr/agronomija/Repa/RSPovijest.htm> - pristup 10. lipnja 2020.
55. Tomizawa M., Casida J. E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. Annu. Rev. Pharmacol. 45: 247-268.
56. Tomlin, C. (1994). The Pesticide Manual, Incorporating The Agrochemicals Handbook. The British Crop Protection Council and The Royal Society of Chemistry. The Bath
57. Tot I. (2008). Osnovni preduvjeti za uspjeh u proizvodnji šećerne repe. Glasnik zaštite bilja. Vol. 4: 76-80.
58. Vencel, Ž., Hrgović, S. (2001.). Šećerna repa. Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu. Zagreb.

## **Životopis**

Anamaria Šutić rođena je 25. travnja 1996. godine u Makarskoj. Osnovno školovanje završila je u Gradcu, a srednju školu fra Andrije Kačića Miošića, smjer opća gimnazija upisala je 2011. godine, a završila 2015. godine u Pločama. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, smjer "Zaštita bilja" upisala je 2015. godine.

Razumije, govori i piše engleski jezik (stupanj B2) i njemački jezik (stupanj A2). Samostalno se koristi računalnim alatima poput MS Office (Word, Powerpoint i Excel) i Interneta.

Uz redovite fakultetske obveze pronalazi vremena i za obavljanje studentskih poslova te za obitelj i prijatelje.