

Rezistentnost krumpirove zlatice na organofosforne insekticide, piretroide i neonikotinoide

Glückselig, Borna

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:204:016440>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**REZISTENTNOST POPULACIJA KRUMPIROVE
ZLATICE NA ORGANOFSFORNE
INSEKTICIDE, PIRETROIDE I
NEONIKOTINOIDE**

DIPLOMSKI RAD

Borna Glückselig

Zagreb, rujan, 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:
Fitomedicina

**REZISTENTNOST POPULACIJA KRUMPIROVE
ZLATICE NA ORGANOFSFORNE
INSEKTICIDE, PIRETROIDE I
NEONIKOTINOIDE**

DIPLOMSKI RAD

Borna Glückselig

Mentor: doc.dr.sc. Darija Lemić

Zagreb, rujan, 2019.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Borna Glückselig**, JMBAG 0178094077, rođen dana 26.12.1993. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

**REZISTENTNOST POPULACIJA KRUMPIROVE ZLATICE NA
ORGANOFOSFORNE INSEKTICIDE, PIRETROIDE I NEONIKOTINOIDE**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini 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 upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVIJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Borna Glückselig**, JMBAG 0178094077, naslova

REZISTENTNOST POPULACIJA KRUMPIROVE ZLATICE NA
ORGANOFOSFORNE INSEKTICIDE, PIRETROIDE I NEONIKOTINOIDE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|----------------------------|--------|-------|
| 1. | doc. dr. sc. Darija Lemić | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Renata Bažok | član | _____ |
| 3. | prof. dr. sc. Milan Poljak | član | _____ |

Zahvala

Ovim putem želim se zahvaliti mentorici doc. dr. sc. Dariji Lemić na velikoj pomoći, podršci i stručnom vodstvu u izradi ovoga rada. Također, zahvaljujem se doc. dr. sc. Maji Čačiji, dr. sc. Zrinki Drmić, Heleni Virić Gašparić, mag. ing. agr., Martini Mrganić, mag. ing. agr. i svim kolegama i kolegicama studentima koji su sudjelovali u postavljanju i očitavanju ovoga pokusa.

Istraživanje je provedeno u sklopu projekta „Monitoring rezistentnosti štetnika: nove metode detekcije i učinkovite strategije upravljanja rezistentnošću MONPERES“ financiranog od Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ), unutar Programa istraživački projekti.

SADRŽAJ

SAŽETAK	1
SUMMARY	2
1. UVOD.....	3
1.1. CILJ ISTRAŽIVANJA	3
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. KRUMPIROVA ZLATICA (<i>LEPTINOTARSA DECEMLINEATA</i> SAY) ..	4
2.1.1. SUZBIJANJE KRUMPIROVE ZLATICE	6
2.2. REZISTENTNOST	8
2.2.1. PRAĆENJE REZISTENTNOSTI ŠTETNIKA	9
2.2.2. MEHANIZMI RAZVOJA REZISTENTNOSTI	10
2.3. REZISTENTNOST KRUMPIROVE ZLATICE	11
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. PRIKUPLJANJE KRUMPIROVE ZLATICE.....	13
3.2. INSEKTICIDI KORIŠTENI U POKUSU	16
3.3. PROVEDBA POKUSA	17
3.4. OČITAVANJE REZULTATA POKUSA.....	18
3.5. OBRADA REZULTATA POKUSA	19
4. REZULTATI.....	20
5. RASPRAVA	29
6. ZAKLJUČCI.....	31
7. POPIS LITERATURE	32
8. ŽIVOTOPIS	36

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Borna Glückselig**, naslova

REZISTENTNOST POPULACIJA KRUMPIROVE ZLATICE NA ORGANOFOSFORNE INSEKTICIDE, PIRETROIDE I NEONIKOTINOIDE

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) najveći je štetnik krumpira u Hrvatskoj i svijetu. Moguće ju je suzbijati različitim metodama, međutim glavni način njenog suzbijanja je upotrebom insekticida. Zbog visokog biološkog potencijala i njene prirodne sposobnosti toleriranja i brzog prilagođavanja otrovima, primjetan je brz razvoj rezistentnosti na insekticide. Krumpirova zlatica rezistentna je na 56 djelatnih tvari insekticida te je do danas zabilježeno više 300 slučajeva rezistentnosti ovog štetnika. Do sredine 90-ih u Hrvatskoj se provodio sustavni monitoring rezistentnosti krumpirove zlatice. Pojava rezistentnosti na organofosforne insekticide (OP) dokazana je nakon 16 godina njihove šire primjene te je bila proširena na 70 % krumpirišta središnje Hrvatske. Na piretroide (P) rezistentnost je dokazana nakon sedam godina šire primjene te je bila proširena na 30 % krumpirišta istog područja. Navedene grupe insekticida ne preporučuju se za suzbijanje krumpirove zlatice već 20 godina te se postavlja pitanje jesu li populacije s rezistentnih područja još uvijek rezistentne na OP i P insekticide, te da li se pojavila rezistentnost na noviji insekticid tiakloprid (iz skupine neonikotinoida). U 2017. godini provedeni su laboratorijski pokusi u kojima se istraživala rezistentnost krumpirove zlatice na tri djelatne tvari insekticida (klorpirifos, cipermetrin, tiakloprid) na 16 lokaliteta središnje i sjeverozapadne Hrvatske. Utvrđena je učinkovitost preporučene doze, dvostruke, pola te 1/5 doze. Također, utvrđena je učinkovitost na laboratorijski uzgojen osjetljiv soj krumpirove zlatice s kojim su uspoređeni svi dobiveni podatci. Klasifikacija populacija provedena je prema IRAC metodi br. 1132 pri čemu su populacije klasificirane u 5 kategorija temeljem učinkovitosti (E) preporučene doze utvrđene 72 sata nakon tretiranja kao 1 – visoko osjetljive ($E = 100\%$); 2 – osjetljive ($100 > E \geq 95\%$); 3 – blago rezistentne ($95 > E \geq 90\%$); 4 – rezistentne ($90 > E \geq 50\%$); 5 – visoko rezistentne ($E < 50$). Osjetljivi soj pokazao je očekivanu visoku osjetljivost na sve insekticide. Na cipermetrin osjetljiva je jedna populacija, jedna je blago rezistentna, većina populacija (13) su rezistentne, a jedna populacija je visoko rezistentna na cipermetrin. Dvije su populacije klasificirane kao osjetljive na klorpirifos, sedam populacija je rezistentno, a sedam populacija je visoko rezistentno. Pet populacija krumpirove zlatice rezistentno je na tiakloprid, a 11 njih je osjetljivo ili visoko osjetljivo. Iz rezultata je vidljivo da se situacija s rezistentnošću krumpirove zlatice na OP i P insekticide nije promijenila u odnosu na stanje prije 25 godina. Također, utvrđen je razvoj rezistentnosti i na novije korištenu djelatnu tvar iz skupine neonikotinoida što upućuje na vrlo brzo prilagodbu ovog štetnika na insekticide.

Ključne riječi: krumpirova zlatica, rezistentnost, klorpirifos, cipermetrin, tiakloprid

Summary

Of the master's thesis - student **Borna Glückselig**, entitled

RESISTANCE OF COLORADO POTATO BEETLE TO ORGANOPHOSPHATE INSECTICIDES, PYRETHROIDS AND NEONICOTINOIDS

Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say) is the biggest potato pest in Croatia and worldwide. It is possible to control it by various methods, however the main way of control is by the use of insecticides. Due to its high biological potential and natural ability to tolerate and quickly adapt to toxic substances, rapid development of resistance to insecticides is notable. Colorado potato beetle is resistant to 56 active ingredients of insecticides, and to date, more than 300 cases of resistance was registered. By the mid-1990s, systemic monitoring of CPB resistance was conducted in Croatia. The appearance of resistance to organophosphates (OP) has been proven after 16 years of their widespread use, and it has been spreaded on 70% of potato fields in central Croatia. Resistance to pyrethroids (P) has been proven after 7 years of their widespread use, and it has been spreaded on 30% of potato fields of that area. These groups of insecticides are not recommended for CPB control for the past 20 years, and the question is whether the populations from resistant areas are still resistant to OP and P insecticides, and whether the resistance to newer insecticide thiacloprid (from the neonicotinoid group) has occurred. In the year 2017, a laboratory experiment was set up to investigate the resistance of Colorado potato beetle to three insecticides (chlorpyrifos, cypermethrine, thiacloprid). Their efficiency was determined on 16 populations of beetles which were collected in central and north-western Croatia. Efficiency of recommended dose, double, half and 1/5 of the dose was determined. Efficiency of laboratory-grown susceptible CPB strain, to which all the obtained data were compared, was also determined. Rough classification of populations was conducted according to the IRAC method no. 1132 where populations were classified into 5 categories on the basis of the efficiency E of recommended dose determined 72 hours after treatment as: 1 – highly susceptible ($E = 100\%$) ; 2 – susceptible ($100 > E \geq 95\%$) ; 3 – slightly resistant ($95 > E \geq 90\%$) ; 4 – resistant ($90 > E \geq 50\%$) ; 5 – highly resistant ($E < 50$). Susceptible strain showed the expected high susceptibility to both insecticides. One population was susceptible to cypermethrine, one was slightly resistant, 13 populations were resistant and one was highly resistant to cypermethrine. Two populations were classified as susceptible to chlorpyrifos, seven were resistant, and seven populations of CPB were highly resistant. Five populations of CPB were resistant to thiacloprid and 11 were susceptible or highly susceptible. Results of the experiment shows that the situation with CPB resistance to OP and P insecticides have not changed in relation to the condition 25 years ago. development of resistance to a newer active ingredient of insecticide from neonicotinoid group was also determined, indicating the rapid adaptation of this pest to insecticides.

Keywords: Colorado potato beetle, resistance, chlorpyrifos, cypermethrin, thiacloprid.

1. Uvod

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) najznačajniji je štetnik krumpira u Hrvatskoj i svijetu. Podrijetlom je iz Sjeverne Amerike, a na području Europe prvi puta se pojavila početkom 20. stoljeća te je danas rasprostranjena širom Europe, sjeverne Amerike, Male Azije, središnje Azije te zapadne Kine (Weber, 2003). Na području Hrvatske prvi puta je otkrivena 1947. godine u okolici Zaporešića, a danas je, osim na nekim otocima, proširena po cijeloj državi (Maceljski, 2002). Značajne štete čine odrasle zlatice i ličinke izgrizanjem cime krumpira i mogu uzrokovati potpunu defolijaciju krumpira što dovodi do gubitka prinosa gomolja (Stanković i sur., 2012).

Krumpirovu zlaticu moguće je suzbijati različitim mehaničkim metodama kao što je odstranjivanje listova s jajima, ručno sakupljanje i uništavanje odraslih zlatica i ličinki te korištenje plodoreda (Pintar i sur., 2016). Međutim, glavni način suzbijanja krumpirove zlatice je kemijskim putem, odnosno upotrebom insekticida, ali unatoč činjenici da se time drastično smanjuje populacija krumpirove zlatice, primjetan je razvoj rezistentnosti na različite insekticide i velik je problem u suzbijanju ovog štetnika (Szendrei i sur., 2015). Zbog visokog biološkog potencijala i njene prirodne sklonosti toleriranja i brzog prilagođavanja otrovima, zlatica ima dobre predispozicije za brzi razvoj rezistentnosti (Alyokhin, 2009). Zbog toga je među prvim štetnicima koji je razvio rezistentnost na insekticide te je do danas u različitim dijelovima svijeta postala rezistentna na gotovo sve insekticide koji se koriste za njeno suzbijanje (Bažok i sur., 2017). Kako navodi Arthtopod pest resistance database (APRD 2019) zabilježeno je 300 slučajeva rezistentnosti krumpirove zlatice na 56 različitih insekticida, a već je 1955. godine u SAD – u dokazana njena rezistentnost na DDT (diklor-difenil-trikloretnan), insekticid iz skupine kloriranih ugljikovodika (Quinton, 1955). Na području Europe prvi slučajevi rezistentnosti na klorirane ugljikovodike dokazani su 1965. godine u Italiji, Portugalu, Španjolskoj, Poljskoj i Švicarskoj, a u Hrvatskoj je dokazana 16 godina nakon početka njihove šire primjene (Maceljski, 1967). Na organofosforne insekticide i karbamate rezistentnost je u Hrvatskoj dokazana nakon 16, a na piretroide nakon 7 godina šire primjene (Maceljski, 1995a). Do sredine 1990.-ih godina provodio se sustavni monitoring rezistentnosti za krumpirovu zlaticu u Hrvatskoj. Međutim, od kraja 90ih godina prošlog stoljeća te informacije više nisu dostupne zbog toga što na nove insekticide, koji su tada uvedeni za njeno suzbijanje, u početku njihove primjene nije pokazivala rezistentnost te se smatralo da je taj problem riješen (Bažok i sur., 2017).

1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi da li su populacije krumpirove zlatice s rezistentnih područja RH još uvijek rezistentne na cipermetrin (iz skupine piretroida) i klorpirifos (iz skupine organofosfornih insekticida), te da li se pojavila rezistentnost na noviji insekticid tiakloprid (iz skupine neonikotinoida).

2. Pregled literature

2.1. Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say)

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) najznačajniji je štetnik krumpira u Hrvatskoj i svijetu (Bažok, 2013). Podrijetlom je iz Sjeverne Amerike, a Europom se počela širiti početkom 20. stoljeća te je danas, osim na području Velike Britanije, Irske i skandinavskih zemalja, rasprostranjena širom Europe (Pintar i sur., 2016). Osim u Europi, krumpirova zlatica raširena je i diljem Sjeverne Amerike, Male Azije, središnje Azije te zapadne Kine (Weber, 2003). Na ovim prostorima otkrivena je prvi puta 1946. godine u Sloveniji kraj Krškog, a na području Hrvatske otkrivena je prvi puta 1947. godine na području Zaprešića. Nekoliko godina kasnije, redovitim širenjem kroz Europu, prešla je granice u Istri i Međimurju te je danas rasprostranjena po cijeloj državi, osim na nekim otocima (Maceljski, 2002).



Slika 2.1. Odrasla krumpirova zlatica
(Izvor: 034portal, 2019).

Odrasla zlatica (slika 2.1.) veličine je oko 10 milimetara te ima crne i žute uzdužne pruge. Ličinke (slika 2.2.) ružičaste su boje s crnom glavom i točkama po tijelu. Ličinke prve i druge generacije narastu do četiri milimetra, a ličinke treće i četvrte generacije od četiri do 15 milimetara (Maceljski, 2002). Jaja krumpirove zlatice (slika 2.2.) žute su boje, a nalaze se u skupinama (jajnim leglima) od 25 do 80 jaja na naličju listova (Bažok, 2013). Krumpirova zlatica prezimljuje kao odrasli oblik u tlu. Zlatice se krajem ljeta zavlače u tlo u polju krumpira ili na rubovima tih polja. Zimska dijapauza, tijekom koje kukci ne reagiraju na promjene vremenskih uvjeta, traje otprilike tri mjeseca (De Kort, 1990), a nakon toga iz tla izlaze kada temperatura tla na 10 centimetara dubine poraste iznad 14,5 °C (Bažok, 2013). U početku se kreću hodaњem te mogu prijeći i nekoliko stotina metara (Alyokhin i sur., 2008), a letjeti počinju kada temperatura zraka prijeđe 20 °C (Bažok, 2013). Nakon izlaska iz tla zlatica može preživjeti bez hrane desetak dana, a parenje prezimjelih odraslih zlatica započinje tek nakon dodatne ishrane. Kako bi mogle odlagati jaja potrebna im je ishrana s više od 20 cm² lisne mase. Visoke temperature pogoduju ishrani zlatica pa je brže i odlaganje jaja i ženke su plodnije. U hladnijim godinama odlažu manje, a u toplijima više jaja. Ženke odlažu jaja u skupinama na naličje listova, najčešće tijekom svibnja (Maceljski, 2002). Razvoj

jaja traje od pet do 16 dana, ovisno o temperaturi te je najkraći kada je temperatura zraka iznad 25 °C. Iz odloženih jaja kroz nekoliko dana izlaze ličinke koje se presvlače tri puta (Pintar i sur., 2016). Razvoj prvog stadija ličinke traje od tri do četiri dana, drugog stadija između tri i sedam dana, trećeg od četiri do osam, a četvrtog stadija od pet do 11 dana (Maceljski, 2002). Što je ličinka višeg razvojnog stadija, veća je šteta koju uzrokuje (Pintar i sur., 2016). Ličinke se hrane na biljkama između dva i tri tjedna, nakon čega se spuštaju s biljaka i odlaze u tlo na kukuljenje (Bažok, 2013). Za razvoj kukuljice u tlu potrebno je da suma efektivnih temperatura viših od 11,5 °C dosegne 180 °C (Maceljski, 2002). Početkom srpnja iz kukuljica izlaze odrasle zlatice prve generacije koje odlaze jaja na već velike i razvijene biljke krumpira (Bažok, 2013). Nakon izlaska iz kukuljice, odrasle zlatice moraju se hraniti pet do deset dana kako bi im se krila u potpunosti razvila te nakon toga mogu letjeti na udaljenosti i do nekoliko kilometara (Weber i Ferro, 1996). Ličinke nove generacije razvijaju se tijekom srpnja, a u kolovozu se javljaju odrasli druge generacije koji se još kratko vrijeme hrane prije odlaska na prezimljenje (Bažok, 2013). Ovisno o temperaturi, razvoj krumpirove zlatice od jaja do odraslog oblika traje između 14 i 56 dana (Ferro i sur., 1985). Najbrže se razvija na temperaturama između 25 °C i 32 °C (Alyokhin i sur., 2008).



Slika 2.2. Jaja (lijevo) i ličinke (desno) krumpirove zlatice
(Izvor: Syngenta, 2019).

Krumpirova zlatica tipičan je oligofag koji, osim na krumpiru, štete čini i na patlidžanu i rajčici (Maceljski 2002). Štete (slika 2.3.) čine odrasli oblici i ličinke ishranom na listovima kroz dvije uzastopne generacije, što može dovesti do potpune defolijacije krumpira te gubitaka u prinosu gomolja (Stanković i sur., 2012). Osim na merkantilnom krumpiru, velike štete nastaju zbog napada na sjemenske usjeve krumpira zbog njihove velike vrijednosti (Maceljski, 1995). Kapacitet ishrane odraslih zlatica i ličinki je velik, pa jedan par zlatica sa svojim potomstvom može uništiti do 1 m² lisne površine (Bažok, 2013). Ličinka prvog stadija pojede oko 20 mm² lisne površine tijekom razvoja, drugog stadija oko 150 mm², trećeg stadija 520 mm², a ličinka četvrtog stadija oko 800 mm² lisne površine (Maceljski, 2002). Jedna jedinka u ličinačkom stadiju tijekom svog razvoja pojede do 40 cm² lisne površine (Ferro i sur, 1985). Kako navodi Maceljski (2002) jedna odrasla jedinka po danu pojede 259 mm² lisne površine na temperaturi od 16 °C, 422 mm² na temperaturi od 21 °C, dok na temperaturi od 25 °C pojede čak 800 mm² lisne mase. Za života zlatica ukupno poždere oko 120 cm² mase lista. Kada zlatice pojedu svu lisnu masu, mogu se također hraniti stabljikama te gomoljima koji vire iz tla (Harcourt, 1971). Biljka krumpira može tolerirati određeni postotak defolijacije, tj. 30 – 40 % defolijacije tijekom ranog porasta, 10 – 60 %

tijekom srednje faze razvoja te do 100 % u kasnijoj fazi bez značajnog gubitka prinosa (Hare, 1980). Međutim, zbog velike proždrljivosti ovog štetnika te brzog porasta populacije, razina defolijacije često prelazi preko granica koje biljka u ranijim fazama razvoja može tolerirati pa dolazi do značajnog gubitka prinosa (Alyokhin, 2009). Smatra se da uništenje cime krumpira do 20 % ne utječe na snižavanje prinosa gomolja. Kako navodi Maceljski (2002) istraživanja su pokazala da visina šteta najviše ovisi o tome u koje vrijeme, u odnosu na tuberizaciju, dođe do uništenja više od 20 % lisne mase. Primjerice, za jakog napada i potpune defolijacije u početku tuberizacije prinos gomolja je manji od količine zasađenog sjemenskog krumpira, dakle, došlo je do totalne štete. Za identično jakog napada dvadesetak dana prije završetka vegetacije, gubitak prinosa iznosio je samo 30 %, pa se može zaključiti da se napad prije cvatnje odražava na visinu prinosa od dva do pet puta više od napada nakon cvatnje (Maceljski, 2002). Bez kontrole i suzbijanja, ovaj štetnik može potpuno uništiti usjeve krumpira (Harcourt, 1971).



Slika 3.2. Štete koje čini krumpirova zlatica na krumpiru
(Izvor: Green Thumb Photography, 2019).

2.1.1. Suzbijanje krumpirove zlatice

Prognoza pojave i potreba za suzbijanjem krumpirove zlatice temelje se na redovitim vizualnim pregledima biljaka. Pregledava se određeni broj biljaka u nizu tako da se prebroje svi razvojni stadiji kukca (jaja, ličinke i odrasli oblici). Zaraza se izračunava kao broj zlatica po biljci. Prezimjele odrasle zlatice rijetko se pojavljuju u broju u kojem bi napravile značajne štete. Samo ako su na svakom busu prisutne više od dvije zlatice, a krumpir je slab, potrebno ih je suzbijati. Ličinke je potrebno suzbijati ako se na svakom šestom busu prije cvatnje nalazi od 10 do 15 ličinki ili dvije ličinke po biljci. Nakon cvatnje, prag odluke je veći, pa se suzbijanju pristupa kada iz 20 % jaja izađu ličinke (Bažok, 2013). Odrasle zlatice ljetne generacije potrebno je suzbijati kada se na svakom busu nalazi više od pet zlatica, a ličinke ljetne generacije ako ih ima više od 20 do 30 na svakom busu, a do kraja vegetacije ostaje više od 20 dana (Maceljski, 2002). Pri tome ne smije se čekati da ličinke narastu veće od četiri milimetra, jer tada insekticidi slabije djeluju pa će štete biti znatno veće (Bažok, 2013).

Izravno je krumpirovu zlaticu moguće suzbijati mehaničkim i kemijskim putem. Redoviti pregled i odstranjivanje listova s jajima krumpirove zlatice najbolja je preventivna mjera, ali je jedino primjenjiva na manjim površinama. Ručno skupljanje i uništavanje odraslih zlatice i ličinki također je učinkovit način suzbijanja na manjim površinama. Sakupljanjem ženki prije ovipozicije smanjuje se brojnost ličinki iduće generacije. Plodoredom se smanjuje napad prezimljujuće generacije zato što zlatice često prezime na polju na kojem je krumpir bio uzgajan prošle godine (Pintar i sur., 2016), ali s obzirom na veliku mobilnost zlatice, polja u plodoredu moraju biti udaljena barem 0,3 do 0,9 kilometara da bi učinak bio dobar (Alyokhin, 2009). Na poljima na kojima se primjenjuje rotacija usjeva (plodored) količina odloženih jaja može iznositi i manje od 10 % od količine jaja na polju gdje se plodored ne primjenjuje (Lashomb i Ny, 1984). Ranijom sadnjom krumpira mogu se smanjiti štete od druge generacije ličinki zbog toga što je usjev već izvađen iz tla u vrijeme kada se ta generacija pojavljuje. Ova metoda se zbog različitih agronomskih i ekonomskih razloga često ne može u potpunosti primijeniti (Weber i Ferro, 1994). Kopanjem jama oko polja prekrivenih plastičnom folijom, u vrijeme kada zlatice još ne lete, može se odgoditi napad prezimljujuće generacije te reducirati populacija slijedeće generacije za 40 do 90 % (Boiteau i sur., 1994). Razne mogućnosti biološkog suzbijanja još se istražuju (Pintar i sur., 2016).

Postoji veliki broj vrsta prirodnih neprijatelja koji napadaju krumpirovu zlaticu, a neki od njih, u istraživanjima, pokazuju potencijal za biološko suzbijanje krumpirove zlatice (Alyokhin, 2009) kao što su predatorske stjenice *Perillus bioculatus* (Fabricius, 1775) i *Podisus maculiventris* (Biever i Chauvin, 1992), neke vrste božjih ovčica te parazitska osica *Edovum puttleri* (Grissell) koja parazitira jaja zlatice (Lashomb i sur., 1987). Krumpirovu zlaticu također je moguće suzbijati nekim vrstama entomopatogenih nematoda, no njihova učinkovitost se jako razlikuje između studija te ovisi o vrsti i soju nematoda i okolišnim čimbenicima (Berry i sur., 1997). Od uzročnika bolesti zlatice javljaju se gljivica *Beauveria bassiana* (Balsamo) i mikrosporidije roda *Nosema* koje djeluju na zlatice koje se nalaze u tlu na prezimljenju (Maceljski, 2002). Iako je upotreba prirodnih neprijatelja opcija vrijedna razmatranja, u pravilu tim metodama nije moguće reducirati populaciju krumpirove zlatice ispod ekonomskog praga štetnosti te se moraju kombinirati s drugim načinima suzbijanja (Ferro, 1994). Genetičkim preinačavanjem biljaka dobiveni su transgeni kultivari krumpira koji su sposobni proizvesti toksin bakterije *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis*. Takvi kultivari otporni su na krumpirovu zlaticu, no zbog nužne opreznosti pristupu genetički preinačenim biljkama, takav krumpir se ne uzgaja još u Europi (Maceljski, 2002). Ipak, glavni način suzbijanja krumpirove zlatice je kemijskim putem, tj. upotrebom insekticida, ali unatoč činjenici da se upotrebom insekticida drastično reduciraju populacije zlatice, razvoj rezistentnosti na različite aktivne tvari insekticida je primjetan i velik je problem u suzbijanju ovog štetnika (Szendrei i sur., 2015). Prema Bažok (2019) za suzbijanje krumpirove zlatice u Hrvatskoj, trenutno dozvolu imaju sredstva na osnovi djelatnih tvari cipermetrin, alfa – cipermetrin, deltametrin, esfenvalerat, lambda – cihalotrin, imidakloprid, tiakloprid, acetamiprid, spinosad, *Bacillus thuringiensis*, lufenuron, metaflumizon i klorantraniliprol.

2.2. Rezistentnost

Pod pojmom rezistentnost podrazumijevamo pojavu postepenog snižavanja efikasnosti nekog insekticida na određenu vrstu kukaca. Insekticid koji je prilikom prvih primjena bio visoko efikasan, nakon izvjesnog duljeg vremena primjene ili kroz veći broj generacija određenog štetnika, počinje popuštati u efikasnosti, a nakon izvjesnog vremena čak i u višestruko povećanim dozama izgubi svoje djelovanje (Maceljski, 1964). *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC) definira rezistentnost kao nasljednu promjenu u osjetljivosti populacije štetnika zbog čega dolazi do neuspjeha sredstva za zaštitu bilja da postigne zadovoljavajući učinak kada se koristi prema preporuci za tu vrstu štetnika (IRAC, 2019). Rozman (2008) ističe da je rezistentnost genetski uvjetovana pojava do koje dolazi zbog genetskih mutacija uzrokovanih učestalom primjenom istog sredstva. Upotreba insekticida sama po sebi ne uzrokuje rezistentnost već se ona javlja kada se prirodnim mutacijama u malim razmjerima unutar neke populacije pojavi rezistentnost i sposobnost umanjavanja djelovanja insekticida. Ako se takvo svojstvo očuva kontinuiranom primjenom insekticida, rezistentnost će se prenijeti na potomstvo sa svim genetskim promjenama te će se na taj način povećati brojnost rezistentnih jedinki u populaciji. Taj proces će trajati duže ako su geni koji uzrokuju rezistentnost rijetki ili su pak prisutni u niskoj frekvenciji (Bažok i Lemić, 2017). Do pojave rezistentnosti dolazi selektivnim djelovanjem insekticida. Minimalan broj rezistentnih jedinki, koji je uvijek prisutan u određenoj populaciji kukaca, ostane na životu nakon primjene insekticida (Maceljski, 1964). To je razlog zbog čega insekticidi rijetko postižu stopostotnu učinkovitost (Bažok i Lemić, 2017). Čestom primjenom istih ili sličnih insekticida konstantno se odvajaju osjetljive jedinke te uvijek preostaju samo rezistentne jedinke. One se međusobno razmnožavaju te tako stvaraju populacije sa sve većim udjelom rezistentnih jedinki (Maceljski, 1964). Učestalom primjenom istog insekticida ponavlja se takva selekcija na isti način. Ako se to čini kroz veći broj generacija štetnika, udio rezistentnih jedinki u populaciji postaje znatno viši, sve dok u populaciji ne počnu prevladavati rezistentne jedinke te se to opaža kao nedovoljna učinkovitost insekticida. Takva rezistentnost naziva se i stečena rezistentnost jer se razvija tijekom određenog vremena u kojem se primjenjuje pojedini insekticid, koji je u početku bio jako djelotvoran (Bažok i Lemić, 2017).

Moguće su, također, i pojave *cross* – rezistentnosti i višestruke rezistentnosti. Pod pojmom unakrsne ili *cross* – rezistentnosti (eng. *cross – resistance*) podrazumijevamo sposobnost toleriranja učinkovitosti dvije ili više vrsta djelatnih tvari iz iste ili iz različitih kemijskih skupina, a koje su istog mehanizma djelovanja (Rozman, 2016). Iz toga razloga se insekticidi raspoređuju prema njihovom mehanizmu djelovanja, dok je podatak o pripadnosti kemijskoj skupini manje bitan. Unakrsna rezistentnost može se pojaviti između organofosfornih insekticida i karbamata jer oni imaju isti mehanizam djelovanja (Bažok i Lemić, 2017). Višestruka rezistentnost (eng. *multiple resistance*) pojava je sposobnosti određenog štetnika da tolerira više sredstava iz više od jedne kemijske skupine (Rozman, 2016). To je uobičajena pojava ako se nekoliko različitih mehanizama djelovanja nalazi prisutno istovremeno unutar određenog štetnika, te se oni mogu povezivati i omogućiti rezistentnost na više skupina insekticida (Bažok i Lemić, 2017).

Pojava rezistentnih sojeva štetnika u poljoprivredi ima vrlo ozbiljne posljedice jer ugrožava prodaju i plasman nekog insekticida te na taj način ugrožava poslovne uspjehe kompanija koje ih proizvode i plasiraju na tržište. Poljoprivredni proizvođači zbog smanjene učinkovitosti insekticida ne uspijevaju zaštititi svoje usjeve od štetnika pa trpe velike gubitke ili moraju primjenjivati skuplje insekticide. Na taj način smanjena je rentabilnost proizvodnje, te na kraju gubitak trpi poljoprivredna proizvodnja na razini države (Bažok i Lemić, 2017). Problem rezistentnosti štetnika proizvođači pokušavaju riješiti primjenom veće doze insekticida ili tretiranjem više puta. Osim direktnog utjecaja na poljoprivrednu proizvodnju dolazi i do negativnih utjecaja na okoliš zbog prekomjernih ostataka sredstava u poljoprivrednim proizvodima ili u tlu (Lemić i sur., 2017). Za neke štetnike ne postoje široko primjenjiva alternativa rješenja što dovodi u pitanje daljnji uzgoj poljoprivrednih kultura koje ti štetnici ugrožavaju (Bažok i Lemić, 2017).

2.2.1. Praćenje rezistentnosti štetnika

Međunarodna radna skupina koja prati pojavu rezistentnosti štetnika u svijetu naziva se *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC). Osnovana je 1984. godine kao odgovor proizvođača sredstava za zaštitu bilja na povećane probleme s pojavom rezistentnosti štetnika. IRAC djeluje kao specijalistička tehnička skupina koja osigurava koordinirani odgovor proizvođača pesticida u sprječavanju ili usporavanju razvoja rezistentnosti kukaca i grinja (Lemić i sur., 2019). Njegovi glavni ciljevi su olakšavanje komunikacije i edukacija o otpornosti na insekticide te osiguravanje dugoročne učinkovitosti insekticida i promicanje strategija upravljanja rezistentnošću na insekticide. IRAC procjenjuje da su takve aktivnosti najbolji način za očuvanje ili ponovno stjecanje osjetljivosti štetnika na insekticide te da su ključne za učinkovito suzbijanje štetnika. Ističe se važnost preventivnog sprječavanja nastanka rezistentnosti zbog toga što se na taj način mogu spriječiti komplikacije u budućnosti (IRAC, 2019a). Rad IRAC – a podijeljen je u nekoliko radnih grupa, od kojih se neke bave metodama utvrđivanja rezistentnosti, mehanizmima djelovanja, bazama podataka s dokazanim slučajevima rezistentnosti, a tri radne skupine se bave određenim redovima ili skupinama kukaca (Coleoptera, Lepidoptera, kukci koji sišu) (IRAC, 2019b). IRAC- ova baza podataka o rezistentnosti štetnih kukaca i grinja naziva se *Arthropod Pesticide Resistance Database* (APRD, 2019). To je profesionalno dizajniran sustav za online pretraživanje, pregled i unos podataka o rezistentnosti štetnika na insekticide i za procjenu trenutnog stanja rezistentnosti širom svijeta. Ciljevi baze su kontinuirano dokumentiranje slučajeva rezistentnosti u svijetu, održavanje web sustava za brzu prijavu rezistentnosti te izrađivanje mjesečne analize za objavljivanje statističkih podataka o broju slučajeva rezistentnosti prema vrstama, geografskim područjima, mehanizmima djelovanja, kemijskoj pripadnosti i taksonomskoj važnosti. Sustav također omogućava analizu podataka i kreiranje sažetaka o rezistentnosti štetnika za objavu te je koristan alat u pripremi antirezistentne strategije za suzbijanje štetnika (Lemić i sur., 2017).

2.2.2. Mehanizmi razvoja rezistentnosti

Načini na koje štetnici blokiraju i usporavaju djelovanje insekticida su različiti (Maceljski 1967). Razvoj rezistentnosti kukaca na insekticide uglavnom se zasniva na slijedećim mehanizmima, a to su: smanjenje propustljivosti staničnih membrana, povećanje detoksikacije insekticida i promjene na mjestu djelovanja insekticida (Sudimac, 2016), a prema IRAC – u (2019a) postoje četiri mehanizma rezistentnosti kod kukaca:

1. **Fiziološki uvjetovana rezistentnost ili metabolička rezistentnost** (eng. „*metabolic resistance*“) očituje se u sposobnosti organizma da putem biokemijskih procesa umanju ili neutralizira djelovanje nekih otrova (Maceljski, 1964). To je najčešći mehanizam rezistentnosti, a sastoji se u razvoju mehanizama uz pomoć kojih rezistentni kukci mogu detoksicirati ili uništiti insekticid prije nego što on počne djelovati na mjestu djelovanja (Bažok i Lemić, 2017) ili pak ti kukcu imaju sposobnost brzo izlučiti toksične spojeve iz tijela (Rozman i Liška, 2017). U tom procesu kukci koriste svoj sustav enzima kako bi onemogućili djelovanje insekticida (Bažok i Lemić, 2017). Najstariji prijavljeni slučaj fiziološke rezistentnosti bila je rezistentnost kućne muhe na DDT (Lipke i Kearns, 1960).

2. **Rezistentnost reducirane penetracije ili morfološka rezistentnost** (eng. „*penetration resistance*“) sastoji se u svojstvu kukaca da spriječe prodor insekticida u tijelo (Maceljski, 1964). Rezistentne jedinke na svome tijelu imaju neke prepreke koje mogu usporiti apsorpciju insekticida u njihovo tijelo (Bažok i Lemić, 2017). Radi se o modifikaciji egzoskeleta i izmjeni sastava voštanog sloja egzokutikule čime se inhibira prodor insekticida i smanjuje se apsorpcija, a enzimi se dovoljno brzo razgrade te na taj način oslabe njegovo djelovanje te rezistentna jedinka preživi izloženost letalnoj dozi primijenjenog insekticida (Rozman i Liška, 2017).

3. **Psihofizički uvjetovana ili bihevioralna rezistentnost** (eng. „*behavioral resistance*“) sastoji se u određenim promjenama ponašanja nekih jedinki koje dovode do smanjenog kontakta s insekticidom (Maceljski, 1964). Rezistentne jedinke mogu prepoznati opasnost i izbjeći kontakt s insekticidom prije akumuliranja smrtonosne doze ili se pak prestaju hraniti ako naiđu na tretirano područje te ga napuštaju (Rozman i Liška, 2017). Takav mehanizam rezistentnosti poznat je za mnoge insekticide, uključujući organofosforne insekticide, karbamate i piretroide (Bažok i Lemić, 2017).

4. **Odredišno – položajno uvjetovana rezistentnost** (eng. „*target – site resistance*“) sastoji se u svojstvu kukaca da spriječe djelovanje insekticida na mjestu njegova specifičnog djelovanja. Takav mehanizam rezistentnosti nastaje zbog promjena koje se događaju na mjestu na kojem insekticid djeluje u tijelu kukca (Bažok i Lemić, 2017). To mjesto može biti genetski modificirano kako bi se spriječilo vezanje ili miješanje insekticida na mjestu djelovanja čime se smanjuje ili uklanja učinak insekticida (Rozman i Liška, 2017). To je drugi najčešći mehanizam rezistentnosti. Dokazano je da su neki kukci razvili takav mehanizam na DDT, organofosforne insekticide i piretroide (Bažok i Lemić, 2017).

2.3. Rezistentnost krumpirove zlatice

Među više od 500 vrsta kukaca i grinja za koje je do danas dokazana rezistentnost ističe se krumpirova zlatica koja je jedan od prvih štetnika za kojeg je zabilježena rezistentnost na insekticide. Vrlo brzo se prilagođava i razvija rezistentnost na insekticide koji se koriste za njeno suzbijanje (Bažok i sur., 2017). Prema službenoj bazi podataka APRD (2019) do danas je zabilježeno 300 slučajeva rezistentnosti krumpirove zlatice, a rezistentnost je utvrđena na 56 djelatnih tvari insekticida. Do danas je u različitim dijelovima svijeta postala rezistentna na gotovo sve skupine insekticida koji se koriste za njeno suzbijanje (Bažok i sur., 2017). Prva naznaka rezistentnosti na sintetske insekticide zabilježena je 1952. godine na tada najkorišteniji insekticid DDT (diklor-difenil-trikloretan) iz skupine kloriranih ugljikovodika (Quinton, 1955), a dokazana je 1955. u SAD – u (Maceljski, 1967). Pojava rezistentnosti u Europi prvi puta je zabilježena 1956. u Portugalu i Španjolskoj gdje je došlo do neuspjeha u primjeni kloriranih ugljikovodika (Maceljski, 1967). Službeno je rezistentnost zlatice na klorirane ugljikovodike u zemljama EU zabilježena u *Food and Agriculture Organization* (FAO) izvješću iz 1965. godine gdje se navodi rezistentnost u Italiji, Portugalu, Španjolskoj, Poljskoj i Švicarskoj (APRD, 2019). Rezistentnost na neke organofosforne (OP) insekticide i karbamate, iako su se u većoj mjeri počeli koristiti tek krajem 1960-ih godina, zabilježena je već 1972. i 1973. godine (Maceljski i Igrc, 1992-1994). Pojava rezistentnosti u Hrvatskoj na klorirane ugljikovodike (DDT, lindan) dokazana je 16 godina nakon njihove šire primjene (Maceljski, 1967). Na OP insekticide i karbamate rezistentnost je dokazana nakon 16 godina, a na piretroide nakon 7 godina njihove primjene (Maceljski, 1995a). 1994. godine rezistentnost na karbamate i OP insekticide bila je proširena na 70 % krumpirišta sjeverno od rijeke Kupe i Save, a na piretroide na 30 % krumpirišta toga područja (Maceljski 1995b). Osnovi uzrok tako brzog širenja rezistentnosti na organofosforne insekticide, karbamate i piretroide bila je nestručna primjena tih insekticida. Zbog velikih prekoračenja propisanih doza prilikom primjene, primjenom sredstava istog mehanizma djelovanja te prečeste primjene insekticida, ubrzao se proces selekcije rezistentnih populacija te je došlo do brzog razvoja rezistentnosti (Maceljski, 1995a).

Krumpirova zlatica ima dobre predispozicije za razvoj rezistentnosti iz nekoliko razloga. Biljke iz porodice Solanaceae (hrv. pomoćnice) sadrže velike koncentracije toksičnih glikoalkaloida u listovima te je zbog toga, evolucijom, zlatica razvila fiziološku sposobnost detoksikacije ili toleriranja otrova (Bishop i Grafius, 1996). Drugi razlog je veliki biološki potencijal ovog štetnika koji povećava mogućnost mutacija u potomstvu te osigurava brzo gomilanje rezistentnih jedinki nakon što se takve pojave (Bishop i Grafius, 1996). Treći razlog je taj što zlatica ima mali krug biljaka domaćina kojima se hrane te se ličinke i odrasli često hrane na biljkama unutar istog polja, a time se smanjuje mogućnost da rezistentne jedinke odu te se na taj način ubrzava stvaranje rezistentnih populacija (Whalon i Ferro, 1998).

Krumpirova zlatica jedini je štetnik za kojeg se u našoj zemlji sustavno provodio monitoring rezistentnosti od sredine 1980.-ih do sredine 1990.-ih. Rezultati tih istraživanja nisu zabilježeni u svjetskim bazama podataka te se iz tog razloga Hrvatska ne navodi kao država u kojoj postoji rezistentnost krumpirove zlatice. Od kraja 1990.-ih godina prošlog

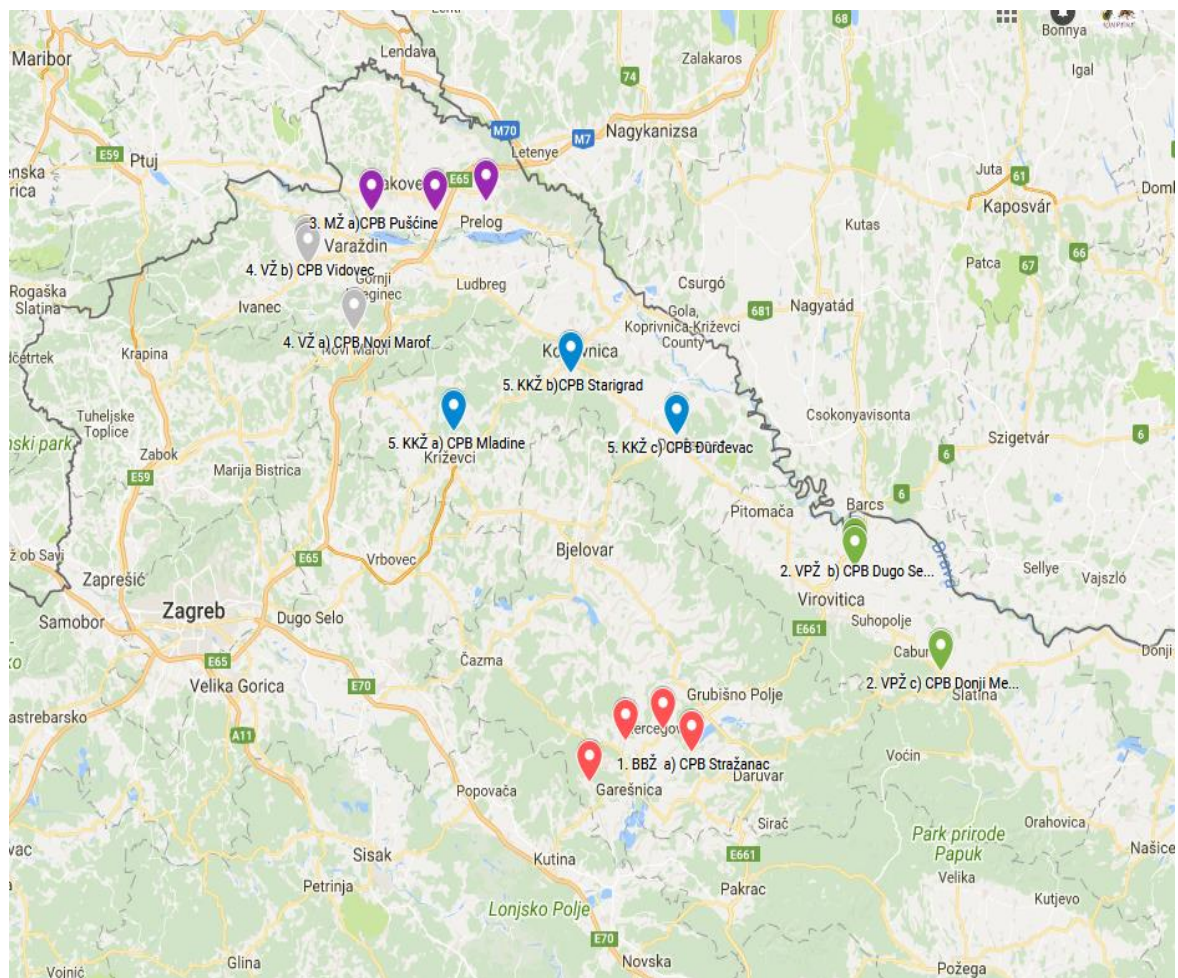
stoljeća informacije o rezistentnosti zlatice nisu više dostupne u Hrvatskoj zbog toga što su za suzbijanje uvedeni novi insekticidi na koje zlatica u početku nije pokazala rezistentnost te se stekao dojam da je problem nestao. S obzirom na velike probleme s pojavom rezistentnosti zlatice na gotovo sve kemijske insekticide koji su bili na tržištu, krajem 80ih i početkom 90ih godina za suzbijanje su uvedeni derivati nereis toksina i regulatori rasta i razvoja, no većina danas nema dozvolu za upotrebu u Hrvatskoj. Ta sredstva nisu djelovala na odrasle oblike te su stoga bile potrebne dodatne edukacije proizvođača koji su navikli suzbijati odrasle zlatice. Kasnije je dozvolu za upotrebu dobio imidakloprid, prvi insekticid iz skupine neonikotinoida, te nakon njega i drugi neonikotinoidi. Iako je rezistentnost na neonikotinoidie u SAD-u vrlo brzo dokazana, u Hrvatskoj se praćenje pojave rezistentnosti na neonikotinoide nije provodilo (Bažok i sur., 2017). Nije bilo niti interesa struke i proizvođača sredstava za zaštitu bilja za informacije o rezistentnosti, a proizvodnja krumpira u Hrvatskoj se smanjila i ograničila na velike proizvođače koji proizvode krumpir na velikim površinama na kojima je problem zlatice u pravilu manje izražen (Bažok i sur., 2017).

Kako bi se izbjegao ili barem usporio razvoj rezistentnosti na insekticide, treba izbjegavati dugotrajnu i intenzivnu upotrebu istih insekticida ili insekticida istog mehanizma djelovanja (Pintar i sur., 2016). Također treba izbjegavati primjenu insekticida u povećanim dozama jer to pruža samo kratkoročno bolje rezultate, a uvelike povećava mogućnost razvoja rezistentnosti na korišteni insekticid (Alyokhin, 2009). Vrlo je važno pridržavati se strategija sprječavanja pojave i širenja rezistentnosti, koje obuhvaćaju izmjeničnu primjenu sredstava iz različitih kemijskih skupina i različitog mehanizma djelovanja, bez obzira na postignutu visinu učinkovitosti, te ih treba primijeniti tek kada 30 do 50 % ličinki izađe iz jaja (Pintar i sur., 2016). Ličinke koje su iz jaja izašle ranije, nisu mogle napraviti značajnije štete, a insekticid će dobro djelovati i kada preostale ličinke izađu iz jaja jer su ličinke prvog stadija vrlo osjetljive (Maceljski, 2002). U područjima gdje je prisutna rezistentnost na klasične insekticide treba primjenjivati nove skupine insekticida kao što su regulatori rasta i razvoja kukaca (biotehnički insekticidi) i bioinsekticide. Nova strategija primjene takvih sredstava određena je njihovim svojstvom da dobro djeluju samo na ličinke krumpirove zlatice, a najviše na ličinke prvog i drugog razvojnog stadija. Iz tog razloga oni se moraju primijeniti znatno ranije, kada prve ličinke izađu iz jaja. Regulatori rasta i razvoja djeluju dulje (20 do 30 dana), a bioinsekticidi kraće (8 do 10 dana) od klasičnih insekticida (Maceljski, 2002). Potrebno je koristiti i druge mjere integrirane zaštite kao što su primjena bioloških pripravaka i prostorna udaljenost ovogodišnjeg usjeva od prošlogodišnjeg (tj. plodored) usjeva barem nekoliko stotina metara te (Pintar i sur., 2016).

3. Materijali i metode

3.1. Prikupljanje krumpirove zlatice

U pokusu su korištene ličinke krumpirove zlatice koje su prikupljene sa 16 lokaliteta u pet županija sjeverozapadne Hrvatske (slika 3.1.) i to s: tri lokaliteta Međimurske županije (Pušćine, Čehovec, Orehovec), tri lokaliteta Varaždinske županije (Vidovec, Novi Marof, Budislavec), tri lokaliteta Koprivničko-križevačke županije (Mladine, Starigrad, Đurđevac), tri lokaliteta Virovitičko-podravske županije (Dugo Selo Lukačko, Donji Meljani, Lukač) i četiri lokaliteta Bjelovarsko-bilogorske županije (Garešnica, Stražanac, Hercegovac, Pašijan) (slika 3.1.). Prikupljanje zlatice obavljeno je ručno (slika 3.2.). Za provedbu pokusa bilo je potrebno prikupiti 1300 ličinki krumpirove zlatice sa svakog lokaliteta. Uz njih, u pokusu je korišten i laboratorijski soj zlatice uzgojen u Njemačkoj, a koji je osjetljiv na insekticide. Ukoliko na pojedinom lokalitetu nije bilo moguće prikupiti dovoljan broj ličinki, potrebno je bilo uzgojiti ličinke do potrebnog drugog stadija razvoja u entomološkim kavezima (Slika 3.3.). Krumpirove zlatice su nakon prikupljanja dopremljene na Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu gdje su, prema potrebi, uzgajane do potrebnog razvojnog stadija te korištene u laboratorijskim istraživanjima.



Slika 3.1. Lokaliteti s kojih su testirane ličinke krumpirove zlatice u pokusima 2017. godine (Izvor: Google maps)



Slika 3.2. Sakupljanje jaja i ličinki za provedbu pokusa (Snimila: D. Lemić, 2017)



Slika 3.3. Uzgoj u entomološkim kavezima (Snimila: D. Lemić, 2017.)

3.2. Insekticidi korišteni u pokusu

U pokusu je istraživana rezistentnost na tri djelatne tvari insekticida: klorpirifos iz skupine organofosforinih insekticida, cipermetrin iz skupine piretroida te tiaklopid iz skupine neonikotinoida. Učinkovitost navedenih insekticida istraživana je u dvostruko većoj dozi od preporučene, preporučenoj dozi, ½ doze i 1/5 doze (Tablica 3.1.)

Tablica 3.1. Insekticidi i varijante u pokusu.

Insekticidni pripravak	Djelatna tvar	Varijante u pokusu			
		2x veća doza	preporučena doza	½ doze	1/5 doze
Dursban E-48	Klorpirifos	4 l/ha	2 l/ha	1 l/ha	0,4 l/ha
Cythrín Max	Cipermetrin	0,2 l/ha	0,1 l/ha	0,05 l/ha	0,02 l/ha
Calypso SC 480	Tiaklopid	0,2 l/ha	0,1 l/ha	0,05 l/ha	0,02 l/ha
Kontrola	voda	-	-	-	-

Dursban E-48 (djelatna tvar klorpirifos) kontaktni je insekticidni pripravak dubinskog djelovanja koji se koristi za suzbijanje štetnika u ratarskim kulturama, industrijskom bilju i voćarstvu. Uspješan je u suzbijanju štetnika koji grizu biljne dijelove ili sišu biljne sokove. To je insekticid vrlo širokog spektra djelovanja koji je učinkovit i na štetnike u tlu, a ima i određeno akaricidno djelovanje (Bažok, 2019). Za suzbijanje krumpirove zlatice primjenjuje se u dozi od 2 l/ha (Agroklub, 2019a).

Cythrín max (djelatna tvar cipermetrin) insekticid je kontaktnog i želučanog djelovanja koji se koristi za suzbijanje štetnika u ratarskim kulturama, vinogradu, povrću, industrijskom i krmnom bilju te u šumarskim rasadnicima (Agroklub, 2019b). Insekticid je nervnog sustava te je po mehanizmu djelovanja modulator kanala natrija. Visoko je toksičan za većinu vodenih organizama i pčele, srednje toksičan za sisavce te nisko toksičan za ptice (Bažok, 2019). Za suzbijanje krumpirove zlatice primjenjuje se u dozi od 0,08 do 0,1 l/ha (Agrochem, 2019).

Calypso SC 480 (djelatna tvar tiaklopid) sistemski je insekticid koji se koristi za suzbijanje štetnika u povrću, ukrasnom bilju, voćkama te ratarskim kulturama. Ima kontaktno i želučano djelovanje, a prema mehanizmu djelovanja je agonist nikotinskog acetilkolinškog receptora. Ima određeno akaricidno djelovanje te je dozvoljen za suzbijanje zemljišnih štetnika (Bažok 2019). Za suzbijanje krumpirove zlatice primjenjuje se u dozi od 0,1 l/ha (Agroklub, 2019c).

Tijekom ožujka 2017. godine zasađen je krumpir u četiri posude u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu zoologiju, kako bi se osigurala dostatna količina krumpira za ishranu zlatice i za provedbu pokusa. Pokus je bio postavljen u 13 varijanti (tri insekticida u četiri doze = 12 varijanti + netretirana kontrolna varijanta). Svaka varijanta imala je 10 ponavljanja, a u svakom ponavljanju tretirano je po 10 ličinki. Ukupno je tijekom pokusa na rezistentnost testirano 22 100 ličinki krumpirove zlatice.

Kontrola je pripremljena umakanjem busena u posudu s čistom vodom. Škropiva su za svaki insekticid pripremljena u različitim dozama na način da se odmjerila određena količina insekticida u jednoj litri vode te se promiješala u posudi. Buseni krumpira su umočeni u pripremljeno škropivo u trajanju od pet sekundi uz lagano miješanje. Nakon umakanja, busene je bilo potrebno lagano otresti kako bi se ocijedio višak škropiva te su oni postavljeni u staklene bočice s vodom na kojima je naznačena oznaka varijante. Nakon što su se tretirane biljke osušile, pristupilo se postavljanju pokusa. Testirane doze bile su: dvostruka doza, preporučena doza, $\frac{1}{2}$ doze, $\frac{1}{5}$ doze.

17



Slika 3.5. Postavljanje ličinki u petrijeve posudice (Snimila: D. Lemić, 2017)

3.4. Očitavanje rezultata pokusa

Očitavanje pokusa provođeno je tri uzastopna dana, odnosno 24, 48 i 72 sata nakon postavljanja pokusa. Pri svakom očitavanju pregledavane su sve ličinke u svakoj petrijevoj posudici te je utvrđeno djelovanje pojedinog insekticida. Ličinke su bile klasificirane kao *unaffected* (žive su i normalno reagiraju na podražaje dodirrom) i *dead or affected* (mrtve su ili ne reagiraju normalno na podražaj dodirrom, odnosno grče se, trzaju, imaju nekoordinirane kretanje ili su nenormalno razvijene i deformirane) (slika 3.6.). Nakon svakog očitavanja mrtve ličinke uklonjene su iz petrijeve posudice, a u slučaju da su ličinke pojele čitav list krumpira, dodan je novi list podjednake veličine i to od rezervnih biljaka tretiranih varijanti pri postavljanju pokusa.



Slika 3.6. Očitavanje pokusa (Snimila: D. Lemić, 2017)

3.5. Obrada rezultata pokusa

Temeljem broja mrtvih i živih ličinki, za svaku varijantu i za svako ponavljanje izračunata je učinkovitost za svaki dan očitavanja pokusa po formuli Schneider Orelli (1947), pri čemu se mortalitet za svaki dan očitavanja izračunava kao omjer ukupno utvrđenih mrtvih i ukupno postavljenih ličinki zlatice u petrijevku pomnožen sa 100. Mortalitet kontrole izračunavao se kao omjer zbroja ukupno utvrđenih mrtvih zlatica u svim ponavljanjima na kontrolnoj varijanti i ukupnog broja zlatica postavljenih u svih 10 ponavljanja.

Podatci o učinkovitosti obrađeni su statistički analizom varijance (ARM 9) te su rangirani primjenom Duncanovog testa multiplih rangova kako bi utvrdili razlike o učinkovitosti između varijanti u pokusima. Statistička obrada podataka obavljena je pomoću statističkog programa ARM 9® GDM software, Revision 9.2014.7 (Gylling Data Management Inc., 2015).

Klasifikacija populacija provedena je temeljem utvrđene učinkovitosti prema IRAC metodi br. 1132 pri čemu su populacije klasificirane u 5 kategorija temeljem učinkovitosti (E) preporučene doze utvrđene 72 sata nakon tretiranja kao 1 – visoko osjetljive ($E = 100\%$); 2 – osjetljive ($100 > E \geq 95\%$); 3 – blago rezistentne ($95 > E \geq 90\%$); 4 - rezistentne ($90 > E \geq 50\%$); 5 – visoko rezistentne ($E < 50$) (Indić i sur., 2012).

Za insekticide za koje je utvrđen visok stupanj rezistentnosti na većini istraživanih populacija regresijskom analizom uz pomoć probit metode izračunat je LD_{50} preporučene doze i uspoređen s LD_{50} preporučene doze primijenjene na laboratorijski soj (osjetljiv) kako bi se utvrdilo koliko puta je pojedina prirodna populacija manje osjetljiva odnosno rezistentnija od laboratorijske populacije.

4. Rezultati

U tablicama 4.1., 4.2. i 4.3. prikazani su rezultati učinkovitosti insekticida klorpirifosa, cipermetrina i tiakloprida obrađeni statistički analizom varijance kako bi se utvrdile razlike u učinkovitosti između varijanti (različite doze) u pokusu.

Na insekticid **klorpirifos** visok stupanj rezistentnosti (VR) pokazale su populacije sa sedam lokaliteta (Vidovec, Novi Marof, Mladine, Starigrad, Donji Meljani i Pašijan) na kojima je učinkovitost preporučene doze ovog insekticida bila ispod 50 %, a najslabija učinkovitost (25,35 %) utvrđena je na lokalitetu Mladine (Koprivničko-križevačka županija). Sedam populacija je rezistentno (R) (Pušćine, Čehovec, Orehovec, Budislavec, Donje Selo Lukačko, Lukač i Hercegovac), dok su samo populacije s lokaliteta Garešnica (96,94 %) i Stražanac (95,86 %) pokazale osjetljivost na ovaj insekticid. Ukupno najveću rezistentnost utvrđena je u populacijama iz Koprivničko-križevačke županije (Đurđevac, Starigrad, Mladine), a najniža rezistentnost utvrđena je u populacijama Bjelovarsko-bilogorske županije (Garešnica, Stražanac, Hercegovac, Pašijan). Očekivano smanjenjem testirane doze smanjuje se i učinkovitost svih testiranih insekticida (tablica 4.1.).

Tablica 4.1. Učinkovitost insekticida klorpirifosa na krumpirovu zlaticu na istraživanim lokacijama RH u 2017. godini po vremenu očitavanja.

Lokaliteti	Doza (l/ha)	Vrijeme očitavanja		
		24 h	48 h	72 h
Osjetljivi soj (Njemačka)	4	99,05	99,89	100,00
	2	99,05	99,56	100,00
	1	98,41	100,00	100,00
	0,4	98,11	100,00	100,00
Donji Meljani	4	20,43	49,81	68,67
	2	10,89	21,46	27,35
	1	8,82	22,96	31,33
	0,4	11,31	18,22	24,22
Dugo Selo Lukačko	4	34,34	66,52	67,35
	2	9,40	37,94	57,14
	1	3,03	42,08	52,04
	0,4	2,57	8,56	16,33
Lukač	4	58,02	88,43	96,97
	2	37,57	61,95	71,72
	1	35,37	49,60	66,67
	0,4	59,95	82,72	90,91
Stražanac	4	24,24	94,78	97,67
	2	16,71	84,82	95,86
	1	23,27	61,89	75,78
	0,4	11,52	47,03	56,98
Hercegovac	4	30,50	72,83	91,84
	2	31,09	54,94	76,53
	1	8,79	29,53	57,14
	0,4	10,11	24,31	39,80
Garešnica	4	62,14	97,97	98,98
	2	74,15	97,30	96,94
	1	65,80	86,68	93,88
	0,4	21,56	36,45	71,43
Pašijan	4	20,82	57,61	84,15
	2	10,02	29,98	35,37
	1	8,59	20,15	22,68
	0,4	5,45	16,60	10,59

Đurđevac	4	15,94	34,94	54,55
	2	4,08	24,09	45,45
	1	14,02	31,91	50,51
	0.4	0,41	2,79	9,49
Starigrad	4	5,33	25,07	45,45
	2	13,22	26,03	43,18
	1	3,98	16,85	27,27
	0.4	4,08	11,72	21,59
Mladine	4	4,53	38,56	65,12
	2	5,64	17,24	25,35
	1	4,80	5,62	18,37
	0.4	2,33	2,15	5,12
Novi Marof	4	14,01	25,87	42,70
	2	14,72	24,15	29,33
	1	4,43	6,39	8,31
	0.4	0,84	5,58	8,31
Budislavec	4	25,29	43,89	74,75
	2	9,55	38,40	61,62
	1	7,61	23,65	30,30
	0.4	1,75	12,17	26,36
Vidovec	4	61,88	81,58	81,18
	2	17,16	29,72	43,53
	1	18,58	34,32	35,28
	0.4	3,85	16,24	22,94
Čehovec	4	35,29	66,82	71,74
	2	27,77	69,75	77,17
	1	9,03	23,74	38,04
	0.4	3,44	10,03	40,22
Orehovec	4	33,77	64,60	73,75
	2	27,14	58,76	56,25
	1	11,52	14,71	35,00
	0.4	4,12	4,61	8,75
Pušćine	4	44,22	78,43	82,89
	2	39,36	72,87	73,68
	1	19,59	29,33	28,95
	0.4	4,99	16,46	25,00

Na insekticid **cipermetrin** na lokalitetu Starigrad utvrđena je visoka rezistentnost, odnosno učinkovitost preporučene doze bila je samo 47,73 %. Kod 13 testiranih populacija utvrđena je rezistentnost (R) (Pušćine, Čehovec, Orehovec, Vidovec, Novi Marof, Budislavec, Mladine, Đurđevac, Donje Selo Lukačko, Donji Meljani, Stražanac, Hercegovac, Pušćine), jedna populacija je srednje rezistentna (SR) (Lukač), a na lokalitetu Garešnica utvrđena je učinkovitost od 96,39 % što tu populaciju svrstava u kategoriju osjetljivih (O). Najviši stupanj rezistentnosti pokazale su populacije s lokaliteta u Koprivničko-križevačkoj županiji (Đurđevac, Mladine, Starigrad). Kao i u slučaju klorpirifosa smanjenje primijenjene doze cipermetrina uvjetovalo je smanjenje učinkovitosti u provedenom pokusu (tablica 4.2.).

Tablica 4.2. Učinkovitost insekticida cipermetrina na krumpirovu zaticu na istraživanim lokacijama RH u 2017. godini po vremenu očitavanja

Lokaliteti	Doza (l/ha)	Vrijeme očitavanja		
		24 h	48 h	72 h
Osjetljivi soj (Njemačka)	0,2	78,57	100,00	100,00
	0,1	85,71	99,89	100,00
	0,05	91,84	99,01	100,00
	0,02	-	-	-
Donji Meljani	0,2	66,00	75,78	77,11
	0,1	49,00	61,27	57,83
	0,05	27,00	40,81	43,47
	0,02	23,00	18,45	27,35
Dugo Selo Lukačko	0,2	65,00	83,39	82,65
	0,1	57,00	76,89	79,59
	0,05	38,00	56,81	62,24
	0,02	12,00	16,13	27,76
Lukač	0,2	82,83	91,97	94,95
	0,1	51,52	79,69	90,26
	0,05	45,45	57,86	67,68
	0,02	15,25	17,76	34,44
Stražanac	0,2	59,60	80,38	80,23
	0,1	57,58	70,33	70,93
	0,05	42,42	55,84	58,14
	0,02	34,44	38,22	36,05
Hercegovac	0,2	45,45	70,93	71,43
	0,1	53,54	74,23	80,61
	0,05	41,41	65,15	66,33
	0,02	8,38	14,15	28,57
Garešnica	0,2	38,00	68,87	92,86
	0,1	32,00	75,80	96,39
	0,05	16,00	44,37	78,57
	0,02	27,00	37,42	45,92
Pašijan	0,2	78,00	88,81	86,59
	0,1	52,00	67,14	67,07
	0,05	50,00	59,43	62,20
	0,02	28,00	39,08	43,90
Đurdevac	0,2	29,00	60,80	71,72
	0,1	32,00	51,85	63,64
	0,05	24,00	42,07	50,51
	0,02	2,00	9,40	33,33
Starigrad	0,2	33,00	56,75	65,92
	0,1	7,00	33,76	47,73
	0,05	26,00	21,34	42,05
	0,02	12,00	10,57	29,55
Mladine	0,2	37,37	53,21	58,14
	0,1	7,58	61,35	73,26
	0,05	32,42	49,95	52,33
	0,02	16,16	15,25	21,40
Novi Marof	0,2	51,52	56,97	78,65
	0,1	46,46	63,92	71,91
	0,05	29,29	46,33	59,55
	0,02	26,26	29,19	34,83
Budislavec	0,2	59,00	72,63	85,86
	0,1	41,00	58,97	68,69
	0,05	26,00	44,22	67,68
	0,02	10,00	17,30	31,31
Vidovec	0,2	68,42	86,34	89,41
	0,1	21,05	49,43	75,29
	0,05	22,11	41,03	45,88
	0,02	12,63	20,23	27,65

Čehovec	0,2	39,00	67,14	73,91
	0,1	58,00	68,86	75,00
	0,05	33,00	45,24	55,43
	0,02	16,00	24,71	39,13
Orehovec	0,2	43,06	60,99	91,25
	0,1	28,78	65,92	77,50
	0,05	16,73	40,48	62,75
	0,02	8,37	7,66	16,25
Pušćine	0,2	40,00	69,65	86,84
	0,1	32,00	73,29	75,00
	0,05	44,00	42,96	54,74
	0,02	34,00	33,27	47,37

Na insekticid **tiakloprid**, na lokalitetu Starigrad utvrđena je učinkovitost preporučene doze od 70,57 % te je jedino ta populacija kategorizirana kao rezistentna (R). Četiri populacije su srednje rezistentne (SR) (Pušćine, Čehovec, Novi Marof, Budislavec), osjetljivo (O) je pet populacija (Vidovec, Mladine, Đurđevac, Donje Selo Lukačko, Lukač), a visoka osjetljivost na tiakloprid (VO), utvrđena je kod šest populacija (Orehovec, Donji Meljani, Stražanac, Hercegovac, Pašijan, Garešnica). Iz tablice 4.3. vidljive su vrlo male i statistički neznajne razlike između učinkovitosti preporučene doze i ½ doze tiakloprida.

Tablica 4.3. Učinkovitost insekticida tiakloprida na krumpirovu zlaticu na istraživanim lokacijama RH u 2017. godini po vremenu očitavanja.

Lokaliteti	Doza (l/ha)	Vrijeme očitavanja		
		24 h	48 h	72 h
Donji Meljani	0,5	98,87	99,36	100,00
	0,25	98,87	99,04	100,00
	0,125	93,32	96,87	100,00
	0,05	62,62	69,75	82,58
Dugo Selo Lukačko	0,5	63,23	93,25	98,48
	0,25	23,62	64,93	95,50
	0,125	9,18	46,24	74,68
	0,05	12,17	61,78	80,38
Lukač	0,5	18,35	96,93	100,00
	0,25	11,01	98,77	99,90
	0,125	8,13	93,77	99,06
	0,05	52,57	88,01	97,53
Stražanac	0,5	30,46	99,66	99,98
	0,25	26,99	93,64	100,00
	0,125	77,66	97,95	100,00
	0,05	28,45	79,48	91,81
Hercegovac	0,5	95,72	99,90	100,00
	0,25	95,98	100,00	100,00
	0,125	97,15	99,90	100,00
	0,05	72,52	92,73	100,00
Garešnica	0,5	88,79	100,00	100,00
	0,25	42,03	89,51	100,00
	0,125	39,83	71,73	98,32
	0,05	31,11	69,90	99,37
Pašijan	0,5	97,10	99,89	100,00
	0,25	95,77	98,32	100,00
	0,125	96,97	96,90	100,00
	0,05	94,55	96,39	100,00
Đurđevac	0,5	7,32	74,64	96,93
	0,25	38,74	80,29	99,58
	0,125	18,11	27,21	96,79

	0,05	4,08	61,80	83,00
Starigrad	0,5	4,66	51,13	93,77
	0,25	13,40	62,70	70,57
	0,125	38,40	53,78	73,84
	0,05	14,38	21,21	58,02
Mladine	0,5	52,73	94,18	97,22
	0,25	39,04	87,49	99,52
	0,125	0,84	86,99	95,25
	0,05	1,87	55,51	81,05
Novi Marof	0,5	16,29	98,40	99,53
	0,25	1,49	23,43	90,69
	0,125	5,83	35,47	88,85
	0,05	7,69	74,11	87,70
Budislavec	0,5	67,95	93,19	99,00
	0,25	0,62	66,06	90,74
	0,125	13,75	32,64	81,94
	0,05	11,38	24,16	71,38
Vidovec	0,5	22,88	78,76	98,05
	0,25	2,47	26,41	95,91
	0,125	2,83	61,31	95,27
	0,05	46,72	57,86	70,07
Čehovec	0,5	88,85	94,20	100,00
	0,25	36,42	63,32	91,22
	0,125	52,30	90,99	99,76
	0,05	52,01	82,35	97,97
Orehovec	0,5	73,46	82,19	100,00
	0,25	24,71	97,68	100,00
	0,125	58,01	69,47	99,58
	0,05	4,62	54,03	96,99
Pušćine	0,5	21,16	86,24	91,65
	0,25	67,66	92,19	94,50
	0,125	44,73	99,54	97,37
	0,05	38,59	87,62	96,52

Učinkovitosti preporučenih doza insekticida klorpirifosa, cipermetrina i tiakloprida na ličinke krumpirove zlatice sa 17 lokaliteta središnje i sjeverozapadne Hrvatske 72 sata nakon tretiranja prikazani su u tablici 4.4. Na slici 4.1. prikazano je stanje rezistentnosti populacija krumpirove zlatice na svakom lokalitetu. Osjetljivost populacija klasificirana je u 5 kategorija prema IRAC metodi br. 1132 kao VO – visoko osjetljive ($E = 100\%$); O – osjetljive ($100 > E \geq 95\%$); SR – slabo rezistentne ($95 > E \geq 90\%$); R – rezistentne ($90 > E \geq 50\%$); VR – visoko rezistentne ($E < 50$).

Iz rezultata je vidljiv visoki stupanj rezistentnosti svih istraživanih populacija na klorpirifos i cipermetrin, te smanjena osjetljivost krumpirove zlatice na tiaklopid. Na klorpirifos i cipermetrin rezistentno ili visoko rezistentno jest 14 od istraživanih 16 populacija sakupljenih na istraživanim lokalitetima, dok je na tiaklopid pet populacija kategorizirano kao slabo rezistentno i rezistentno.

Tablica 4.4. Rezultati provedenih testova osjetljivosti populacija krumpirove zlatice na ispitivane insekticide (preporučenu dozu) u 2017. godini.

	Insekticidi					
	Klorpirifos		Cipermetrin		Tiakloprid	
Lokaliteti	Stupanj rezistentnosti	Učinkovitost insekticida (%)	Stupanj rezistentnosti	Učinkovitost insekticida (%)	Stupanj rezistentnosti	Učinkovitost insekticida (%)
Osjetljivi soj	VO	100,00	VO	100,00	-	-
MEĐIMURSKA ŽUPANIJA						
Pušćine	R	75,26 ^{de*}	R	77,53 ^{c-f}	SR	94,5 ^{cd}
Čehovec	R	72,42 ^{de}	R	76,35 ^{c-f}	SR	91,22 ^d
Orehovec	R	56,93 ^{ef}	R	82,16 ^{cde}	VO	100 ^a
VARAŽDINSKA ŽUPANIJA						
Vidovec	VR	42,45 ^{fg}	R	78,29 ^{c-f}	O	95,91 ^{bd}
Novi Marof	VR	26,05 ^g	R	73,18 ^{c-f}	SR	90,69 ^d
Budislavec	R	61,94 ^{ef}	R	74,71 ^{c-f}	SR	91,74 ^d
KOPRIVNIČKO-KRIŽEVAČKA ŽUPANIJA						
Mladine	VR	68,64 ^{de}	R	75,78 ^{c-f}	O	99,52 ^{ab}
Starigrad	VR	42,27 ^{fg}	VR	47,31 ^g	R	70,57 ^e
Đurđevac	VR	44,22 ^{fg}	R	64,29 ^{efg}	O	99,37 ^{abc}
VIROVITIČKO-PODRAVSKA ŽUPANIJA						
Donje Selo Lukačko	R	57,77 ^{ef}	R	84,07 ^{b-e}	O	95,5 ^{bcd}
Lukač	R	73,5 ^{de}	SR	90,26 ^{bc}	O	99,9 ^a
Donji Meljani	VR	24,41 ^g	R	58,21 ^{fg}	VO	100 ^a
BJELOVARSKO-BILOGORSKA ŽUPANIJA						
Garešnica	O	99,05 ^{ab}	O	96,39 ^{ab}	O	99,58 ^{ab}
Stražanac	O	95,85 ^{bc}	R	73,72 ^{c-f}	VO	100 ^a
Hercegovac	R	77,64 ^{de}	R	86,38 ^{bcd}	VO	100 ^a
Pašijan	VR	86,08 ^{cd}	R	69,9 ^{def}	VO	100 ^a

Visoko osjetljiva (E=100%)
Osjetljiva (100>E>95%)
Slabo rezistentna (95>E>90%)
Rezistentna (90>E>50%)
Visoko rezistentna (E<50%)

*vrijednosti označene istim malim slovom statistički se značajno ne razlikuju.

Na slici 4.1. možemo vidjeti da krumpirova zlatica s cijelog istraživanih područja kontinentalne Hrvatske pokazuje određeni stupanj rezistentnosti na insekticide u primjeni. Posebno se ističe sjeverni dio RH gdje su sve populacije pokazale visoku rezistentnost ili rezistentnost na OP insekticide i piretroide.

Najveći broj rezistentnih populacija utvrđen je u Međimurskoj županiji (Pušćine, Orehovec, Čehovec), gdje je samo jedna populacija pokazala visoku osjetljivost na insekticid tiakloprid, a na sve ostale insekticide populacije su pokazale određeni stupanj rezistentnosti.

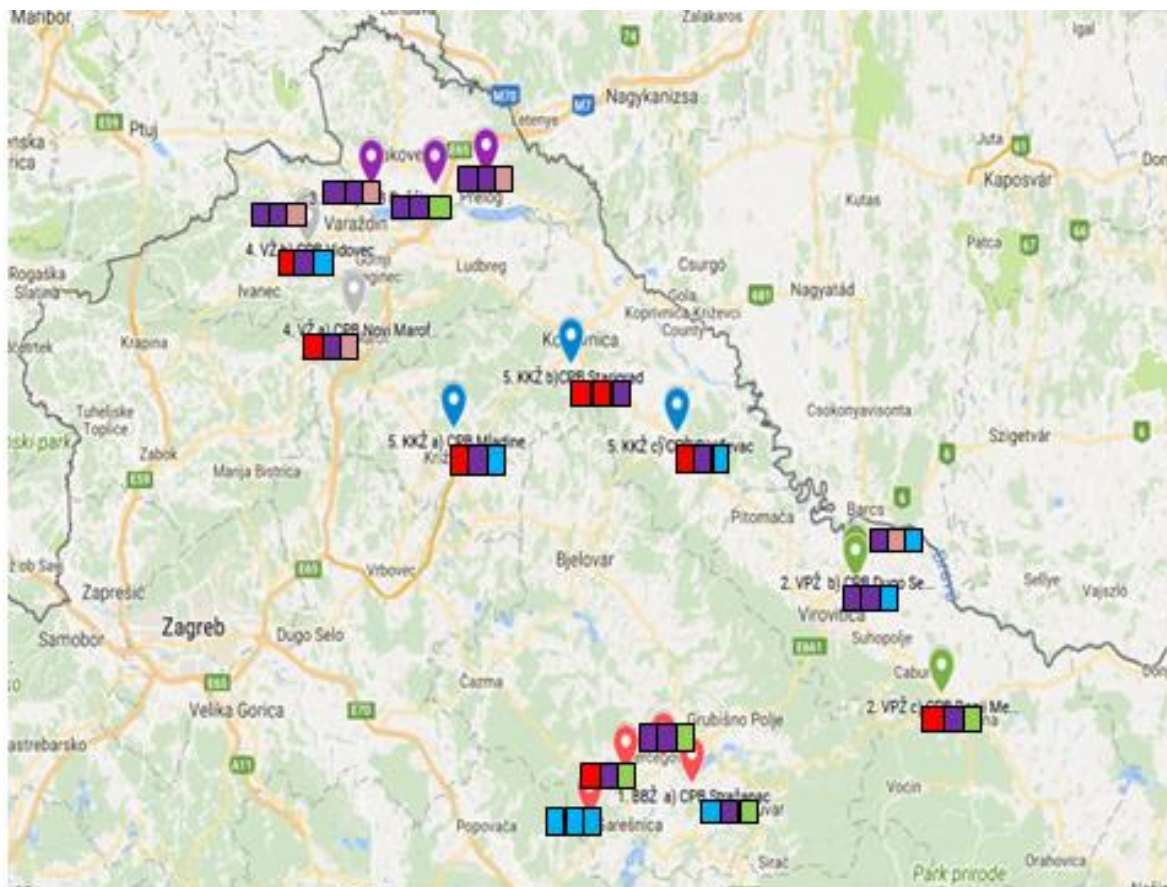
Slična situacija utvrđena je i na lokalitetima u Varaždinskoj županiji (Vidovec, Novi Marof, Budislavec) gdje je također samo jedna populacija pokazala osjetljivost na tiakloprid, a na sve ostale insekticide utvrđena je rezistentnost.

Najveći broj osjetljivih, odnosno najmanji broj rezistentnih populacija utvrđen je na lokalitetima u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji (Garešnica, Stražanac, Hercegovac, Pašijan), gdje su zlatice s lokaliteta Garešnica pokazale osjetljivost na sva tri insekticida. Na tiakloprid su sve četiri testirane populacije pokazale osjetljivost ili visoku osjetljivost, na cipermetrin su tri populacije bile rezistentne te jedna osjetljiva, a na klorpirifos dvije su bile osjetljive te dvije populacije rezistentne ili visoko rezistentne.

U Koprivničko-križevačkoj županiji većina populacija pokazala je rezistentnost ili visoku rezistentnost na klorpirifos i cipermetrin, a dvije populacije s lokaliteta Mladine i Đurđevac pokazale su osjetljivost na tiakloprid. Populacija s lokaliteta Starigrad pokazala je visoku rezistentnost na sva tri korištena insekticida.

Populacije s lokaliteta u Virovitičko-podravskoj županiji (Donje Selo Lukačko, Lukač, Donji Meljani) pokazale su neki stupanj rezistentnosti na insekticide klorpirifos i cipermetrin, dok su sve tri populacije pokazale osjetljivost ili visoku osjetljivost na insekticid tiakloprid.

Slika 4.1. Prikaz stanja rezistentnosti populacija krumpirove zlatice na istraživanim lokacijama kontinentalne Hrvatske (2017.)



U tablicama 4.5 i 4.6. prikazane su srednje letalne doze (LD_{50}) klorpirifosa (tablica 4.5.) i cipermetrina (tablica 4.6.) koje pokazuju koliko je određenog insekticida potrebno (g/ha) da ubije 50 % ličinki određene populacije zlatice. Prikazano je i koliko je puta određena prirodna populacija rezistentnija od osjetljivog laboratorijskog soja zlatice, odnosno koliko je puta LD_{50} populacija zlatice prikupljenih s lokaliteta RH veći od LD_{50} osjetljivog laboratorijskog soja ili najosjetljivije prirodne populacije (za klorpirifos).

Iz tablice 4.5. može se vidjeti da su određene populacije (npr. Novi Marof) 30 puta rezistentnije od osjetljivog soja zlatice, a najosjetljivija populacija (Stražanac) je 1,8 puta rezistentnija od osjetljivog soja.

Tablica 4.5. Srednje letalna doza ličinki krumpirove zlatice testiranih na klorpirifos te usporedba s osjetljivim sojem.

Županija	Lokalitet	LD_{50} (g/ha) (3. dan)	Odnos LD_{50} osjetljivog soja i prirodnih populacija
VPŽ	Donji Meljani	1321,5	14,5
VPŽ	Dugo Selo Lukačko	707,2	7,8
VPŽ	Lukač	327,7	3,6
BBŽ	Stražanac	164,1	1,8
BBŽ	Hercegovac	314	3,5
BBŽ	Garešnica	90,8	1,0
BBŽ	Pašijan	983,2	10,8
KKŽ	Đurđevac	1125,4	12,4
KKŽ	Starigrad	2358,7	25,9
KKŽ	Mladine	1984,8	21,8
VŽ	Novi Marof	2738,6	30,1
VŽ	Budislavec	633,9	6,9
VŽ	Vidovec	779,5	8,6
MŽ	Čehovec	430,3	4,7
MŽ	Orehovec	834,6	9,1
MŽ	Pušćine	668,4	12,4

Srednje letalne doze (LD₅₀) cipermetrina (tablica 4.6.) pokazuju da su pojedine populacije (npr. Starigrad) do 255 puta rezistentnije od osjetljivog soja, a najosjetljivija populacija bila je s lokaliteta Garešnica koja je čak 60,7 puta rezistentnija na ovaj insekticid od osjetljivog soja zlatice.

Tablica 4.6. Srednje letalne doze ličinki krumpirove zlatice testiranih na cipermetrin te usporedba s osjetljivim sojem.

Županija	Lokalitet	LD50 (g/ha) (3. Dan)	Odnos LD ₅₀ osjetljivog soja i prirodnih populacija
	Osjetljivi soj	0,168	1,0
VPŽ	Donji Meljani	31,3	186,3
VPŽ	Dugo Selo Lukačko	19,3	114,9
VPŽ	Lukač	15,4	91,7
BBŽ	Stražanac	18,4	109,5
BBŽ	Hercegovac	13,9	82,7
BBŽ	Garešnica	10,2	60,7
BBŽ	Pašijan	14,4	85,7
KKŽ	Đurđevac	25,1	149,4
KKŽ	Starigrad	43	255,8
KKŽ	Mladine	31,7	188,7
VŽ	Novi Marof	18,5	110,1
VŽ	Budislavec	18,2	108,3
VŽ	Vidovec	23,2	138,1
MŽ	Čehovec	17,2	102,4
MŽ	Orehovec	22,4	133,3
MŽ	Pušćine	13,9	82,7

5. Rasprava

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say) ekonomski je najznačajniji štetnik krumpira u svijetu. Od sredine 60ih godina prošlog stoljeća, kada je rezistentnost krumpirove zlatice prvi puta dokazana, do danas je dokazana njena rezistentnost na 56 djelatnih tvari insekticida širom svijeta (APRD, 2019). Antirezistentne strategije u suzbijanju zlatice temeljene su na integriranoj proizvodnji krumpira koja uključuje praćenje štetnika te suzbijanje nakon što se prijeđu pragovi odluke i praćenje pojave i razvoja rezistentnosti te korištenje insekticida različitih po mehanizmu djelovanja (Bažok i sur., 2017). S obzirom da se praćenje rezistentnosti u Hrvatskoj nije provodilo od sredine 1990.-ih, u 2017. godini provedeno je laboratorijsko istraživanje u kojem se utvrđivala pojava rezistentnosti krumpirove zlatice na tri djelatne tvari: klorpirifos, cipermetrin i tiakloprid. Istraživana je učinkovitost navedenih insekticida na 16 poljskih populacija zlatice kontinentalne Hrvatske te je uspoređena s učinkovitošću tih insekticida na laboratorijski osjetljivi soj zlatice.

5.1. Klorpirifos

Rezultati istraživanja pokazuju slabu učinkovitost klorpirifosa koja je na samo dvije populacije s lokaliteta Garešnica i Stražanac (od 16 testiranih populacija) bila viša od 95 %. Samo dvije navedene populacije kategorizirane su kao osjetljive dok su ostale populacije zlatice pokazale određeni stupanj rezistentnosti na klorpirifos. Posebno slaba učinkovitost utvrđena je na lokalitetima Donji Meljani (27,35 %) i Mladine (25,35 %) i te su populacije kategorizirane kao visoko rezistentne. Takva situacija s rezistentnošću na klorpirifos u skladu je s laboratorijskim istraživanjima provedenima između 1996. i 1999. godine u Hrvatskoj gdje je 1998. godine dokazana rezistentnost krumpirove zlatice na oko 90 % usjeva krumpira u Hrvatskoj (Igrc i sur., 1999). To je potvrđeno i na poljskim pokusima gdje je učinkovitost na ličinke krumpirove zlatice iznosila maksimalno 50 % (Igrc i sur., 1999). Takvu situaciju potvrđuju istraživanja u drugim državama u okruženju. Prema Kljajić i sur. (2007) u istraživanju provedenom između 2000. i 2003. godine, na tri lokaliteta u Srbiji utvrđena je umjerena rezistentnost populacija krumpirove zlatice na ovaj insekticid. Dok već u poljskim pokusima 2008. i 2012. godine Indić i sur. (2013) utvrđuju rezistentnost zlatice na klorpirifos u Srbiji. Također, istraživanjima Wegorek i sur. (2011) u Poljskoj provedenima od 2008. do 2010. godine utvrđeno je smanjenje osjetljivosti i potvrđena je rezistentnost krumpirove zlatice na klorpirifos.

5.2. Cipermetrin

Cipermetrin je u ovom istraživanju slično kao i klorpirifos pokazao slabu učinkovitost u suzbijanju ličinke krumpirove zlatice. Samo populacija s lokaliteta Garešnica bila je osjetljiva na ovaj insekticid (96,32 %), a ostalih 15 populacija pokazalo je određeni stupanj rezistentnosti. Prema APRD (2019) visoka rezistentnost krumpirove zlatice na cipermetrin do sada je dokazana u Kanadi 1984. godine i u Srbiji 2012. Kako navode Stanković i sur. (2012) u istraživanju provedenom na devet lokaliteta u Srbiji utvrđena je visoka rezistentnost tri populacije, umjerena rezistentnost dvije, dok su četiri populacije pokazale osjetljivost na cipermetrin. Indić i sur. (2013) navode da je u poljskom pokusu utvrđena rezistentnost 2008.

godine, dok je 2012. godine jedna istraživana rezistentna populacija iz 2008. ostala i dalje rezistentna, a druga rezistentna populacija pokazala je umjerenu rezistentnost na ovaj insekticid. I u istraživanju Kljajić i sur. (2007) utvrđena je umjerena rezistentnost na cipermetrin 2000. i 2003. godine u Srbiji u poljskim pokusima (Kljajić i sur., 2007).

5.3. Tiakloprid

Tiakloprid je u ovom pokusu istraživao kao predstavnik neonikotinoidea. Unatoč navedenoj zabrani nekih neonikotinoidea za uporabu na otvorenom, istraživani pripravak u Hrvatskoj registraciju ima do 2021. godine (Ministarstvo poljoprivrede, 2019). Podaci o rezistentnosti na ovaj insekticid u Europi i Hrvatskoj još uvijek ne postoje (APRD, 2019.). U ovom istraživanju tiakloprid je pokazao najveću učinkovitost u suzbijanju zlatice. Pet testiranih populacija krumpirove zlatice bilo je rezistentno, a najslabija učinkovitost utvrđena je na lokaciji Starigrad (70,57 %), dok je 11 testiranih populacija bilo osjetljivo ili visoko osjetljivo. U poljskim pokusima provedenima u Srbiji između 2000. i 2003. godine, također je utvrđena visoka učinkovitost tiakloprida (između 96,1 i 100 %) na sve testirane populacije krumpirove zlatice (Kljajić i sur., 2007). Prema APRD (2019) rezistentnost na tiakloprid do danas je dokazana samo u SAD-u 2005, gdje su Mota-Sanchez i sur. (2006) u laboratorijskim pokusima utvrdili pojavu i cross-rezistentnosti na neonikotinoide. Premda je učinkovitost tiakloprida još uvijek zadovoljavajuća u RH, rezultati ovog istraživanja ukazuju na promjene koje se događaju u populacijama krumpirove zlatice, te je nužno daljnje praćenje eventualnog razvoja rezistentnosti.

Provedena istraživanja od značaja su za praksu jer pružaju podatke o trenutnom stanju rezistentnosti krumpirove zlatice na insekticide u Hrvatskoj. Rezultati ovoga istraživanja dali su sliku stanja učinkovitosti insekticida koji su dozvoljeni u primjeni u RH. Kako je prikazano rezultatima, u Hrvatskoj se nije promijenilo stanje rezistentnosti na organofosforne insekticide i piretroide dokazane prije 25 godina. Nešto bolja učinkovitost utvrđena je jedino za insekticid tiakloprid, međutim uočen je razvoj rezistentnosti na pojedinim lokalitetima te se na temelju toga u budućnosti mogu očekivati veliki problemi u suzbijanju ovoga štetnika u RH. Razvijena rezistentnost na insekticide dozvoljene za suzbijanje zlatice i zabrana neonikotinoidea dovest će do sužavanja izbora sredstava za suzbijanje ovog najvažnijeg štetnika krumpira. Zbog toga potrebno je redovito pratiti stanje rezistentnosti, razvijati nove strategije borbe protiv krumpirove zlatice, te istraživati mogućnost korištenja nekemijskih metoda suzbijanja.

6. Zaključci

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Učinkovitost klorpirifosa samo na dva lokaliteta iznosi 95 %, dok je na ostalim lokalitetima učinkovitost vrlo mala, što potvrđuje postojanje rezistentnosti zlatice na ovaj insekticid u RH. Zbog toga je potrebno pridržavati se pravila primjene klorpirifosa isključivo na uskim područjima gdje nema utvrđenih rezistentnih sojeva.
2. Premda se učinkovitost cipermetrina razlikovala među lokalitetima, na gotovo svim istraživanim lokalitetima utvrđen je određeni stupanj rezistentnost na ovaj insekticid (jedan lokalitet je osjetljiv).
3. Rezultati istraživanja za tiaklopid se razlikuju te variraju od visoke osjetljivosti, do rezistentnosti. Kako je zabranjena uporaba tiakloprida (neonikotinoid), ovaj rezultat važan je za druge insekticide koji imaju isti mehanizam djelovanja kao i neonikotinoidi, a na koje se u budućnosti može očekivati razvoj rezistentnosti.
4. Stanje rezistentnosti na organofosforne insekticide i piretroide u središnjoj Hrvatskoj nije se promijenilo u zadnjih 30 godina, te se očekuje veći razvoj rezistentnosti i na tiaklopid koji je još u primjeni.

7. Popis literature

1. 034portal (2019). 034 Portal, <<https://www.034portal.hr/index.php?id=27007>>, Pristupljeno: 14.2019.
2. Agrochem (2019). Agrochem maks, <<https://agrochem-maks.com/proizvod/cythrinx-max/>> Pristupljeno: 18.9.2019.
3. Agroklub (2019a). Dursban E-48 – insekticid protiv štetnika u ratarstvu i voćarstvu, <<https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/dursban-e-48-insekticid-protiv-stetnika-u-ratarstvu-i-vocarstvu/15348/>>, Pristupljeno: 18.9.2019.
4. Agroklub (2019b). Cythrin Max, <<https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/cythrinx-max/32210/>>, Pristupljeno: 18.9.2019.
5. Agroklub (2019c). Calypso SC 480, <<https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/calypso-sc-480/164/>>, Pristupljeno: 18.9.2019.
6. Alyokhin, A. (2009). Colorado Potato Beetle Management on Potatoes: Current Challenges and Future Prospects. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, 3(1): 10 – 19.
7. Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Snachez, D., Dively, G., Grafius, E. (2008). Colorado potato beetle resistance to insecticides. American Journal of Potato Research, 85: 395 – 413.
8. APRD (2019). *Leptinotarsa decemlineata*. Arthropod Pest Resistance Database, <<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=141>>, Pristupljeno: 15.4.2019.
9. Bažok, R. (2013). Krumpirova zlatica – *Leptinotarsa decemlineata* Say. Glasilo biljne zaštite, 13(4): 282 – 288.
10. Bažok, R. (2018). Zoocidi u 2019. U Glasilo biljne zaštite, (ur. Bažok, R., Lemić, D.), 19(1-2): 13-112.
11. Bažok, R., Čačija, M., Lemić, D., Virić Gašparić, H., Drmić, Z. (2017). Rezistentnost krumpirove zlatice a insekticide. Glasilo biljne zaštite, 17(5): 460 – 468.
12. Bažok, R., Lemić, D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. Glasilo biljne zaštite, 17(5): 429 – 438.
13. Berry, R. E., Liu, J., Reed, G. (1997). Comparison of endemic and exotic entomopathogenic nematode species for control of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology, 90: 1528 – 1533.
14. Biever, K. D., Chauvin, R. L. (1992). Suppression of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with augmentative releases of predaceous sting bugs (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Economic Entomology, 85: 720 – 726.
15. Bishop, B. A., Grafius, E. . (1996). Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 355 – 377.
16. Boiteau, G., Pelleter, Y., Misener, G. C., Bernard, G. (1994). Developement and evaluation of a plastic trench barrier for protection of potato from walking adult Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology. 87: 1325 – 1331.

17. De Kort, C.A.D. (1990). Thirty – five years of diapause research with the Colorado potato beetle. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 56: 1 – 13.
18. Ferro, D. N. (1994). Biological control of the Colorado potato beetle. *Advances in Potato Pest Biology and Management*, APS Press, St. Paul, 357 – 373.
19. Ferro, D. N., Logan, J. A., Voss, R. H., Elkinton, J. S. (1985). Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) temperature dependent growth and feeding rates. *Environmental Entomology*, 14: 343 – 348.
20. Greenthumbphoto.com (2019). Green Thumb Photography, <<http://greenthumbphoto.com/colorado-potato-beetle/>>, Pristupljeno: 18.5.2019.
21. Gylling Data Management Inc. (2015). ARM 9® GDM Software, Revision 9.2014.7 (B=20741). Brookings, South Dakota.
22. Harcourt, D. G. (1971). Population dynamics of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in eastern Ohio. III. Major population processes. *Canadian Entomologist*, 103: 1049 – 1061.
23. Hare, J. D. (1980). Impact of defoliation by the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* on potato yields. *Journal of Economic Entomology*, 73: 369 – 373.
24. Igrc, J., Barčić, J., Dobrinčić, R., Maceljiski, M. (1999). Effects of insecticides on the Colorado potato beetles resistant to OP, OC and P insecticides. *Journal of Pest Science*, 3(72): 76 – 80.
25. Indić, D., Vuković, S., Tanasković, S., Grahovac, M., Kereši, T., Gvozdenac, S., Savčić-Petrić, S. (2012). Screening test for detection of *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) sensitivity to insecticides. *Pesticidi i Fitomedicina*, 27 (1): 59-67.
26. Indić, D., Vuković, S., Gvozdenac, S., Grahovac, M. (2013). Monitoring of colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) sensitivity to insecticides. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 19(1): 1071 – 1079.
27. IRAC (2019). Insecticide Resistance Action Committee, <https://www.irac-online.org/about/resistance/>>, Pristupljeno: 15.4.2019.
28. IRAC (2019a). Insecticide Resistance Action Committee, <https://www.irac-online.org/modes-of-action/>>, Pristupljeno: 15.4.2019.
29. IRAC (2019b). Insecticide Resistance Action Committee, < <https://www.irac-online.org/global-teams/>>, Pristupljeno: 19.4.2019.
30. Kljajić, P., Marčić, D., Krnjajić, S.B., Perić, P. (2007). Experimental evaluation of insecticides for colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) control in Serbia. *Acta horticulturae* 729 (81): 477 – 481.
31. Lashomb, J. H., Ng, Y. S., Jansson, R. K., Bullock, R. (1987). *Edovum puttleri* (Hymenoptera: Edaphidae), an egg parasitoid of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): development and parasitism on eggplant. *Journal of Economic Entomology*, 80: 65 – 68.
32. Lashomb, J. H., Ng, Y. S. (1984). Colonization by the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in rotated potato fields. *Environmental Entomology*, 13: 1352 – 1356.
33. Lemić, D., Čačija, M., Drmić, Z., Virić Gašparić, H., Bažok, R. (2017). Praćenje rezistentnosti štetnika. *Glasilo biljne zaštite*, 17(5): 439 – 445.

34. Lipke, H., Kearns, C. W. (1960). DDT – Dehydrochlorinase. Adv. Pest Control Res., New York.
35. Maceljiski, M. (1964). O rezistentnosti insekata i grinja na pesticide. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, 13(12): 880 – 888.
36. Maceljiski, M. (1967). Pojava rezistentnosti krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say) u Jugoslaviji. Agronomski glasnik, 27(10): 891 – 900.
37. Maceljiski, M. (1995). Štete od Štetočinja u Hrvatskoj. Glasnik zaštite bilja, 18(6): 261 – 165.
38. Maceljiski, M. (1995a). Resistance of Colorado Potato Beetle in Croatia. Proc.2. Slovenian Conf. on Plant Prot. Radenci, 47 – 60.
39. Maceljiski, M. (1995b). Resistance Management of Colorado potato Beetle in Croatia. Resist. Pest Manag., IRAC and Michigan State Univ., 7(2): 5 – 6.
40. Maceljiski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec.
41. Maceljiski, M., Igrc, J. (1992 – 1994). Studies on the efficacy of some insecticides against the Colorado potato beetle in the years 1986 – 1990. Zienmniak, Bonin, 33 – 51.
42. Ministarstvo poljoprivrede (2019). Popis sredstava za zaštitu bilja. <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>, Pristupljeno: 9.9.2019.
43. Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R.M., Grafius, E.J., Moyer, D.D. (2006). Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Pest Managment Science, 62(1): 30 – 37.
44. Pintar, M., Šimala, M., Masten Milek, T. (2016). Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824) – manje važan štetnik rajčice. Glasilo biljne zaštite, 16(5): 467 – 470.
45. Quinton, R. J. (1955). DDT – resistant Colorado potato beetles?. Proceedings of the North Central Entomological Society of America, 9: 94 – 95.
46. Rozman, V. (2008). Problem rezistencije kod muha. Zbornik predavanja DDD Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (Integrirano) suzbijanje sinantropnih muha, osa i stršljena te leptira od značaja za turistička područja, 23 – 25.
47. Rozman, V. (2016). 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, 63 – 68.
48. Rozman, V., Liška, A. (2017). Rezistentnost žohara, mrava i termita na insekticide i biotestovi. Zbornik predavanja DDD Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integrirano) suzbijanje žohara, zrikavaca, mrava i termita, 35 – 38.
49. Schneider – Orelli, O. (1947). Entomologisches Praktikum. Saurländer und Co., Aarau, 2. Aufl.
50. Stanković, S., Kostić, M., Sivčev, I., Janković, S., Kljajić, P., Todorović, G., Jevdović, R. (2012). Resistance of Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) to

- neonicotinoids, pyrethroids and nereis toxins in Serbia. *Romanian Botechnological Letters*, 17(5): 7599 – 7609.
51. Sudimac, M. (2016). Pojava rezistentnosti insekata na insekticide i mehanizmi sprečavanja nastanka rezistentnosti. *Aktuelni savetnik*, 1(5): 10 – 14.
 52. Syngenta.hr (2019). Syngenta Hrvatska, <<https://www.syngenta.hr/news/krumpir/krumpirova-zlatica-leptinotarsa-decemlineata>>, Pristupljeno: 14.4.2019.
 53. Szendrei, Z., Grafius, E., Byre, A., Ziegler, A. (2012). Resistance to neonicotinoid insecticides in field populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pest. Manag Sci.*, 68: 941 – 946.
 54. Weber, D. C. (2003). Colorado beetle: pest on the move. *Pesticide Outlook*, 14: 256 – 259.
 55. Weber, D. C., Ferro, D. N. (1994). Movement of overwintered Colorado potato beetles in the field. *Journal of Agricultural Entomology*, 11: 17 – 27.
 56. Weber, D. C., Ferro, D. N. (1996). Flight and fecundity of Colorado potato beetles fed on different diets. *Annals of the Entomological society of America*, 89: 297 – 306.
 57. Wegorek P., Zamojska J., Mrowczynski, M. (2011). Susceptibility level of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) to chlorpyrifos and acetamiprid in Poland and resistance mechanism of the pest to chlorpyrifos. *Journal of Plant Protection Research*, 3 (51): 279 – 284.
 58. Whalon, M. E., Ferro, D. N. (1998). Bt-potato resistance management, Now or Never: Serious New Plants to Save a Natural pest Control. UCS, Cambridge, MA, 107 – 136.

8. Životopis

Borna Glückselig rođen je 26. prosinca 1993. u Zagrebu. Odrastao je i živi u Samoboru gdje je pohađao Osnovnu školu „Bogumil Toni“ od 2000. do 2008. godine i Gimnaziju „Antuna Gustava Matoša“ od 2008. do 2012. godine. Godine 2012. upisao je preddiplomski studij Zaštite bilja na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kojeg je završio 2016. godine. Iste godine upisao je diplomski studij Fitomedicine na istom fakultetu. Godine 2018. bio je dobitnik Rektorove nagrade za rad pod naslovom „Učinkovitost ekološki prihvatljivijih insekticida i metoda u suzbijanju krumpirove zlatice“ u kategoriji timski znanstveni i umjetnički rad.