Osjetljivost žitnih balaca (Oulema sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

Štefanac, Leon

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:204:169659

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb







Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

DIPLOMSKI RAD

Leon Štefanac

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Fitomedicina

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

DIPLOMSKI RAD

Leon Štefanac

Mentor:

doc. dr. sc. Ivan Juran

Zagreb, rujan, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Leon Štefanac**, JMBAG 0178106948, rođen 25.03.1997. u Karlovcu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

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

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Leona Štefanca**, JMBAG 0178106948, naslova

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	doc. dr. sc. Ivan Juran	mentor	_____
2.	prof. dr. sc. Tanja Gotlin Čuljak	član	_____
3.	prof. dr. sc. Dinka Grubišić	član	_____

Zahvala

Od srca zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Ivanu Juranu na stručnom vodstvu i pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Hvala mojoj obitelji koja je uvijek bila uz mene i svim mojim prijateljima i kolegama bez kojih studiranje ne bi bilo lijepo kao što je bilo.

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Cilj rada 2

2. Pregled literature 3

2.1.Crveni žitni balac (*Oulema melanopus* L., 1758.) 3

2.2. Rezistentnost štetnika 11

3. Materijali i metode 18

4. Rezultati i rasprava 24

5. Zaključak 29

6. Popis literature 30

Životopis 40

Sažetak

Diplomskog rada studenta Leona Štefanca, naslova

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

Žitni balci (*Oulema* sp.) pripadaju u najvažnije štetnike strnih žitarica u Europi. Štetu čine ličinke i odrasli oblici na način da progrizaju listove strnih žitarica. Cilj rada je utvrditi osjetljivost odraslih oblika žitnog balca na aktivne tvari iz skupine piretroida, te komercijalnih botaničkih insekticida i biljnih ekstrakata zbog sve češće pojave rezistentnosti. Tijekom 2021. godine prikupljeni su odrasli oblici crvenog žitnog balca na lokalitetu Šašinovec. Prikupljeni uzorci dopremljeni su na Zavod za poljoprivrednu zoologiju gdje je postavljen laboratorijski pokus, prema IRAC test metodi broj 007. Rezultati su pokazali kako je populacija crvenog žitnog balca rezistentna na aktivnu tvar lambda-cihalotrin, azadirahtin te biljni ekstrakt lavande, dok je kod primjene piretrina i biljnog ekstrakta mente bila visoko osjetljiva. U svrhu smanjenja pojave rezistentnosti potrebno je provoditi agrotehničke mjere te dobru poljoprivrednu praksu.

Ključne riječi: crveni žitni balac, piretroid, piretrin, azadirahtin, lavanda, menta, rezistentnost

Summary

Of the master's thesis – student **Leon Štefanac,** entitled

Osjetljivost žitnih balaca (*Oulema* sp.) na botaničke insekticide na lokalitetu Šašinovec

Cereal leaf beetle (*Oulema* sp.) are the most important pests of cereals in Europe. The damage is caused by larvae and adult forms by biting leaves of cereals. The aim of this study was to determine the sensitivity of adult forms of cereal leaf beetle to active substances from the group of pyrethroides, as well as commercial botanical insecticides and plant extracts due to the increasing occurrence of resistance. During 2021, adult forms of cereal leaf beetle were collected at the Šašinovec. The collected samples were delivered to the Department of Agricultural Zoology, where a laboratory experiment was set up according to IRAC test method number 007. The results showed that the population of cereal leaf beetle was resistant to the active substance lambda-cyhalothrin, azadirachtin and lavender plant extract, while it was highly sensitive to the use of pyrethrin and mint plant extract. In order to reduce the occurrence of resistance, it is necessary to implement agro-technical measures and good agricultural practice.

Keywords: Cereal leaf beetle, pyrethroid, pyrethrin, azadirachtin, lavander, mint, resistance

1. Uvod

Prema podacima iz 2020. godine poljoprivredna gospodarstva u Republici Hrvatskoj koriste se s ukupno 863 000 hektara oranica i vrtova. Najveći udio površina otpada na žitarice (60,7% ili 524 000 hektara) (DZS, 2020.). U strukturi proizvodnje žitarica na prvom mjestu je kukuruz, zatim slijede pšenica, ječam, zob, pšenoraž, raž i ostale žitarice. Kako u Hrvatskoj tako se i u svijetu najveći udio poljoprivredne proizvodnje bazira na proizvodnji ratarskih kultura.

Proizvodnja hrane postala je jedna od glavnih globalnih problema zbog naglog porasta broja stanovništva u zadnjih nekoliko godina. Povećanjem broja stanovništva smanjuje se broj obradivih poljoprivrednih površina. U svijetu inače, postoji neravnomjeran odnos u proizvodnji hrane. U mnogim razvijenim zemljama se hrana odbacuje dok u nerazvijenim zemljama vlada nestašica i glad. Poljoprivredni proizvođač odnosno „proizvođač hrane“ nastoji na što jeftiniji i brži način osigurati što bolje i veće prinose i prihode te se zato velika većina okreće korištenju kemijskih mjera u suzbijanju štetnika i drugih uzročnika bolesti. S vremenom se pokazalo kako štetnici počinju pokazivati neku vrstu otpornosti, odnosno postaju rezistentni na sredstva za zaštitu bilja.

Rezistentnost je sposobnost jedinke da preživi izloženost letalnoj dozi nekog insekticida. Prva pojava rezistentnosti zabilježena je 1946. godine na kućnoj muhi kod primjene DDT-a (Maceljski, 1967.). Pojava rezistentnih sojeva štetnika dovela je do razvoja mnogih problema u poljoprivredi (Maceljski i sur., 2004.). S vremenom je došlo do slabije prodaje i plasmana insekticida te su se samim time smanjili i poslovni uspjesi kompanija koje se bave proizvodnjom sredstava za zaštitu bilja. Poljoprivredni proizvođač ne uspijeva zaštiti svoj usjev te zbog toga trpi velike gubitke u prinosima. Često se dogodi da za određene štetnike nema alternativnih rješenja koja bi se mogla primijeniti u suzbijanju. Time je dovodena u pitanje daljnja proizvodnja poljoprivrednih kultura koje ti štetnici napadaju (Maceljski i sur., 2004.) Za dokazivanje rezistentnosti koriste se molekularne ili biokemijske metode i biotestovi. Navedene metode predložene su od strane IRAC-a (Insecticide Resistance Action Committe) (IRAC 2017.).

Žitni balci (*Oulema* sp.) pripadaju u najvažnije štetnike strnih žitarica u Europi (Dedryver, 1990.). Na poljoprivrednim površinama širom svijeta smanjuju prinose na žitaricama za 5-20% svake godine (Deutsch i sur., 2018.). U Hrvatskoj je prisutno nekoliko vrsta, a najvažniji su crveni žitni balac (*Oulema melanopus* L.) i plavi žitni balac (*Oulema lichenis* Voet). Crveni žitni balac je najbrojniji i radi najveće štete u usjevu. Na području Republike Hrvatske ne postoji sustavno praćenje učinkovitosti insekticida u suzbijanju žitnih balaca. Testovi osjetljivosti nisu provođeni sve do uspostave projekta kojeg je proveo Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu u suradnji s Ministarstvom poljoprivrede, pod nazivom „Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja“. Projekt je trajao u razdoblju od siječnja 2018. do prosinca 2020.

Danas se poljoprivredna proizvodnja temelji po načelima integrirane zaštite bilja. Taj pojam se prvi puta spominje 1956. godine pri osnivanju Međunarodne

organizacije za biološku i integriranu zaštitu bilja (Barić, 2014.). Ona predstavlja primjenu svih raspoloživih mjera u cilju sprječavanja porasta brojnosti štetnika, a kemijske mjere stavljaju se na posljednje mjesto. To obuhvaća primjenu plodoreda, agrotehničkih, mehaničkih, fizikalnih i bioloških mjera zaštite bilja. Kemijske se mjere koriste u slučajevima kada su one neophodne, odnosno kada ne postoji niti jedan drugi način na koji se može smanjiti brojnost štetnika (Bažok i sur., 2014.).

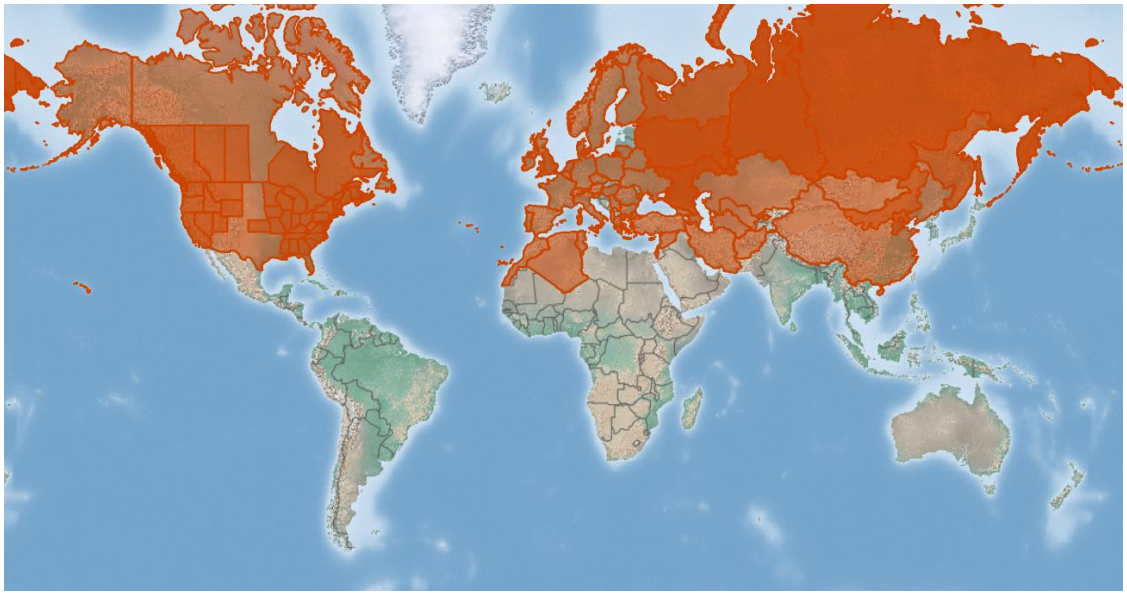
1.1. Cilj rada

Cilj rada je utvrditi osjetljivost odraslih oblika žitnog balca na aktivne tvari iz skupine piretroida, kao standardnih insekticida, te komercijalnih botaničkih insekticida i biljnih ekstrakata.

2. Pregled literature

2.1. Crveni žitni balac (*Oulema melanopus* L., 1758)

Crveni žitni balac potječe s područja Europe i Azije te je postao vrlo važan problem u svijetu kao štetnik na strnim žitaricama (Philips i sur., 2011.) (slika 2.1.1.). U Europi najveće štete čini na području Belgije (Stilmant, 1995; Van de Vijver i sur., 2019.), Poljske (Ulrich i sur., 2004.), Francuske (Stilmant, 1995.), Srbije (Dimitrijević i sur., 1999.), Italije (Morlacchi i sur., 2007.), Njemačke (Schmitt i Ronn, 2011.) i Nizozemske (Daamen i Stol, 1993.). Prema Buntin i sur. (2004.) crveni žitni balac je 1950-ih godina slučajno unesen na područje Sjedinjenih Američkih Država gdje je prvi zabilježeni slučaj bio početkom 60-ih godina prošlog stoljeća. Smatra se da je na područje Sjeverne Amerike unesen iz Europe (Maceljski, 2002.). Kultura koju najčešće napada je zob (*Avena sativa* L.) te ječam (*Hordeum vulgare* L.) i pšenica (*Triticum aestivum* L.). Treba naglasiti da je crveni žitni balac u zadnjih nekoliko godina počeo činiti značajne štete i na kukuruzu (*Zea mays* L.).



Slika 2.1.1. Karta rasprostranjenosti crvenog žitnog balca u svijetu

Izvor: CABI Invasive Species Compedium https://www.cabi.org/isc/datasheet/30249#toDistributionMaps -pristup: 25.5.2021.

Crveni žitni balac ubraja se u razred Insecta, red Coleoptera (kornjaši), natporodicu Chrysomelidae (zlatice) i potporodicu Criocerinae (lijerovci). Rod *Oulema* obuhvaća oko 130 vrsta, od kojih 11 vrsta dolazi s područja Europe (Riley i sur., 2003; Bezděk i Schmitt, 2017.), među kojima su nedavno opisane dvije nove vrste iz Italije (*Oulema mauroi* Bezděk i Baselga, 2015.) i Španjolske (*Oulema verae,* Bezděk i Baselga, 2015.). Iz roda *Oulema* jedino se dvije vrste navode kao štetnici strnih žitarica u paleartičkoj regiji: *O. melanopus* i *O. obscura* (Balachowsky i Mesnil, 1935; Bonnemaison, 1962; Labeyrie, 1963; Chambon i sur., 1983; ACTA, 2016.). Preferiraju područja s subhumidnom i humidnom klimom (Teofilović, 1969;

Stamenković, 2004.). U Hrvatskoj se, uz *O. melanopus* kao najvažnijeg štetnika strnih žitarica, pojavljuje i plavi žitni balac (*Oulema lichenis* Voet, 1806.).

Morfologija

Odrasli oblici su veličine od 4,5 do 6,5 milimetara, a karakterizira ih crveno narančasti pronotum (Bezdek i Baselga, 2015.) (slika 2.1.2.(c)). Jaja crvenog žitnog balca veličine su od oko 1 milimetar, žuto-narančaste boje koja s vremenom prelazi u crnu prije nego što se izlegne ličinka (Philips i sur., 2011.) (slika 2.1.2.(a)). Ličinke su veličine do 8 milimetara, specifične su po tome što su prekrivene sa sluzi zbog koje su dobile naziv balac (Maceljski, 2002.) (slika 2.1.2.(b)). Ličinkina glava je veća od tijela te se postupno sa svakim presvlačenjem širi. Ženske ličinke imaju veću glavu nego mužjaci (Hoxie i Wellso, 1974.). Ličinka crvenog žitnog balca karakteristična je po akumulaciji fekalija preko tijela (Ruppel i Stehr, 1975.). Kukuljica je izduženog oblika veličine do 5 milimetara, žute boje. Proces kukuljenja događa se ispod zemljine površine te samim time kako kukuljica raste postaje tamnije boje (Philips i sur., 2011.).



Slika 2.1.2. Jaja (a), ličinka (b) i odrasli oblik (c) crvenog žitnog balca
Snimio: Štefanac, 2021

Životni ciklus

Cijeli životni ciklus crvenog žitnog balca može trajati od 10 do 90 dana, što ovisi o vanjskoj temperaturi zraka. U prosjeku cijeli ciklus traje 40-50 dana u normalnim proljetnim uvjetima (Philips i sur. 2011.). Crveni žitni balac prezimljuje kao

odrasli oblik u biljnim ostacima ili na rubovima polja gdje je u prethodnoj godini bila zasijana strna žitarica (Gutierrez i sur., 1974; Casagrande i sur., 1977; Philips i sur., 2011; Ulrich i sur., 2004.). U sjevernom Michiganu, Casagrtande i sur. (1977.) utvrdili su da odrasli oblici imaju najveću stopu preživljavanja nakon prezimljenja uz rubove šuma. Odrasli oblici izlaze iz mjesta prezimljenja nakon što temperatura 15-dnevnog razdoblja prijeđe 7°C, a dnevna dosegne 10°C (Maceljski, 2002.). Ovisno od godine do godine, prezimjeli odrasli oblici izlaze iz mjesta prezimljenja u razdoblju između veljače i travnja. Nakon izlaska iz mjesta prezimljenja odrasli oblici se u početku hrane na travnjacima nakon čega prelaze na strne žitarice zbog ovipozicije (Castro i sur., 1965.). Crveni žitni balac preferira zob i ječam, ispred pšenice, kao biljke na kojima će obaviti ovipoziciju (Gallun i sur., 1966.), što dovodi do zaključka da prisutnost jedne od navedenih biljaka može utjecati na dinamiku populacije crvenog žitnog balca. Starost i visina biljke može utjecati na fertilitet ženki. Kao primjer, Hoffman i Rao (2011.) utvrdili su da ženka crvenog žitnog balca odlaže puno više jaja na mlađe listove zobi. Isti autori tvrde da ženke odlažu više jaja na mlađe i niže listove nego na listove zastavice. Također, ženka odlaže puno više jaja na mlađe listove pšenice nego na starije (Casagrande i sur., 1977.). Štoviše, manja širina lista pšenice smanjuje ovipoziciju za 8 puta što dovodi do zaključka da širina lista jako utječe na potencijal ovipozicije (Wellso i sur., 1973.). Crveni žitni balci hrane se prije i tijekom ovipozicije (slika 2.1.3.). Dobro uhranjena prezimjela ženka u prosjeku odlaže 12 jaja po danu te joj ovipozicija traje duže nego kod slabo uhranjenih ženki koje odlažu u prosjeku 8 jaja po danu (Wellso i sur., 1973.). U optimalnim uvjetima ženke tijekom svog života izlegne između 50 i 275 jaja (Schmitt, 1988; Kher i sur., 2016.). Jaja su najčešće odložena pojedinačno ili u manje grupe od 2 do 3 jaja na gornju stranu lista (Helgesen i Haynes, 1972.). Na 21°C jaja se izlegnu za 5 do 9 dana (Kher i sur., 2016.). Na pšenici, ječmu i zobi jaja se izlegnu za 5 do 6 dana, a na kukuruzu i riži za 9 dana (Kher i sur., 2016.). Jaja se počinju izlijegati na 10°C, a optimalne temperature se kreću između 12°C i 32°C (Gutierrez i sur., 1974.). Ličinke crvenog žitnog balca prolaze kroz 4 stadija razvoja kojeg završavaju za 10 do 14 dana pri optimalnim temperaturama koje se kreću od 22°C do 32°C (Guppy i Harcourt, 1978; Philips i sur., 2011.). Svaka od prva stadija ličinke zahtijevaju 33 dana sume efektivnih temperatura za završetak faze, a zadnja četvrta faza treba 46.7 dana sume efektivnih temperatura (Gutierrez i sur., 1974.). Ličinke nisu mnogo pokretne te zbog toga cijeli svoj razvoj obave na istoj biljci (Kher i sur., 2011.). Najčešće se nalaze na biljkama između svibnja i srpnja. Nakon što završi četvrta razvojna faza, ličinke padaju na tlo, uđu u tlo na 5cm dubine te ulaze u pretkukuljičnu fazu u kojoj formiraju kokon pomoću zemlje (Wellso i sur., 1973.), a nakon toga i kukuljicu (Philips i sur., 2011.). Proces kukuljenja traje od srpnja do kolovoza. Ovisno o temperaturi tla odrasli oblici izlaze iz kukuljice nakon 17 do 25 dana (Philips i sur., 2011.). Nova generacija odraslih oblika početkom kolovoza nastavlja ishranu na dostupnim strnim žitaricama i travnjacima prije nego što u rujnu otiđu na prezimljenje (Kher i sur., 2011.).



Slika 2.1.3. Kopulacija odraslih oblika crvenog žitnog balca
Snimio: Štefanac, 2021

Simptomi i štete

Ličinke i odrasli oblici crvenog žitnog balca čine štete na listovima strnih žitarica i zbog toga su vrlo važni ekonomski štetnici u Europi i Sjevernoj Americi (Samkova i sur., 2020.). Na primjer, na poljoprivrednim površinama širom svijeta balci smanjuju prinose na žitaricama za 5 do 20 posto svake godine (Deutsch i sur., 2018.). Haynes i Gage (1981.) navode kako odrasli oblici i ličinke mogu uzrokovati defolijaciju listova. Međutim, odrasli oblici ne mogu uzrokovati značajne gubitke prinosa, njihove štete su više estetske prirode (Philips i sur., 2011.) (slika 2.1.4.). Međutim, napad ličinki može prouzročiti znatan pad prinosa. Same odrasle ličinke odgovorne su za 70% nastalih šteta (Wilson i sur., 1969.). Odrasli oblici hrane se na način da progrizaju listove, ne ostavljajući epidermu. Prema Maceljskom (2002.) jedan odrasli oblik dnevno konzumira 64 mm² lisne površine, odnosno pravi grizotinu široku 1 milimetar i dugačku 64 milimetra. Sami intenzitet ishrane najprije ovisi o temperaturi. Ličinke, posebice odrasle, čine najveće štete na biljci, izgrizaju gornju stanu lista i parenhim. Time skeletoniziraju list odnosno ostaju bijele linije na listovima koje se vide s velike udaljenosti ukoliko je došlo do jačeg napada ovog štetnika. Maceljski (2002.) navodi da ličinka u prvom stadiju razvoja pojede 50mm², u drugom 100mm², u trećem 200mm² i u četvrtom stadiju 120mm² lisne površine. Odgovorne su za smanjenje fotosintetskog potencijala i smanjene prinose (Buntin i sur., 2004.). Pad prinosa zbog skeletonizacije listova mogući je do 44,8% na zobi (Merritt i Apple, 1969.), 75% na ječmu (kultivar Partizan) (Dimitrijević i sur., 2001.), 23% na ozimoj pšenici (Everly, i Yamazaki, 1967.) i 23 do 49% na jaroj pšenici

(Webster i sur., 1972). kada nije korištena niti jedna mjera suzbijanja. Pad prinosa različit je ovisno o tome na kojem mjestu na biljci ličinka čini štete. Ako su štete nastale na zastavici biljke doći će do velikog pada prinosa zbog smanjenog broja sjemena (Dimitrijević i sur., 2001.). Zastavica lista ima važnu ulogu kod strnih žitarica tijekom razvoja sjemena, pružajući mu zaštitu od vanjskih abiotičkih i biotičkih utjecaja (Dimitrijević i sur., 2001.). Iako su manje štetne, štete na ostalim listovima mogu utjecati na prinos smanjujući masu 1000 sjemenki (Buntin i sur., 2004.). Ličinke iza sebe ostavljaju crne kuglice izmeta kako bi zavarale predatore.



Slika 2.1.4. Štete nastale od odraslih oblika crvenog žitnog balca
Snimio: Štefanac, 2021

Transmisija virusa

Crveni žitni balac sposoban je prenijeti virus sa zaražene na nezaraženu biljku. Gaborjanyi i Szabolcs (1987.) navode da crveni žitni balac može prenijeti Brome mosaic virus na ozimu pšenicu unutar 23 sata. Abrook i Benigno (1972.) dalje potvrđuju transmisiju Phleum Mottle Virus i Cocksfoot Mottle Virus odraslih na ječam. Također, crveni žitni balac i odrasle vrste podporodice Chrysomelidae su mogući vektori Maize Chlorotic Mottle Virus na kukuruz (Nault i sur., 1978.). Nije objavljena niti jedna studija u kojoj je utvrđeno da je crveni žitni balac kao vektor navedenih virusa učinio štetu na strnim žitaricama na kojima je došlo do velikog pada prinosa.

Suzbijanje

Suzbijanje crvenog žitnog balca moguće je provesti u okviru integrirane proizvodnje ili zaštite koja uključuje: agrotehničke, biološke i kemijske mjere. Kako navode Kher i sur. (2011.) jedna od mjera suzbijanja je i otpornost biljke domaćina. Slično tome, Maceljski (2002.) navodi kako su različiti kultivari različito otporni na napad štetnika. Na otpornost kultivara najviše utječe prisutnost dlačica na listovima i razmak između žila. U Sjedinjenim Američkim Državama radikalno je smanjena štetnost žitnih balaca jer su se selekcionirali visoko otporni kultivari (Maceljski, 2002.). U to vrijeme štetnost je bila veća nego li u Europi.

Agrotehničke mjere

Mjere koje se najčešće koriste su duboka jesenska obrada tla; jer crveni žitni balci kod prezimljenja ulaze u tlo, uravnotežena gnojidba, mali udio zobi u plodoredu i manja gustoća sklopa (Gotlin Čuljak i Juran, 2016.). Leibee i Horn (1979.) navode aplikaciju dušika, kao jednu od mjera suzbijanja, kako bi potaknuli brži rast biljaka odnosno kako bi prije prošle kroz osjetljivu fazu razvoja. Kher i sur. (2014.) tvrde kako bi konstantna prihrana putem gnojiva mogla smanjiti brojnost crvenog žitnog balca u polju. Dušik utječe na vigor usjeva, a kalij inducira raniju zrelost usjeva prije nego što ličinke počnu činiti velike štete (Dimitrijević i sur., 1999.). Nakon obrade tla (oranja i tanjuranja) utvrđena je smrtnost kukuljica do 93,8% (Leibee i Horn, 1979.). Isti autori navode kako obrada tla uzrokuje smrtnost velikog broja prirodnih neprijatelja te se time smanjuje mogućnost biološkog suzbijanja. Temperaturni pragovi za zob i crvenog žitnog balca utječu na razvoj šteta. Zob se može dobro razvijati u hladnijem vegetacijskom razdoblju i nadoknaditi štetu na temperaturi od 3 do 4°C, dok se crveni žitni balac razvija na 9°C. Navedene razlike u temperaturi pogoduju zobi (Webster i sur., 1978.).

Biološke mjere

Prirodni neprijatelji mogu biti vrlo važan čimbenik u suzbijanju poljoprivrednih štetnika te samim time mogu pridonijeti integriranoj zaštiti od ekonomski važnih štetnika (Symondson i sur., 2002.). Za utvrđivanje glavnih prirodnih neprijatelja određenog štetnika koriste za razne metode. One uključuju tzv. „feeding“ i „no-feeding“ test (Groden i sur., 1990; Vankosky i sur., 2011.), vizualni pregled poljoprivredne površine (Culliney, 1986; Cloutier i Bauduin, 1995; Greenstone, 1999.) i molekularne analize na temelju enzima (Sunderland i sur., 1987; Stuart i Greenstone, 1990.). Prvi pokusi s biološkim suzbijanjem dogodili su se u Michiganu 1966. godine kada se je pokušala utvrditi parazitacija jaja i ličinki crvenog žitnog balca s vrstama iz roda *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Maltby i sur., 1969.). Međutim, zbog male brojnosti vrsta iz roda *Trichogramma* i niske stope parazitacije jaja na poljima žitaricama, navedeni parazitoid nije se pokazao učinkovit

u suzbijanju crvenog žitnog balca. Ubrzo nakon početnih istraživanja, poneki parazitoidi ličinki kao što su *Tetrastichus julis* (Stehr, 1970.), *Lemophagus curtus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Stehr i sur., 1974.) i *Diaparsis carinifer* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Stehr i Haynes, 1972.) su uvezeni iz Europe kao dio programa biološkog suzbijanja. Sam štetnik u slučaju napada pruža otpor parazitoidu. Koju god vrstu obrambenog mehanizma štetnik pokuša iskoristiti parazitoid ga pokušava nadvladati (Dawkins, i sur. 1979.).

T. julis, ličinački endoparazit s područja Europe (slika 2.1.5.), specifičan je po tome što se pojavljuje na malom broju biljaka i jedino napada crvenog žitnog balca (Hervet i sur., 2016.). Evans i sur. (2006.) utvrdili su učinkovitost navedenog endoparazita do 60% na području Utah, u SAD-u. Aktivan je od sredine svibnja do kolovoza, a prvu parazitaciju ostvaruje sredinom lipnja (Kher i sur., 2011.). Drugu parazitaciju ostvaruje sredinom srpnja kada se razvije nova generacija crvenog žitnog balca (Kher i sur., 2011.). Vrsta prezimljuje kao ličinka u tlu unutar kukuljice crvenog žitnog balca (Dysart i sur., 1973.). Ženke preferiraju ranije ličinačke faze razvoja gdje odlažu šest jaja po ličinki, neke ulaze u dijapauzu, a ostale se razvijaju u srpnju da bi parazitirale odrasle ličinke crvenog žitnog balca te time omele razvoj nove generacije (Dysart i sur., 1973; Gage i Haynes, 1975.).



Slika 2.1.5. Parazitska osica *Tetrastichus julis* na ličinki crvenog žitnog balca
Izvor: Pinterest https://www.pinterest.com/pin/736057132818882660/ -pristup: 26.5.2021.

Parazitska osica *Anaphes flavipes* (Hymenoptera Mymaridae) je parazitoid jaja crvenog žitnog balca. Učinkovitost navedenog parazitoida je niska tijekom najjačeg

napada crvenog žitnog balca zbog njihove međusobno slabe usklađenosti. Razvija se u jajima koja su stara 115-118 sati (Cornell University, 2019.). Kako navode Samkova i sur. (2017.) ono što je potrebno istražiti su biljke domaćini *A. flavipes* jer je utvrđeno da se ne pojavljuje na svim kulturama na kojima žitni balci čine štetu.

Predatori

Veći broj istraživanja provedeno je na parazitoidima jaja i ličinki crvenog žitnog balca nego na učinak predatora na balce. Shade i sur. (1970.) proveli su terenska istraživanja proučavajući predatore na crvenom žitnom balcu gdje su pronašli nekoliko vrsta božjih ovčica (Coleoptera: Coccinellidae) kao što su *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775.), *Hippodamia convergens* (Say, 1824.) i *Hippodamia tredecimpunctata* (Linnaeus, 1758.) koje se ubrajaju u jajne predatore. Isti autori su utvrdili predaciju na ličinkama crvenog žitnog balca s *C. maculata* i *H. convergens*, sugerirajući potencijalnu mogućnost suzbijanja crvenog žitnog balca pomoću božjih ovčica. Slično tome, Walenta i Roberts (2012.) i Yun i Ruppel (1964.) su također utvrdili *C. maculata* kao potencijanog predatora na crvenom žitnom balcu. Do danas, nema novo objavljenih studija o predatorima na crvenim žitnima balcima. Predatori će imati veći učinak i značaj na populaciju crvenog žitnog balca kada će se smanjiti učinkovitnost parazitoida te će balci nastaviti činiti štete na biljkama. Kao rezultat toga, predatori bi se trebali pokazati bolje učinkoviti u smanjenju brojnosti crvenog žitnog balca. Predatori su ključan faktor smrtnosti štetnika u raznim usjevima (Sunderland i sur., 1997; Sunderland, 2002; Symondson i sur., 2002.), te bi se time trebala istražiti veća mogućnost primjene na crvene žitne balce.

Kemijske mjere

Kemijsko suzbijanje je bila primarna metoda u suzbijanju crvenog žitnog balca u vrijeme njegova otkrića u Sjevernoj Americi (Wellso, 1982.). Preporučeno je kada broj ličinki crvenog žitnog balca prelazi prag odluke od 1 ličinke po zastavici, međutim mnogi proizvođači su tretirali polja bez obzira na brojnost balaca (Philips i sur., 2011.). Kemijske mjere koriste se za suzbijanje odraslih oblika i ličinki crvenog žitnog balca. Odrasli oblici se suzbijaju radi sprječavanja ovipozicije i pojave ličinki. Pošto se odrasli oblici nakon izlaska iz mjesta prezimljenja prvo nalaze i hrane na rubovima polja, preporuka je da se tada obavi suzbijanje kako bi se spriječila pojava ličinki. Smatra se da je opravdana primjena insekticida na mjestima gdje ima više od 25 prezimjelih odraslih oblika po četvornom metru. Međutim, ta brojka ovisi o vrsti i bujnosti usjeva i otpornosti kultivara. Ako se primjena insekticida obavi prerano, do izlaska ličinki iz jaja ono već izgubi učinkovitost (Maceljski, 2002.). Zato se smatra da je optimalni rok za primjenu kada je 10-15% ličinki izašlo iz jaja. To je razlog zbog kojeg je vrlo bitno pravovremeno utvrditi zarazu. Potrebno je provesti vizualni pregled usjeva na najmanje 4 mjesta na parceli. Postavlja se drveni okvir dimenzija 1x1 metar unutar kojeg se pregledavaju sve biljke te se zaraza preračunava u broj odraslih ili ličinki/m². Druga mogućnost je pregledati sve biljke na 1 metar reda. U tom

slučaju zaraza se preračunava na broj odraslih ili ličinki/biljci (Gotlin Čuljak i Juran, 2016.).

Za crvenog žitnog balca predloženi su razni pragovi odluke, ovisno o biljci domaćinu i regiji. U Kanadi, prag odluke na pšenici je 3 ili više jaja i ličinki po biljci prije faze busanja ili 1 ili više ličinki po zastavici u fazi klasanja (Webster i Smith, 1983.). Ihrig i sur. (2001.), su utvrdili pad prinosa od 21,6% nastale od odraslih ličinki na ozimoj pšenici te time predlažu da prag odluke kojeg su utvrdili Webster i Smith (1983.) ne može biti isti za sve regije u Sjevernoj Americi. Novije studije predlažu prag odluke od 20 jaja ili ličinki na 100 listova (Herbert i Van Duyn, 2009.), što je niži prag nego što su ga predložili Webster i Smith (1983.). Buntin i sur. (2004.) predlažu prag odluke od 0,5 ličinki po biljci u fazi cvjetanja na temelju gubitka prinosa od 12,6% nastao od jedne ličinke po biljci koja je ukazala da je potreban niži prag odluke. Sveukupno, rezultati navedenih studija sugeriraju da prag odluke ovisi o fenologiji biljke.

Prema Maceljskom (2002.) pragovi odluke za suzbijanje crvenog žitnog balca su:

- više od 25 odraslih po četvornom metru,
- kod očekivanog prinosa manjeg od 5t/ha više od 2 ličinke po zastavici,
- kod očekivanog prinosa od 5-6t/ha više od 1-1,5 ličinke po zastavici i
- kod očekivanog prinosa iznad 6t/ha i kod svih sjemenskih usjeva prag odluke je od 0,5-1 ličinke po zastavici.

Registrirani pripravci za suzbijanje na području Republike Hrvatske prikazani su u tablici 2.1.1 (FIS portal, 2021). U prošlosti su se koristila sredstva na bazi karbofurana i dimetoata, ali su s vremenom postali zabranjeni jer je utvrđeno da ubijaju prirodne neprijatelje crvenog žitnog balca (Coats i sur., 1979; Alexander i sur., 2013.).

Tablica 2.1.1. Registrirani pripravci za suzbijanje crvenog žitnog balca

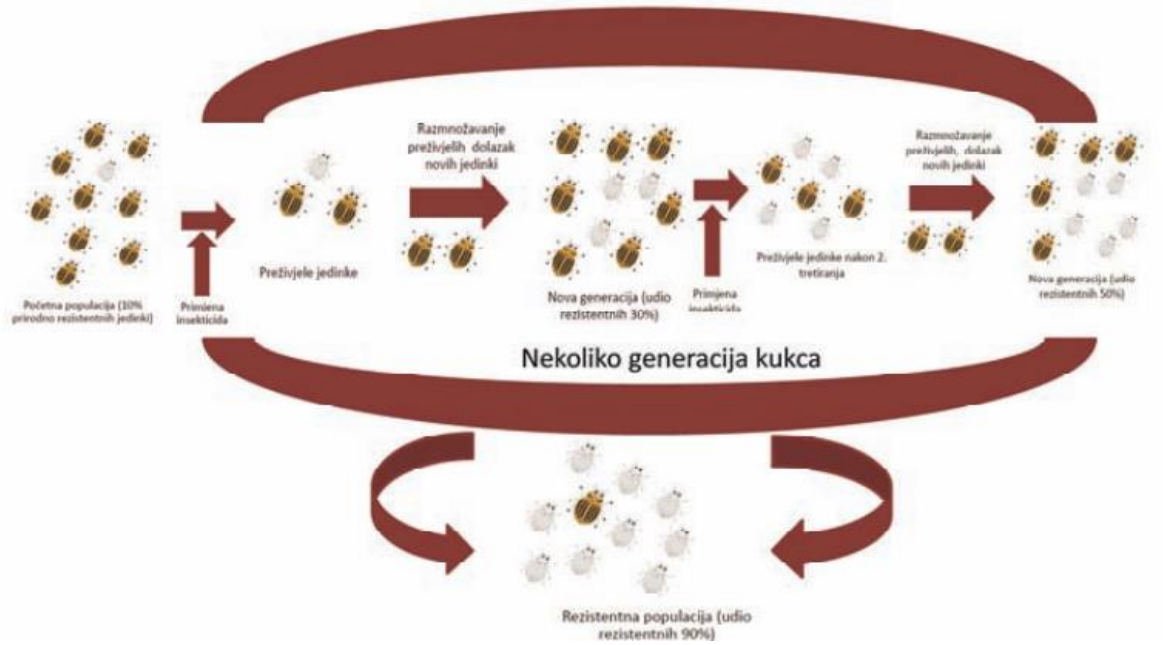
Grupa insekticida	Aktivna tvar	Pripravak
Sintetski piretroidi	Deltametrin	Decis 2,5 EC
	Lambda-cihalotrin	Karate Zeon
	Alfa-cipermetrin	Direkt

Izvor: FIS portal, 2021.

2.2. Rezistentnost štetnika

Rezistentnost podrazumjeva sposobnost jedinke određenog štetnog organizma da preživi izloženost letalnoj dozi primijenjenog pripravka. Zasniva se na teoriji mutacije i teoriji selekcije (FAO, 1975.). Pod teorijom selekcije podrazumijeva se da unutar određene populacije štetnog organizma postoje jedinke koje imaju genetski prirodno uvjetovanu rezistentnost prema sredstvima za zaštitu bilja. Stalnim ponavljanjem istog sredstva za zaštitu bilja odnosno sredstava istoga mehanizma djelovanja vršimo selekciju, suzbijajući osjetljive jedinke te omogućujemo širenje

rezistentnih jedinki unutar populacije. Rezistentnost ne nastaje primjenom insekticida nego do nje dolazi kada se prirodnom mutacijom, u manjem omjeru, unutar populacije pojavi umanjena sposobnost djelovanja nekog insekticida. Prema teoriji mutacija dolazi do razvoja mutacija na molekularnom mjestu djelovanja sredstava za zaštitu bilja. Rezistentnost se razvija kada se koriste ista sredstva ili sredstva istog mehanizma djelovanja kroz dulji vremenski period. Sredstvo koje je isprva bilo vrlo učinkovito postaje manje učinkovito (Bažok i Lemić, 2017.). Jedinke u populaciji koje prežive izloženost visokoj letalnoj dozi primijenjenog sredstva za zaštitu bilja imaju genetičku predispoziciju za razvoj rezistentnosti. Takve genetičke informacije prenijeti će se na potomstvo. Izmjenom novih generacija razvijat će se sve veći broj rezistentnih jedinki. Na kraju, u takvoj populaciji gdje će prevladavati rezistetntne jedinke, sredstvo za zaštitu bilja će izgubiti svoju učinkovitost. Ukoliko su geni koji su odgovorni za razvoj rezistentnost prisutni u niskoj frekvenciji ili su rijetki, proces razvoja će trajati dulje. U praksi, pojam rezistentnost se često zamijeni s pojmom tolerantnost. Tolerantnost je nasljedna sposobnost vrste da preživi i razmnožava se nakon izloženosti uobičajenim letalnim dozama sredstava za zaštitu bilja, a rezistentnost se odnosi na jedinke unutar određene populacije štetnika. Tolerantnost prema sredstvima za zaštitu bilja iskazuju sve jedinke unutar određene populacije štetnika. Razlogom pojave rezistentnosti može se smatrati postupni porast otpornosti određene populacije štetnika na insekticid koji je prihvaćen za suzbijanje tog štetnika (slika 2.2.1.). Gubi se učinkovitost jednog učinkovitog insekticida (Maceljski, 2004.). Takva vrsta rezistentnosti gdje se kroz određeno razdoblje gubi učinkovitost jednog učinkovitog insekticida naziva se stečena rezistentnost. Zbog rezistentnosti smanjena je mogućnost primjene kemijskih insekticida u suzbijanju štetnika.



Slika 2.2.1. Shematski prikaz razvoja rezistentnih populacija kukaca (prilagođeno prema Igrc Barčić i Maceljski, 2001)

Izvor: Bažok i Lemić, 2017.

Smatra se da je rezistentnost krenula od široke primjene sintetskih insekticida. Prva rezistentnost otkrivena je na kućnoj muhi kod primjene DDT-a u Švedskoj i Italiji 1946. godine. Ubrzo nakon toga pojavili su se problemi u poljoprivredi (Maceljski 1967.). Rezistentnost se smatra globalnim problemom na čije rješavanje se troše milijunski iznosi. Zabilježena je u više od 169 zemalja svijeta. Štetnici su najčešće rezistentni na samo jednu aktivnu tvar, no postoje i vrste koje su rezistentne na više srodnih ili potpuno različite aktivne tvari.

Rezistentni sojevi štetnika mogu uzrokovati jako ozbiljne posljedice u poljoprivredi. Smanjena je prodaja pojedinih insekticida te su samim time ugroženi i poslovni uspjesi kompanija koje se bave njihovom proizvodnjom i plasmanom na tržište (Bažok i Lemić, 2017.). Poljoprivredni proizvođači moraju pretrpiti velike gubitke jer ne uspijevaju zaštiti svoje poljoprivredne kulture od štetnika. Može se reći da je rentabilnost proizvodnje smanjena. Na kraju krajeva, velike gubitke trpi i poljoprivredna proizvodnja same države jer se često dogodi da za određene štetnike ne postoje alternativno rješenje koje bi se moglo primijeniti. Time je dovedeno u pitanje daljnji uzgoj kultura koje rezistentni štetnici ugrožavaju. Važno je naglasiti, da zbog velikih problema koje uzrokuje rezistentnost, njihov mehanizam nastanka poznaju svi proizvođači sredstava za zaštitu bilja i poljoprivrednici (Lemić i sur., 2017.). Unutar populacije kukaca prevladavaju jedinke koje su osjetljive na nekolicinu insekticida, ali uvijek postoji mali udio onih koje su rezistentne. Naime, unutar svake populacije nalazi se veliki broj jedinki koje se razlikuju s obzirom na otpornost na djelovanje nekog insekticida. To je razlog zbog kojeg insekticid rijetko postiže stopostotni učinak. Nakon primjene insekticida rezistentne jedinke ostaju na životu, uz manji broj osjetljivih jedinki koje su „slučajno“ preživjele taj tretman. Međusobnim razmnožavanjem osjetljivih i rezistentnih jedinki, nastaje populacija gdje je veći udio rezistentnih jedinki. Ukoliko se takva situacija ponavlja iz generacije u generaciju kroz nekoliko godina razvit će se populacija sa jako velikim brojem rezistentnih jedinki.

Postoji više načina na koji štetnici usporavaju i blokiraju djelovanje insekticida. Maceljski (1967.) navodi da postoje tri, a IRAC (2017a.) četiri osnovna tipa rezistentnosti. Fiziološki uvjetovana rezistentnost najčešći je tip rezistentnosti kojeg definira svojstvo organizma da biokemijskih putem neutralizira djelovanje nekog insekticida. Rezistentni kukci mogu uništiti insekticid prije nego li počne djelovati ili pak imaju sposobnost da brzo oslobode svoje tijelo, pomoću sustava enzima, od tokisičnih molekula. Rezistentni sojevi posjeduju veće količine istih enzima koji imaju široki spektar djelovanja odnosno mogu razgraditi mnoge insekticide. Uvjetovana je kvantitativnim i kvalitativnim promjenama u proteinskom sastavu (Milovanović i sur., 2013.). Ovaj tip rezistentnosti najčešće razvijaju kukci koju su tretirani insekticida iz skupine piretroida i organofosfornih insekticida. Moguće ju je dokazati laboratorijskim pokusima. Morfološki uvjetovana rezistentnost je svojstvo kukca da spriječi prodor insekticida preko kutikule unutar tijela. Na tijelu su ima razvijene neke „prepreke“ koje usporavaju ili sprječavaju apsorpciju insekticida unutar njihova tijela. Izmjenom sastava voska egzokutikule i modifikacijom egzoskeleta, inhibira se prodor insekticida. Zbog smanjene apsorpcije insekticida enzimi imaju dovoljno vremena da

metaboliziraju insekticid. Psihofizički uvjetovana rezistentnost (etiološka ili bihevioralna rezistentnost) je oblik rezistentnosti gdje dolazi do promijenjenog ponašanja kukca te je time smanjen kontakt s insekticidom (IRAC, 2017.). Kukci koji su razvili takvu vrstu rezistentnosti imaju sposobnost „prepoznavanja ili otkrivanja“ opasnosti. Kukac se jednostavno prestane hraniti te napusti prostor tretiran insekticidom (Milovanović i sur., 2013.). Ulaze dublje u usjev, prijeđu u donje dijelove biljke ili odlete s tretiranog usjeva. Odredišno-položajna uvjetovana rezistentnost je svojstvo kukca da blokira djelovanje insekticida na mjestu njegova specifičnog djelovanja. Dolazi do promjene na mjestima na kojima insekticid djeluje unutar tijela. Izostaje insekticidni učinak jer je onemogućeno vezanje insekticida. Moguće ga je dokazati laboratorijskim pokusima.

Rezistentnost je često povezana s mehanizmom djelovanja insekticida. Unakrsna rezistentnost ili cross-rezistentnost je pojava u kojoj kukac otporan na jedan insekticid pokazuje otpornost i na neki drugi insekticid. Pri tome je presudno da ti insekticidi imaju isti mehanizam djelovanja. Nije važno da li pripadaju istoj ili različitoj kemijskoj skupini. Upravo se iz tog razloga insekticidi uglavnom razvrstavaju prema mehanizmu djelovanja (IRAC, 2017.). Višestruka rezistentnost je pojava kod koje se unutar jednog kukca istovremeno javljaju više različitih tipova rezistentnosti. Različiti tipovi rezistentnosti se mogu međusobno povezivati. Dolazi kao posljedica mutacije gena gdje je kukac stekao rezistentnost na više insekticida različitih mehanizama djelovanja.

Potrebno je razlikovati čimbenike koji su odgovorni za razvoj rezistentnosti kako bi se na vrijeme spriječila njezina pojava (FAO, 1975.) (slika 2.2.2.). Na nekoliko čimbenika se ne može utjecati, kao što su svojstva insekticida i osobine tretiranog kukca. S druge strane, ostali čimbenici ovise o čovjeku, odnosno o njegovoj primjeni agrotehničkih mjera i mjera za zaštitu bilja. Takav skup mjera u kojima se nastoji odgoditi ili usporiti razvoj rezistentnosti naziva se antirezistentna strategija. Na sredstvima za zaštitu bilja uz preporuke za primjenu daju se preporuke i za provođenje antirezistentne strategije. Rezistentnost se najčešće razvija zbog: česte uporabe jednog pripravka ili uporabe pripravka istog ili sličnog mehanizma djelovanja; uporabe previsokih ili preniskih doza u odnosu na dozu koja je preporučena; slabe pokrivenosti poljoprivredne kulture u suzbijanju štetnika (mali broj registriranih pripravaka); izostanka primjene agrotehničkih i ostalih nekemijskih mjera zaštite te naizmjenično suzbijanje odraslih oblika i ličinki s srodnim insekticidima. Kukci su skloni razvitku mutacija koje utječu na pojavu rezistentnosti (Bažok i Lemić, 2017). Osobine kukaca koje utječu na brzinu razvoja rezistentnosti su: genetska svojstva, broj generacija, broj potomaka u generaciji, oblik razmnožavanja i pokretljivost kukaca. Kod kukaca koji imaju veći broj generacija godišnje, kao i veći broj potomaka, genetski materijal se više izmjenjuje te se samim time povećava i broj tretiranja čime dolazi do veće vjerojatnosti od razvoja rezistentnosti. Kod kukaca koji se razmnožavaju nespolno, genetski materijal se prenosi direktno na potomstvo te se time i rezistentnost brže razvija. Vrlo je važna veličina tretirane površine jer što je površina veća, a kukac manje pokretljiv, rezistentnost se prije razvija. Važno je provoditi pravilnu agrotehniku te mjere dobre gospodarske prakse jer se time

smanjuje potreba za tretiranjem poljoprivredne površine (FAO, 1975.). Kod odabira insekticida vrlo je važno birati insekticide različitog mehanizma djelovanja jer je to jedan od načina na koji se najbrže razvija rezistentnost. Kako se pokazalo u praksi, mnogi proizvođači misleći da će povećanje doze nekog insekticida brže i bolje suzbiti štetnike, dogodilo se suprotno, razvila se rezistentnost. Naime povećana doza insekticida povećava selekcijski pritisak insekticida. Kod aplikacije insekticida bitno je osigurati ravnomjernu raspodjelu insekticida kako bi se izbjeglo „predoziranje“ na određenim dijelovima nasadima ili dijelovima biljke.



Slika 2.2.2. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti
Izvor: Bažok i Lemić, 2017.

Cilj antirezistentne strategije je suzbiti rezistentnu populaciju kukaca. Ukoliko rezistentnost nije utvrđena, cilj antirezistentne strategije je odgoditi njezinu pojavu. Rezistentnu populaciju možemo smanjiti korištenjem nepesticidnih mjera kao što su: agrotehničke mjere, mehaničke mjere, plodored, uzgoj otpornih sorata fizikalne i biološke mjere (FAO, 1975.). Za sprječavanje pojave rezistentnosti važna je prevencija odnosno praćenje razvoja populacije kukaca na poljoprivrednoj površini. Tada se na adekvatan način može utvrditi da li je potrebno ići u suzbijanje. Međutim, važno je utvrditi, ukoliko se odlučimo ići na kemijsko suzbijanje, prisutnost prirodnih neprijatelja. U suzbijanje se ide ukoliko su prekoračeni kritični pragovi odluke te u fazi razvoja kukaca kada su oni najosjetljiviji na insekticide (najčešće ličinke).

Rezistentnost crvenog žitnog balca u Europi i svijetu

Istraživanja rezistentnosti crvenog žitnog balca u Europi događala su se na području Srbije (Tanasković i sur. 2012.) i Rumunjske (Popov i sur. 2005., Bucurean i sur. 2012.) gdje je primjena piretroida pokazala dobru učinkovitost. U Poljskoj

najbolju učinkovitost pokazao je insekticid na bazi lambda-cihalotrina. Negativna strana je što je došlo do smanjenja broja prirodnih neprijatelja (Kaniuczak, 2013.).

Rezistentnost crvenog žitnog balca u svijetu je potrebno dalje istraživati. Do sada, rezistentnost je dokazana na nekim drugim ekonomski važnim štetnicima na većinu djelatnih tvari iz skupina piretroida (APRD, 2019.). Najveća rezistentnost dokazana je na aktivne tvari klorpirifos, cipermetrin i tiakloprid (Archer i sur., 1994; Guglielmone i sur., 2002; Iscia i Ayb, 2017.). Unazad nekoliko godina, sve veća pažnja pridaje se istraživanju antiksenoze. Antiksenoza predstavlja skupinu svojstava biljaka otpornih na napad crvenog žitnog balca. Istraživanja su pokazala da postoje određeni genotipovi pšenice koji pokazuju antiksenozu na ovipoziciju i ishranu crvenog žitnog balca (Everson i sur., 1966; Gallun i sur., 1966; Wallace i sur., 1974.). Većina istraživača zaključila je da dlakavost lista pšenice predstavlja najvažniju komponentu antiksenoze za crvenog žitnog balca (Gallun i sur., 1966; Papp i sur. 1996.).

Rezistentnost crvenog žitnog balca u Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj ne postoji sustavno praćenje rezistentnosti štetnika, biljnih patogena i korova na sredstva za zaštitu bilja. Zbog toga postoji velika vjerojatnost da mnogi slučajevi rezistentnosti ili smanjene osjetljivosti štetnika na sredstva na zaštitu bilja nisu zabilježeni. Slučajevi slabije ili slabe učinkovitosti nekog sredstva za zaštitu bilja često ostanu neobjavljeni zbog toga što takvi slučajevi najčešće budu uočeni od strane pojedinačnih proizvođača koju tu pojavu često smatraju nebitnom. Na taj način velik broj agronomskih zajednica i poljoprivrednika ostane zakinut. S druge strane, proizvođači sredstava za zaštitu bilja prate najvažnije štetne organizme te njihovu osjetljivost i promjene u osjetljivosti na sredstva za zaštitu bilja. Podaci o osjetljivosti služe proizvođačima sredstva za zaštitu bilja za osmišljavanje novih proizvoda. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Ministarstvo poljoprivrede pokrenuli su projekt u razdoblju od 2018. do 2020. godine pod nazivom „Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja“. Svrha monitoringa je da kroz praćenje pojave novih rezistentnih populacija i sojeva omogućimo primjenu učinkovitih mjera suzbijanja štetnih organizama. Cilj projekta je uspostaviti sustavni monitoring pojave rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja na nacionalnoj razini za razdoblje od 2018. do 2020. godine. Specifični ciljevi su: pregled dosadašnjih istraživanja pojave rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja u Republici Hrvatskoj, anketiranje poljoprivrednih proizvođača vezano uz pad učinkovitosti sredstava za zaštitu bilja, uzorkovanje i testiranje osjetljivosti najvažnijih ekonomskih štetnika na različite grupe insekticida, kreiranje antirezistentnih strategija suzbijanja štetnih organizama na nacionalnoj osnovi za najugroženije poljoprivredne kulture, edukacija proizvođača te izrada i tiskanje popularno-stručnih letaka i brošura s naglašenim rezultatima istraživanja (FIS portal, 2021.).

Suvremena zaštita bilja temelji se na načelima integrirane zaštite bilja koja nastoji smanjiti korištenje kemijskih mjera. U zadnjih nekoliko godina, provođenje

integrirane zaštite bilja postalo je obavezno za sve proizvođače, bez obzira na njihovo poznavanje te problematike (Bažok i sur., 2014.). Integrirana proizvodnja regulirana je pravilnicima i poticana od strane države.

Tijekom 2017. godine prikupljene su jedinke žitnog balca u usjevu zobi na 5 lokaliteta s područja Bjelovarsko-bilogorske, Grada Zagreba, Sisačko-moslavačke te Virovitičko-podravske županije. Na svim testiranim populacijama utvrđena je visoka učinkovitost djelatne tvari lambda-cihalotrina iz skupine piretroida. Tom činjenicom moglo se zaključiti da piretroidi i dalje pokazuju visoku učinkovitost, ali je potrebno proširiti istraživanje na više lokaliteta kako bi dobili reprezentativne rezultate (Gotlin Čuljak i sur., 2017.). Tijekom 2018. godine prikupljeni su uzorci na 10 lokacija s područja Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije. Utvrđena je smanjena osjetljivost na djelatnu tvar cipermetrin iz skupine piretroida. Također, na lokalitetima Vukovar i Strizivojna utvrđena je smanjena osjetljivost te umjerena rezistentnost na lokalitetima Drenovci i Donji Miholjac na djelatnu tvar klorpirifos iz skupine organofosfornih insekticida. Sve tretirane jedinke na svim lokalitetima uspješno su suzbijene djelatnom tvari tiakloprid iz skupine neonikotinoida.

3. Materijali i metode

Tijekom 2021. godine prikupljeni su odraslih oblici crvenog žitnog balca na lokalitetu Šašinovec. Pokušalište Šašinovec dio je Agronomskog fakulteta koje obrađuje 76,2 hektara poljoprivrednih površina. Na većini površina uzgajaju se ratarske kulture. Na poljima pokušališta provode se razni pokusi za potrebe pojedinih zavoda fakulteta te za potrebe drugih tvrtki. Jedinke crvenog žitnog balca ručno su prikupljene s netretiranog usjeva te sakupljene u entomološke kaveze (slika 3.1.). U kavezima su dopremljeni na Zavod za poljoprivrednu zoologiju gdje je postavljen laboratorijski pokus prema IRAC test metodi broj 007 (IRAC, 2009).



Slika 3.1. Sakupljanje odraslih oblika crvenog žitnog balca na lokalitetu Šašinovec
Snimio: Štefanac, 2021

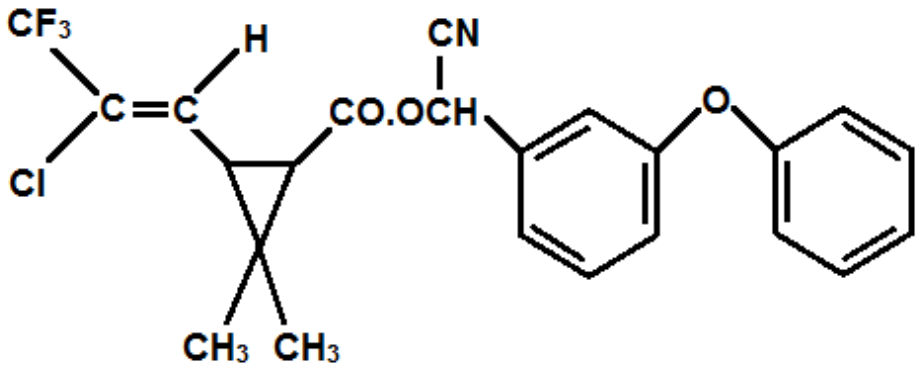
Varijante u pokusima

Netretirani listovi ječma tretirani su otopinama pripravaka na osnovi aktivnih tvari lambda-cihalotrin (kao standardni insekticid), piretrin i azadirahtin u 100% i 20% preporučene doze te ekstrakata mente i lavande u dvije doze (100% i 20%) (tablica 3.1.).

Tablica 3.1. Aktivne tvari, pripravci i preporučene doze aktivnih tvari korištenih u pokusu

Aktivna tvar	Pripravak	Doza
Lambda-cihalotrin	Karate Zeon	150 ml/ ha 30 ml/ ha
Azadirahtin	NeemAzal	3l/ ha 0,6l/ ha
Piretrin	Asset Five	0,75l/ ha 0,15l/ ha
Biljni ekstrakt lavande	Ekstrakt lavande	1ml/ 0,5l 0,2ml/ 0,5l
Biljni ekstrakt mente	Ekstrakt mente	1ml/ 0,5l 0,2ml/ 0,5l

Lambda-cihalotrin je insekticid registriran od strane Agencije za zaštitu okoliša US EPA (Environmental Protection Agency) 1988. godine. Pripada skupini piretroida. To su sintetski dobiveni spojevi koji imaju sličnu strukturu (slika 3.2.) i djelovanje kao piretrin (prirodni insekticid). Po mehanizmu djelovanja radi se o insekticidu nervnog sustava. Dolazi do pretjerane živčane aktivnosti, u nekim slučajevima do blokiranja živaca, paralize i smrti (NPIC, 2021.). Bolje djeluje na nižim temperaturama dok na višim zbog moguće razgradnje djelatne tvari djeluje slabije. Čisti lambda-cihalotrin sastoji se od bezbojnih ili bež kristala blagog mirisa (WHO, 1990.). Niska mu je topivost u vodi te nije hlapljiv zbog čega postoji mala vjerojatnost od kontaminacije podzemnih voda. Štetan je ako ga se pojede ili dotakne, odnosno djeluje želučano i kontaktno. Širokog je spektra djelovanja te time negativno djeluje na prirodne neprijatelje. Za pčele i ribe je visoko toksičan. Poluvijek raspada na tlu i u vodi je oko 30 dana dok na površini biljnih organa iznosi 5 dana (Juran i sur. 2012.).



Slika 3.2. Strukturna formula lambda-cihalotrina

Izvor: ResearchGate https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-Lambda-cyhalothrin_fig1_323202449 -pristupio: 29.5.2021.

Piretrini su prirodni insekticidi koji se nalaze u nekoliko vrsta krizantema gdje su dobiveni ekstrakcijom iz cvjetova. Radi se o smjesi više kemijskih spojeva koji djeluju toksično na kukce. Na području Republike Hrvatske raste samonikla vrsta dalmatinski buhač koja sadrži molekule piretrina (slika 3.3.). Registrirani su kao insekticidi od 1950. godine te se otada koriste kao model za proizvodnju sintetskih piretorida. Imaju širok spektar djelovanja te se osim u poljoprivredi koriste i u domaćinstvu (Bond i sur., 2014.). Po mehanizmu djelovanja utječu na nervni sustav kukaca. Imaju kontaktno i želučano djelovanje nakon kojeg ubrzo dolazi do paralize i smrti. Često dolaze u kombinaciji s drugim insekticidima kako bi pokazali bolju učinkovitost. Piretrini se u prisutnosti sunčeve svjetlosti brzo razgrađuju u vodi, na tlu i na površini biljnih organa. Poluvijek raspada iznosi 11.8 sati u vodi te 12.9 sati na površini tla (Bond i sur. 2014.). Na listovima rajčice i krumpira, mali postotak rezidua je prisutan nakon 5 dana. U nedostatku sunčeve svjetlosti piretrini se slabo razgrađuju u vodi. Poluvijek raspada iznosi 14 do 17 dana. Što je voda kiselije kemijske reakcije to je razgradnja sporija. Piretrini imaju sposobnost vezivanja na sediment gdje poluvijek raspada iznosi 10 do 86 dana (NPIC, 2021.). Slabo su pokretni u tlu te zbog toga nema opasnosti od kontaminacije podzemnih voda. Piretrini nisu nađeni na dubini većoj od 15 centimetara (NPIC, 2021.). Poluvijek raspada u tlu iznosi 2 do 9 dana. Piretrini su visoko toksični za ribe što je povezano s njihovom sporijom razgradnjom u vodi pri nižim temperaturama. Kako navode Bond i sur. (2014.) piretrini su utjecali na smanjenu reproduktivnu sposobnost nekih vrsta riba i vodenih kukaca.



Slika 3.3. Cvijet dalmatinskog buhača

Izvor: Kreni zdravo https://www.krenizdravo.hr/prehrana/samoniklo-bilje/dalmatinski-buhac-prirodni-insekticid-prednosti-i-upotreba -pristupio: 29.5.2021.

Ulje neema je prirodni insekticid koji se nalazi u sjemenkama biljke neem (Bond i sur., 2012.). Neem je višegodišnja drvenasta biljka koja spada u rod *Azadirachta* (slika 3.4.). Prirodni areal mu je područje Indije, Pakistana i Mijanmara, no pod utjecajem čovjeka proširio se na područje Afrike, Australije te Sjeverne i

Južne Amerike. Na svahili jeziku riječ neem znači „drvo koje liječi 40 bolesti“. Ulje neema je žute do smeđe boje, ima gorak okus i miris sumpora. Daleka je prošlost njegove uporabe u suzbijanju raznih bolesti i štetnika. Ekstrakcijom ulja neema dobiva se azadirahtin koji ima najveću učinkovitost u suzbijanju štetnika (NPIC, 2021.). Azadirahtin smanjuje ishranu kukaca i djeluje repelentno. Također, ometa rad hormona rasta te time kukcima otežava rast i polaganje jaja. Azadirahtin ima brzi proces razgradnje. Mikrobi i sunčeva svjetlost razgrađuju insekticid u tlu, vodi i na površini biljnih organa. Poluvijek raspada u tlu iznosi 3 do 44 dana, u vodi 48 minuta do 4 dana, dok je na površini biljnih organa 1 do 2.5 dana (Bond i sur., 2012.). Azadirahtin je umjereno toksičan za ribe i druge vodene životinje. Za pčele nije toksičan zato što kukac mora pojesti tretiranu biljku kako bi uginuo.



Slika 3.4. Listovi biljke neem

Izvor: Kreni zdravo https://www.krenizdravo.hr/zdravlje/alternativna-medicina/biljna-ljekarna/nim-prah-ljekovita-svojstva-i-upotreba -pristupio: 29.5.2021.

Primjena lavande i esencijalnih ulja lavande najveća je u humanoj medicini i domaćinstvu (slika 3.5.). Najpoznatije djelovanje ulja lavande u humanoj medicini je ono za opuštanje i smirenje. U domaćinstvu cvjetovi lavande se suše i stavljaju u mirisne vrećice koje kada se stave u ormar odbijaju moljce. Trljanje svježe izrezanih listova lavande na kožu tjera komarce. U poljoprivredi, esencijalna ulja su se pokazala vrlo učinkovita u suzbijanju kukaca (NPIC, 2021.). Većina esencijalnih ulja djeluje na nervni sustav kukca gdje ometa rad neuroprijenosnika. Neuroprijenosnici služe za prijenos živčanih impulsa od stanice do stanice. Esencijalno ulje lavande čini 30% linalona i 40% linalil acetata, ovisno o vrsti (NPIC, 2021.). Linalon i linalil acetat su tvari unutar esencijalnih ulja koje „odbijaju“ kukce.

Primjena eteričnih ulja mente u poljoprivredi nije poznata. Koristi se u humanoj medicini u razne svrhe. Služi kao lokalni anelgetik, pomaže kod glavobolje, mišičnih bolova i migrene. Pomaže pri regeneraciji jetre. Djeluje antivirusno i antibakterijski.



Slika 3.5. Eterično ulje lavande i mente
Snimio: Štefanac, 2021

Postavljanje i očitavanje laboratorijskog pokusa

Netretirani listovi ječma su se pomoću pincete umakali u vodu, koja je služila za kontrolu, te u pripremljene otopine tijekom pet sekundi (slika 3.6.). Nakon toga listovi su stavljeni u petrijeve zdjelice na filter papir. Petrijeve zdjelice su prethodno bile označene markerom kako bi se olakšalo očitavanje pokusa. U svaku petrijevu zdjelicu stavljalo se po pet tretiranih listova i pet odraslih jedinki crvenog žitnog balca. Svaka varijanta je imala po dva ponavljanja što znači da je u svakoj varijanti bilo po 10 jedinki. Odrasli oblici crvenog žitnog balca vađeni su iz entomološkog kaveza pomoću aspiratora. Aspirator je dio entomološke opreme koji služi za prikupljanje sitnih kukaca. Sastoji se od dvije cijevi, staklene ili plastične bočice s čepom. Kraća cijev se stavi blizu ciljanog kukca, a duža u usta te se pomoću nje kukac usisava u bočicu. Na suprotnom kraju duže cijevi nalazi se mrežica koja sprječava prolaz kukca prema ustima. Nakon što je pokus postavljen, petrijeve zdjelice je potrebno staviti na mjesto koje nije direktno izloženo sunčevoj svjetlosti. Pokus se očitavao svaka 24 sata sljedeća tri dana pri čemu se bilježio broj živih i broj mrtvih jedinki crvenog žitnog balca. Živom jedinkom se smatra ona jedinka koja na određenu stimulaciju pokretom reagira nekim koordiniranima korakom dok se mrtvom jedinkom smatra ona koja na određenu stimulaciju dodirom ne pokazuje nikakvu reakciju (IRAC, 2009.).



Slika 3.6. Postavljanje pokusa u laboratoriju
Snimio: Štefanac, 2021

Analiza podataka

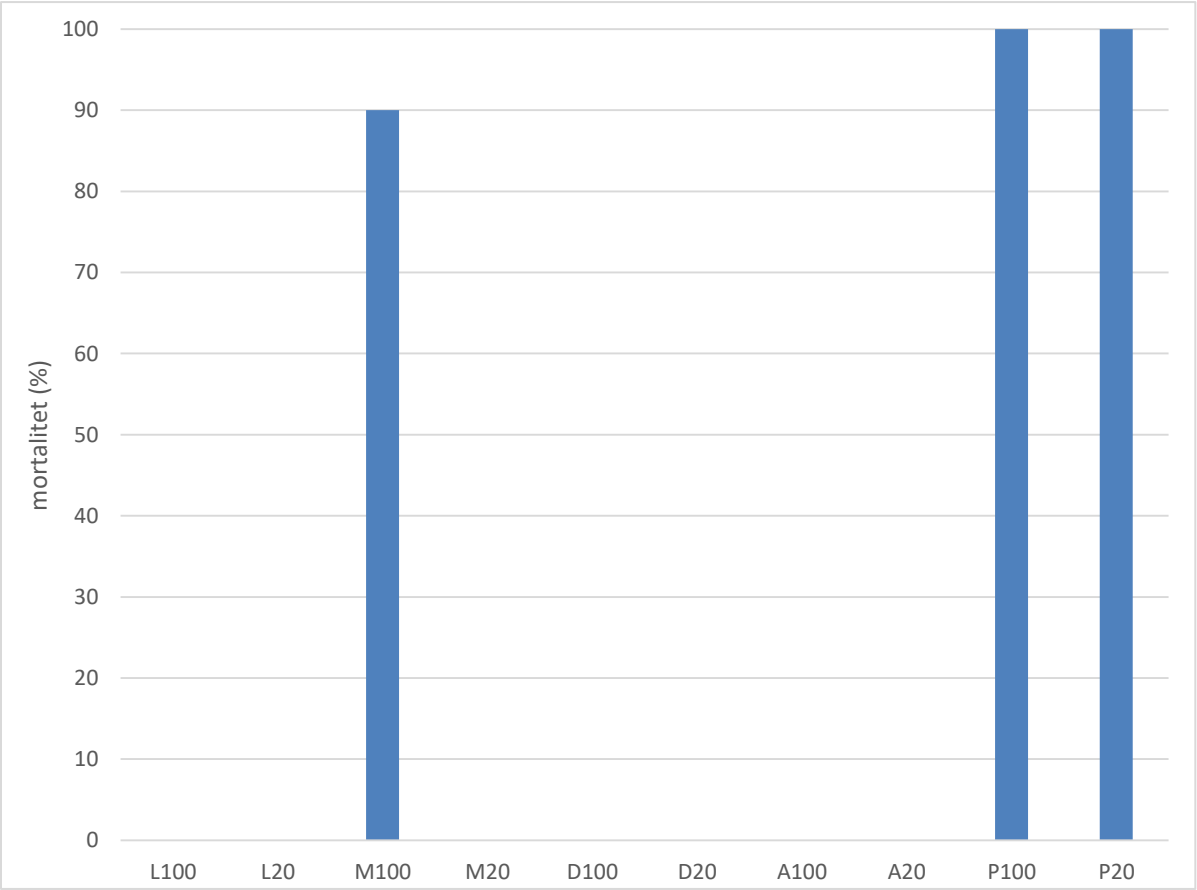
Rezultati se izražavaju kao postotak mortaliteta uz korekciju kontrole formulom po Abbott-u (Abbott, 1925.).

$$\%\ \text{učinkovitosti} = \left(1 - \frac{\text{n u T poslije tretiranja}}{\text{n u Co poslije tretiranja}}\right) * 100$$

Pri čemu „n“ označava broj štetnika, „T“ tretiranu varijantu, a „Co“ netretiranu kontrolu.

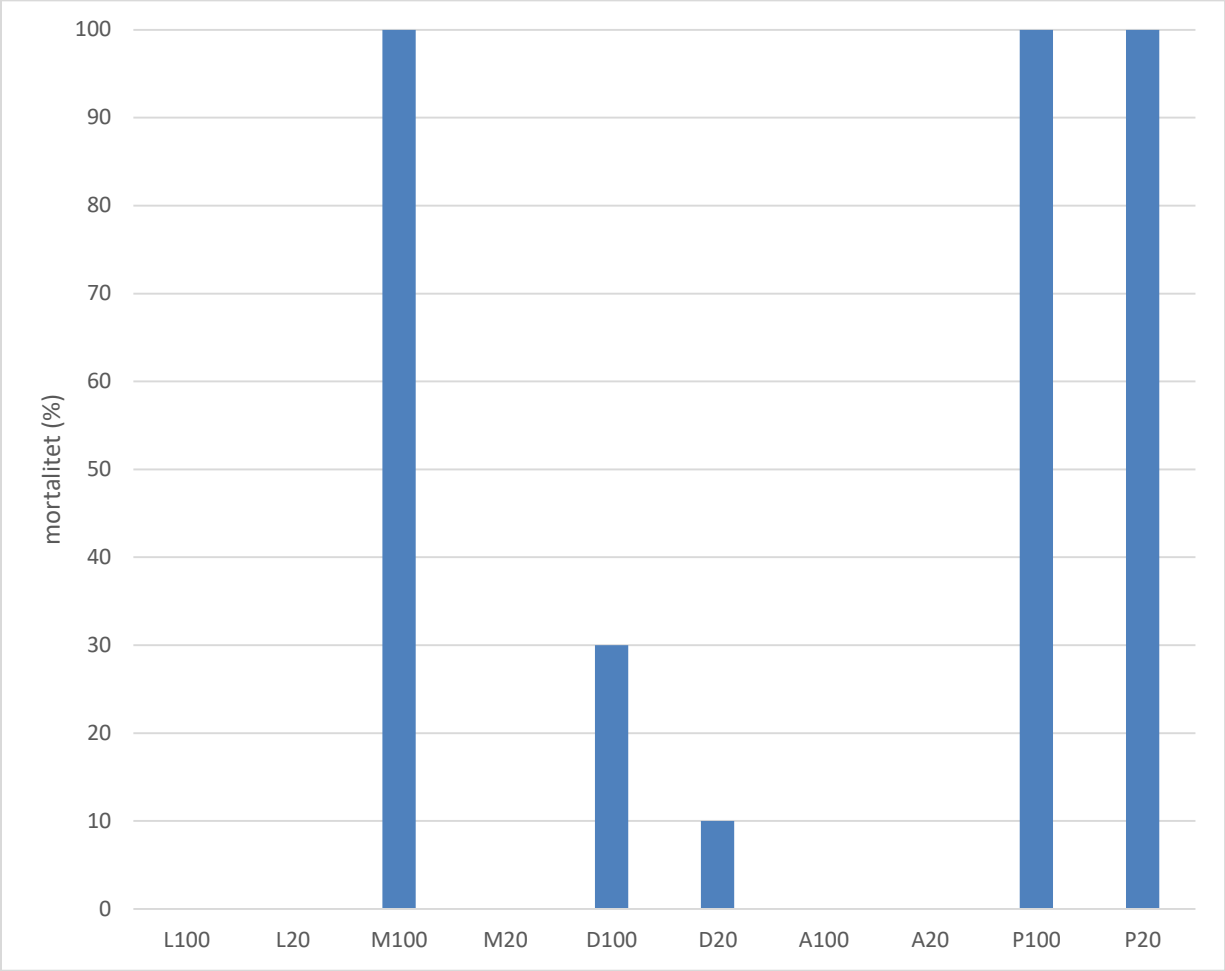
4. Rezultati i rasprava

Na slici 4.1. prikazani su rezultati očitavanja pokusa osjetljivosti odraslog oblika crvenog žitnog balca na korištene insekticide i biljne ekstrakte nakon 24 sata, na slici 4.2. nakon 48 sati te na slici 4.3. nakon 72 sata.



Slika 4.1. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 24 sata nakon postavljanja pokusa
(L100 – eterično ulje lavande u 100%-tnoj dozi; L20 – eterično ulje lavande u 20%-tnoj dozi; M100 – eterično ulje mente u 100%-tnoj dozi; M20 – eterično ulje mente u 20%-tnoj dozi; D100 – lambda cihalotrin u 100%-tnoj dozi; D20 – lambda-cihalotrin u 20%-tnoj dozi; A100 – azadirahtin u 100%-tnoj dozi; A20 – azadirahtin u 20 %-tnoj dozi; P100 – piretrin u 100%-tnoj dozi; P20 – piretrin u 20%-tnoj dozi)

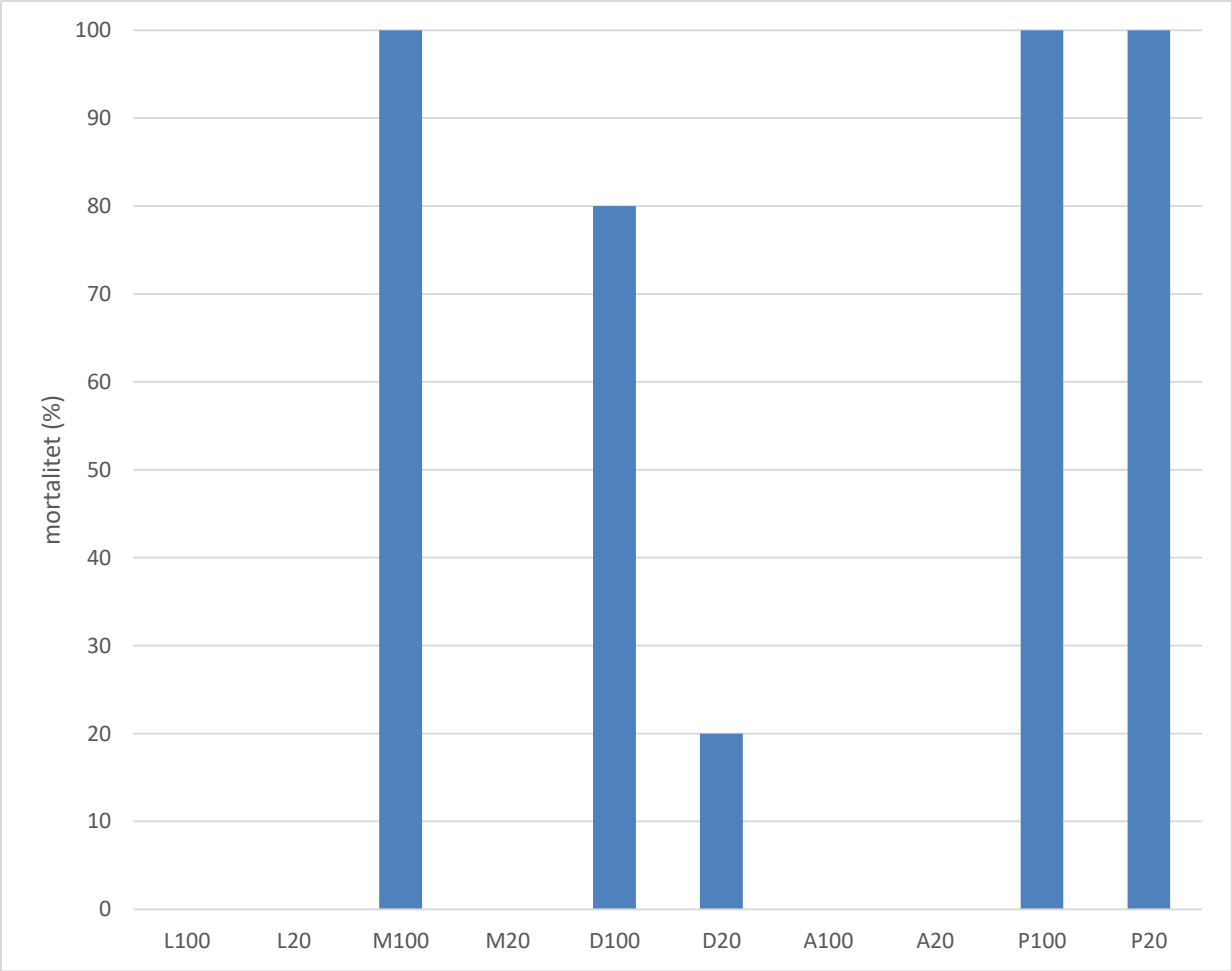
Na slici 4.1. prikazani su rezultati očitavanja pokusa osjetljivosti crvenog žitnog balca na korištene aktivne tvari lambda-cihalotrin (standardni insekticid), piretrin i azadirahtin (botanički insekticidi) te biljne ekstrakte lavande i mente nakon 24 sata. Prema rezultatima provedenog istraživanja tretmani provedeni mentom u punoj dozi te piretrinom u obe doze (100% i 20%) pokazali su vrlo visoku učinkovitost na populaciju crvenog žitnog balca. Mortalitet kod tretiranja biljnim ekstraktom mente iznosio je vrlo visokih 90% dok je kod tretiranja piretrinom, u obe doze, iznosio 100%. Crveni žitni balci tretirani lambda-cihalotrinom, neemom, lavandom te mentom u slabijoj dozi nisu pokazivali nikakvu reakciju na provedeni tretman, odnosno ostali su živi.



Slika 4.2. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 48 sati nakon postavljanja pokusa

(L100 – eterično ulje lavande u 100%-tnoj dozi; L20 – eterično ulje lavande u 20%-tnoj dozi; M100 – eterično ulje mente u 100%-tnoj dozi; M20 – eterično ulje mente u 20%-tnoj dozi; D100 – lambda cihalotrin u 100%-tnoj dozi; D20 – lambda-cihalotrin u 20%-tnoj dozi; A100 – azadirahtin u 100%-tnoj dozi; A20 – azadirahtin u 20 %-tnoj dozi; P100 – piretrin u 100%-tnoj dozi; P20 – piretrin u 20%-tnoj dozi)

Na slici 4.2. prikazani su rezultati očitavanja pokusa osjetljivosti crvenog žitnog balca na korištene aktivne tvari lambda-cihalotrin (standardni insekticid), piretrin i azadirahtin (botanički insekticidi) te biljne ekstrakte lavande i mente nakon 48 sati. Prema rezultatima provedenog istraživanja ekstrakt mente u punoj dozi suzbio je preostalu populaciju crvenog žitnog balca unutar petrijeve zdjelice. Aktivna tvar lambda-cihalotrin počela je pokazivati određene rezultate. Mortalitet u punoj dozi iznosio je u prosjeku 30%, dok je kod slabije (20-postotne) doze iznosio 10%. Nakon 48 sati, populacija crvenog žitnog balca tretirana lavandom, neemom i mentom u slabijoj dozi razvila je rezistentnost na provedeni tretman. Cijela populacija crvenog žitnog balca tretirana navedenim pripravcima ostala je živa unutar petrijevih zdjelica.



Slika 4.3. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 72 sata nakon postavljanja pokusa

(L100 – eterično ulje lavande u 100%-tnoj dozi; L20 – eterično ulje lavande u 20%-tnoj dozi; M100 – eterično ulje mente u 100%-tnoj dozi; M20 – eterično ulje mente u 20%-tnoj dozi; D100 – lambda cihalotrin u 100%-tnoj dozi; D20 – lambda-cihalotrin u 20%-tnoj dozi; A100 – azadirahtin u 100%-tnoj dozi; A20 – azadirahtin u 20 %-tnoj dozi; P100 – piretrin u 100%-tnoj dozi; P20 – piretrin u 20%-tnoj dozi)

Na slici 4.3. prikazani su rezultati očitavanja pokusa osjetljivosti crvenog žitnog balca na korištene aktivne tvari lambda-cihalotrin (standardni insekticid), piretrin i azadirahtin (botanički insekticidi) te biljne ekstrakte lavande i mente nakon 72 sata. Prema rezultatima provedenog istraživanja testiranja provedena aktivnom tvari lambda-cihalotrin pokazala su veću učinkovitost u odnosu na prethodna očitavanja pokusa, no na temelju navedenog rezultata ne može se zaključiti kako je populacija crvenog žitnog balca osjetljiva na tu aktivnu tvar. U prosjeku je mortalitet kod primjene aktivne tvari lambde-cihlarotrina u punoj dozi iznosio 80%, dok je kod slabije, 20-postotne doze, iznosio 20%. Nakon 72 sata, populacija crvenog žitnog balca tretirana lavandom, neemom i mentom u slabijoj dozi i dalje nije pokazivala nikakavu reakciju na provedeni tretman.

Tijekom 2017. godine provedena su istraživanja učinkovitosti lambda-cihalotrina na odrasle oblike i ličinke trećeg stadija razvoja crvenog žitnog balca na

lokalitetima Čazma (Bjelovarsko-bilogorska), Pitomača i Terezino Polje (Virovitičko-podravska), Sisak (Sisačko-moslavačka) i Šašinovec (Grad Zagreb) (Gotlin Čuljak i sur., 2017). Na svim lokalitetima testirane su ličinke trećeg razvojnog stadija osima na lokalitetu Šašinovec gdje su testirani odrasli oblici. Utvrđena je vrlo visoka učinkovitost aktivne tvari lambda-cihalotrin na svim testiranim populacijama (odrasli oblici i ličinke trećeg razvojnog stadija). Niža učinovitost utvrđena je na lokalitetu Pitomača 24 sata nakon testiranja (90%), no nakon 48 sati na svim lokalitetima utvrđena je stopostotna učinkovitost (Gotlin Čuljak i sur., 2017). Dobivene rezultate potvrđuju Popov i sur. (2005) na području Rumunjske te Buntin i sur. (2004) na području SAD-a u poljskim pokusima. Na području Rumunjske provedeno je istraživanje o štetnosti crvenog žitnog balca u razdoblju od 2000-2005. godine. Pokus se postavio u usjevu pšenice, ječma i zobi gdje su se sakupljali odrasli oblici i ličinke trećeg razvojnog stadija. Testiranje je provedeno na 11 pripravaka različitih aktivnih tvari iz skupine sintetskih piretroida. Na svim testiranim pripravcima, među kojima je i pripravak na bazi aktivne tvari lambda-cihalotrin, učinkovitost je bila iznad 90%. Utvrđeno je da je moguće obaviti samo jedno tretiranje s ispitivanim pripravcima, pod uvjetom da se ono obavi prije pojave simptoma na listovima (Popov i sur., 2005). U SAD-u na području Alabame i Georgia provedeno je istraživanje o učinkovitost insekticida na populaciju crvenog žitnog balca u razdoblju od 1995-1998 (Buntin i sur., 2004). Tretiranje se provelo u 2 termina; u vrijeme ovipozicije i nakon što se većina ličinki izleglo iz jaja. Korišeno je više insekticida različitih aktivnih tvari i kemijskih skupina. Najbolje rezultate pokazao je insekticid na bazi aktivne tvari lambda-cihalotrin. Pokazao se vrlo učinkovit ako se tretiranje provede vrlo rano, u vrijeme prije ovipozicije ženke ili prije nego što se izlegne više od 50% odloženih jaja. Rezultati su pokazali da je defolijacija bila manja od 1% na cijelome polju (Buntin i sur., 2004). Na području zapadne Srbije provedeni su poljski pokusi s nekoliko insekticida iz različitih skupina. Primjena insekticida iz skupina sintetskih piretroida pokazala je visoku učinkovitost (Tanasković i sur., 2012). Najbolje se pokazalo sredstvo na bazi aktivne tvari gama-cihalotrin te sredstvo na bazi aktivne tvari monokrotofos + cipermetrin. Prema Đopar (2019) crveni žitni balci razvili su rezistentnost na aktivnu tvar cipermetrin, iz skupine sintetskih piretroida, na području Koprivničko-križevačke, Virovitičko-podravske, Sisačko-moslavačke županije te Grada Zagreba. Na svim istraživanim lokalitetima utvrđena je rezistentna ili visoko rezistentna populacija crvenog žitnog balca, osim na području lokaliteta Kobilić (Zagrebačka županija) gdje je populacija crvenog žitnog balca bila visoko osjetljiva. Osim toga, provedena su istraživanja i na drugim vrstama štetnika s istim aktivnim tvarima iz skupine sintetskih piretroida te se dokazala rezistentnost. Istraživanje provedeno u Hrvatskoj na lokalitetima Županja, Komarnica i Kutina na repičinom sjajniku dokazalo je da su sve testirane populacije umjereno rezistentne ili rezistnentne na aktivnu tvari lambda-cihalotrin (Gotlin Čuljak i sur., 2013). Uostalom, velik broj gospodarski važnih štetnika razvio je rezistentnost na većinu aktivnih tvari iz skupina sintetskih piretroida. Uz repičina sjajnika tu su i duhanov štitasti moljac (*Bemisia tabaci* Gennadius), zelena breskvina uš (*Myzus persiace* Sulzer), krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* Say), kupusni moljac (*Plutella*

xylostella Linnaeus)... Zbog sve većih pojava rezistentnih štetnika u poljoprivredi IRAC je propisao smjernice kako bi se ono smanjilo. Smjernice obuhvaćaju primjenu insekticida u preporučenim dozama, praćenje populacije štetnika, primjenu agrotehničkih mjera te uporaba prirodnih neprijatelja (Juran i sur., 2012).

5. Zaključak

Temeljem provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- Populacija crvenog žitnog balca rezistentna je na aktivnu tvar lambda-cihalotrin iz skupine sintetskih piretroida,
- Utvrđena je smanjena osjetljivost crvenog žitnog balca na botanički insekticid azadirahtin i biljni ekstrakt lavande,
- Botanički insekticid piretrin te biljni ekstrakt mente pokazali su visoku učinkovitost u suzbijanju populacije crvenog žitnog balca,
- Potrebno je provesti daljnja istraživanja o razvoju rezistetnosti kod primjene sintetskih piretroida te istraživanje o mogućnosti primjene piretrina i biljnog ekstrakta mente,
- Potrebno je provođenje svih mjera suzbijanja ispred kemijskih mjera kako bi se smanjila vjerojatnost za razvoj rezistentnosti te educirati poljoprivredne proizvođače o pojmu rezistentnosti i načinu njezina nastanka i sprječavanja.

6. Popis literature

1. Abbott W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. econ. Entomol. 18 (2), 265-267.
2. Abrook J., Benigno D.A. (1972). Transmission of cocksfoot mottle and phleum mottle viruses by Oulema melanopa and O. lichenis. Annals of Applied Biology. 72: 169-176.
3. ACTA (2021.). Acta Entomology and zoology. <https://www.actajournal.com/> Pristupljeno: 10.4.2021.
4. Alexander A., Krishnamoorthy S.V., Kuttalam S. (2013). Toxicity of insecticides to the coccinellid predators, Cryptolaemus montrouzieri Mulsant and Scymnus coccivora Ayyar of Papaya mealybug, Paracoccus marginatus Williams and Granara De Willink. Journal of Biological Control: 6.
5. APRD (2021). Arthropod Pesticide Resistance Database. <https://www.pesticideresistance.org/> Pristupljeno: 23.5.2021.
6. Archer T.L., Bynum Jr. E.D., Plapp Jr. F.W. (1994). Chlorpyrifos resistance in greenbugs (Homoptera: Aphididae): cross-resistance and synergism. Journal of Economic Entomology. 87 (6), 1437-1440.
7. Balachowsky A., Mesnil L. (1935). Les insectes nuisibles aux plantes cultivees. Leurs Moeurus, leur Destruction. Etablissements Busson, Paris. 1137 pp.
8. Barić B. (2014). Načela integrirane zaštite bilja. Glasilo biljne zaštite. 14 (5): 352-356.
9. Bažok R., Gotlin Čuljak T., Grubišić D. (2014). Pregled sredstava za zaštitu bilja. Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite. 14 (5): 357-390.
10. Bažok R., Lemić D. (2017.). Rezistentnost štetnika na insekticide. Glasilo biljne zaštite. 14 (5): 429-443.
11. Bezdek J., Baselga A. (2015). Revision of western Palaearctic species of the Oulema melanopus group, with description of two new species from Europe (Coleoptera: Chrysomelidae: Criocerinae). Acta Entomologica Musei Natioalis Pragae. 55: 273-304.
12. Bond C., Buhl K., Stone D. (2014). Pyrethrins General Fact Sheet. Crop Protection. 91: 52-56.
13. Bond C., Buhl K.,Stone D. (2012). Neem Oil General Fact Sheet. Crop Protection. 42: 45-56.
14. Bonnemaison L. (1962). Les ennemis animaux des plantes cultivees et des fortes, tome II. Editions Sep, Paris. 500pp.
15. Bucurean E., Bunta G., Stanciu A. (2012). Control of the cereal leaf beetle (Oulema melanopus) through treatment applied during the vegetation period in wheat crops. Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului. 19: 49-54.
16. Buntin G.D., Flanders K.L., Slaughter R.W., De Lamar Z.D. (2004). Damage loss assessment and control of the cereal leaf beetle (Coleoptera:

Chrysomelidae) in winter wheat. Journal of Economic Entomology. 97: 374-382.
17. Casagrande R.A., Ruesink W.G., Haynes D.L. (1977). The behavior and survival of adult cereal leaf beetles. Annals of the Entomological Society of America. 70: 19-30.
18. Castro T.R., Ruppel R.F., Gomulinski M.S. (1965). Natural history of the cereal leaf beetle in Michigan. Mich Agr Exp Sta Quart Bull. 47: 624-653.
19. Chambon J.P., Van Laere C., Genestier G., Pineau C., Cocquempot C. (1983). Étude des populations d'Oulema melanopus L. et Oulema lichenis Weiss. (Coleoptères: Chrysomelidae) sur blé dans la région parisienne. — Agronomie. 3: 685–690.
20. Cloutier C., Bauduin F. (1995). Biological control of the Colorado potato beetle Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera, Chrysomelidae) in Quebec by augmentative releases of the 2-130 spotted stinkbug Perillus bioculatus (Hemiptera, Pentatomidae). Canadian Entomologist. 127: 195-212.
21. Coats S.A., Coats J.R., Ellis C.R. (1979). Selective toxicity of three synthetic pyrethroids to eight coccinellids a eulophid parasitoid, and two pest chrysomelids. Environmental Entomology. 8: 720-722.
22. Cornel University. College of Agriculture and Life Sciences. Biological control. *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae). <https://biocontrol.entomology.cornell.edu/parasitoids/anaphes.php> Pristupljeno: 15.5.2021.
23. Culliney T.W. (1986). Predation on adult Phyllotreta flea beetles by Podisus Maculiventris (Hemiptera: Pentatomidae) and Nabicula Amercolimbata (Hemiptera: Miridae). The Canadian Entomologist. 118: 731-732.
24. Daamen R.A., Stol W. (1993). Surveys of cereal diseases and pests in the Netherlands. 6. Occurrence of insect pests in winter wheat. Netherlands Journal of Plant Pathology. 99: 51.
25. Dawkins R., Krebs J.R. (1979). Arms races between and within species. Proc. R. Soc. Lond. B. 205: 489–511.
26. Dedryver C.A. (1990). The main entomological problems on small grain cereals in France. 6th. International Symposium Pest and Diseases of Small Grain Cereals and Maize. Halle/Saale. 151-157.
27. Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill S.C., Huey R.B., Naylor R.L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. Science 2018, 361: 916–919.
28. Dimitrijević B., Petrić D., Ignjatović-Ćupina A., Knežević D., Mićanović D., Zečević V. (2001). Influence of larvae solidity of cereal leaf beetle (Coleoptera, Chrysomelidae: Lema melanopus L.) on yield decreasing of small grains. Kragujevac J Sci 23: 99-104.
29. Dimitrijević B.M., Jelić T., Lomović S. (1999). The effect of mineral nutrition on the damage degree of spring wheat by Lema melanopus L.(Coleoptera: Chrysomelidae). Acta Entomol. Serbica 4: 49-55.

30. Dysart R.J., Maltby H.L., Brunson M.H. (1973). Larval parasites of Oulema melanopus in Europe and their colonization in the United States. Entomophaga 18: 133-167.
31. DZS (2020). Popis poljoprivrede 2020. – privremeni podaci . <https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/01-01-29_01_2020.htm> Pristupljeno: 14.5.2021.
32. Đopar K. (2019). Osjetljivost crvenog žitnog balca na insekticide (*Oulema melanopus* L.) na insekticide. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
33. Evans E.W., Karren J.B., Israelsen C.E. (2006). Interactions over time between cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and larval parasitoid Tetrastichus julis (Hymenoptera: Eulophidae) in Utah. Journal of Economic Entomology. 99: 1967-1973.
34. Everson A.C. (1966). Effects of Frequent Clipping at Different Stubble Heights on Western Wheatgrass (Agropyron smithii, Rydb.) 1. Agronomy Journal. 58 (1), 33-35.
35. FAO (1975). Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. 16: Tentative method for adults of some stored cereals, with methyl bromide and phosphine. FAO Plant Protection Bulletin. 23: 12-25.
36. FIS (2021). FIS Portal. <http://fisportal.mps.hr/hr/sve/obavijesti/> Pristupljeno: 15.5.2021.
37. Gaborjanyi R., Szabolcs J. (1987). Brome mosaic virus transmission by cereal leaf beetle (Oulema melanopus, Coleoptera,Chrysomelidae). Cereal Research Communications. 15: 259-264.
38. Gage S.H., Haynes D.L. (1975). Emergence under natural and manipulated conditions of Tetrastichus julis , an introduced larval parasite of the cereal leaf beetle, with reference to regional population management. Environmental Entomology. 4: 425-434.
39. Gallun R.L., Everly R.T., Yamazaki W.T. (1967). Yield and milling quality of monon wheat damaged by feeding of cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 60: 356-399.
40. Gallun R.L., Ruppel R. Everson E.H. (1966). Resistance of small grains to the cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 59: 827-829.
41. Gotlin Čuljak T., Jelovćan S., Grubišić D., Juran I. (2013). Pojava rezistentnosti repičinog sjajnika (*Meligethes* spp.) na piretroide u usjevima uljane repice (*Brassica napus* L.) u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite. 13 (5): 380-384.
42. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2016). Poljoprivredna entomologija – sistematika kukaca. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: 2016.
43. Gotlin Čuljak T.,Grubišić D., Juran I., Uglješić I., Đopar K. (2017). Učinkovitost piretroida u suzbijanju žitnih balaca (Oulema spp.). Glasilo biljne zaštite. 17(5), 455-459.

44. Greenstone M.H. (1999). Spider predation: how and why we study it. The Journal of Arachnology. 27: 333-342.
45. Groden E., Drummon F.A., Casagrande R.A., Hayness D.L. (1990). Coleomegilla maculata (Coleopera: Coccinellidae): its predation upon the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and its incidence in potatoes and surrounding crops. Journal of Economic Entomology. 83: 1306-1315.
46. Guglielmone A.A., Castelli M.E., Volpogni M.M., Anziani O.S., Mangold A.J. (2002). Dynamics of cypermethrin resistance in the field in the horn fly, Haematobia irritans. Medical and veterinary entomology. 16 (3), 310-315.
47. Guppy J.C., Harcourt D.G. (1978). Effects of temperature on development of immature stages of cereal leaf beetle, Oulema melanopus (Coleoptera chrysomelidae). Canadian Entomologist. 110: 257-263.
48. Gutierrez A.P., Denton W.H., Shade R., Maltby H., Burger T., Moorehead G. (1974). The within field dynamics of the cereal leaf beetle (Oulema melanopus (L.)) in wheat and oats. Journal of Animal Ecology. 43: 627-640.
49. Haynes D.L., Gage S.H. (1981). The cereal leaf beetle in North America. Annual Review of Entomology. 26: 259-287.
50. Helgesen R.G., Haynes D.L. (1972). Population dynamics of the cereal leaf beetle, Oulema melanopus (Coleoptera: Chrysomelidae): a model for age specific mortality. The Canadian Entomologist. 104: 797-814.
51. Herbert D.A., Van Duyn J.W. (2009). Cereal leaf beetle: biology and management. Virginia Cooperative Extension System Publication. 444-450.
52. Hervet V.A.D., Cárcamo H.A., Dosdall L.M., Miller T.D., Kher S.V. (2016). Assessment of potential non-target effects of Tetrastichus julis, a biological control agent of the cereal leaf beetle, Oulema melanopus. Biocontrol. 61: 399-411.
53. Hoffman G.D., Rao S. (2011). Oviposition site selection on oats: the effect of plant architecture, plant and leaf age, tissue toughness, and hardness on cereal leaf beetle, Oulema melanopus. Entomologia Experimentalis et Applicata. 141: 232-244.
54. Hoxie R.P., Wellso S.G. (1974). Cereal leaf beetle instars and sex, defined by larval head capsule widths. Annals of the Entomological Society of America. 67: 183-186.
55. Ihrig R.A., Herbert D.A., Van Duyn J.W., Bradley J.R. (2001). Relationship between cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) egg and fourth-instar populations and impact of fourth-instar defoliation of winter wheat yields in North Carolina and Virginia. Journal of Economic Entomology. 94: 634-639.
56. IRAC (2009). IRAC Susceptibility Test Method. https://irac-online.org/content/uploads/Method_007_v3_june09.pdf - pristup 04. srpnja 2021.
57. IRAC (2017). Insecticide Resistance Action Committee. <http://www.iraconline.org/methods/> Pristupljeno: 22.5.2021.

58. IRAC (2017a). The IRAC Mode of Action Classification. Insecticide Resistance Action Committee. <http://www.irac-online.org/modes-of-action/> Pristupljeno: 19.5.2021.
59. Iscia M., Aby R. (2017). Determination of resistance and resistance mechanisms to thiacloprid in *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) populations collected from apple orchards in Isparta Province, Turkey. Crop Protection. 91: 82-88.
60. Juran I., Gotlin Čuljak T., Bažok R. (2012). Sintetski piretroidi. Glasilo biljne zaštite. 12 (3): 196-210.
61. Kaniuczak Z. (1993). Studies on the occurrence, course of development, harmfulness and control of cereal leaf beetles (*Oulema* spp.) on winter wheat crops in south-eastern Poland. Prace Nauk Inst Ochr Roślin. 33: 9–55.
62. Kher S., Dosdall L., Cárcamo H. (2011). The cereal leaf beetle: biology, distribution and prospects for control. Prairie Soils and Crops. 4: 32-41.
63. Kher S.V., Dosdall L.M., Carcamo H.A. (2014). Plant vigor metrics determine spatio-temporal distribution dynamics of Oulema melanopus (Coleoptera: Chrysomelidae) and its larval parasitoid, Tetrastichus julis (Hymenoptera: Eulophidae). Environmental Entomology. 43: 1295-1308.
64. Kher S.V., Dosdall L.M., Cárcamo H.A. (2016). Biology, host preferences and fitness of Oulema melanopus (Coleoptera: Chrysomelidae), a recent invasive pest in Western Canada. Arthropod-Plant Interactions. 10: 365-376.
65. Labeyrie V. (1963). Sous-famille des Criocerinae. In Balachowsky A.S. 1963: Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome 1, Coléoptères, Second volume, Phytophagoidea (suite et fi n). Masson et Cie, Paris. pp. 571–592.
66. Leibee G.L., Horn D.J. (1979). Influence of tillage on survivorship of cereal leaf beetle Coleoptera, Chrysomelidae and its larval parasites, Tetrastichus julis Hymenoptera, Eulophidae and Lemophagus citrus Hymenoptera, Ichneumonidae. Environmental Entomology. 8: 485-486.
67. Lemić D., Čačija M., Drmić Z., Virić Gašparić H., Bažok R. (2017). Praćenje rezistentnosti štetnika. Glasilo biljne zaštite. 17(5): 439-445.
68. Maceljski M. (1967). Fitofarmacija, opći dio: odabrana poglavlja iz problematike kemijskog suzbijanja štetnika / Milan Maceljski. Sveučilište u Zagrebu.
69. Maceljski M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski, Čakovec.
70. Maceljski M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčić J., Pagliarini N., Oštrec Lj., Barič K., Čizmić I. (2004). Štetočinje povrća, Zrinski Čakovec.
71. Maltby H.L., Burger T.L., Moorehead G.E., Montgomery V.E. (1969). A new record of a Trichogramma species parasitizing the cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 62: 1157-1158.
72. Merritt D.L., Apple J.W. (1969). Yield reduction of oats caused by cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 62: 298-&.
73. Milovanović P., Kljajić P., Andrić G., Pražić-Golić M., Popović T. (2013). Efficacy of Diff erent Insecticides in Controlling Pollen Beetle (Meligetes aeneus F.) in Rapeseed Crop. Pestic Phytomed. 28 (4): 255–263.

74. Morlacchi P., Limonta L., Baumgartner J. (2007). From a descriptive toward an explicative growth-based model on immature Oulema duftschmidi (Coleoptera: Chrysomelidae) development at different temperatures. Environmental Entomology. 36: 245-255.
75. Nault L.R., Styer W.E., Coffey M.E., Gordon D.T., Negi L.S., Niblett C.L. (1978). Transmission of maize chlorotic mottle virus by chrysomelid beetles. Phytopathology. 68: 1071-1074.
76. NPIC (2021). Nacional Pesticide Information Center. <http://npic.orst.edu/> Pristupljeno: 25.5.2021.
77. Papp M., Masterhazy A. (1966). Resistance of winter wheat of cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 89: 1649-1657.
78. Philips C.R., Herbert D.A., Kuhar T.P., Reisig D.D., Thomason W.E., Malone S. (2011). Fifty years of cereal leaf beetle in the US: an update on its biology, management, and current research. J. Integral Pest Managment. 2: C1–C5.
79. Popov C., Malschi D., Vilau F., Stoica V. (2005). Insect pest management of Lema melanopa in Romania. Romanian Agricultural Research. *22*, 47-51.
80. Riley E.G., Clark S.M., Seeno T.N. (2003). Catalog of the Leaf Beetles of America North of Mexico (Coleoptera: Megalopodidae, Orsodacnidae and Chrysomelidae, Excluding Bruchinae). Coleopterists Society, Special Publication no. 1, Sacramento, CA. 290 pp.
81. Ruppel R.F., Stehr F.W. (1975). Cereal leaf beetle control. Cooperative Extension Service, Michigan State University, East Lansing, MI. E-738.
82. Samková A., Hadrava J., Skuhrovec J., Janšta P. (2020). Host Specificity of the Parasitic Wasp Anaphes flavipes (Hymenoptera: Mymaridae) and a New Defence in Its Hosts (Coleoptera: Chrysomelidae: Oulema spp.). Insects. 11(3): 175.
83. Schmitt M. (1988). The Criocerinae: biology, phylogeny and evolution: Biology of Chrysomelidae. (ed. by EP P. Jolivet, and T. H. Hsiao) Springer, Dordrecht. pp. 475-495.
84. Schmitt M., Ronn T. (2011). Types of geographical distribution of leaf beetles (Chrysomelidae) in Central Europe. Zookeys: 131-158.
85. Shade R.E., Hansen H.L., Wilson M.C. (1970). A partial life table of the cereal leaf beetle, Oulema melanopus, in Northern Indiana. Annals of the Entomological Society of America. 63: 52- 59.
86. Stamenković S. (2004). Pojava i štetnost žitne pijavice. Biljni lekar. 2 (32): 124-131.
87. Stehr F.W. (1970). Establishment in the United States of Tetrastichus julis, a larval parasite of the cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 63: 1968-1969.
88. Stehr F.W., Gage P.S., Burger T.L., Montgomery V.E. (1974). Establishment in United States of Lemophagus curtus, a larval parasitoid of cereal leaf beetle. Environmental Entomology. 3: 453-454.

89. Stehr F.W., Haynes D.L. (1972). Establishment in United States of Diaparsis carinifer, Hymenoptera-Ichneumonidae a larval parasite of cereal leaf beetle ColeopteraChrysomelidae. Journal of Economic Entomology. 65: 405-&.
90. Stilmant D. (1995). Population dynamics of cereal leaf beetles, Oulema melanopus L. and O. lichenis Voet (Coleoptera: Chrysomelidae), on wheat fields in southern Belgium. *Belgian journal of zoology*. *125*, 199-199.
91. Stuart M.K., Greenstone M.H. (1990). Beyond Elisa: a rapid, sensitive, specific immunodot assay for identification of predator stomach contents. Annals of the Entomological Society of America. 83: 1101-1107.
92. Sunderland K.D. (2002). Invertebrate pest control by carabids, In: Holland JM (ed). Agroecology of Carabid Beetles, Intercept Publishers. 165-214.
93. Sunderland K.D., Crook N.E., Stacey D.L., Fuller B.J. (1987). A study of feeding by polyphagous predators on cereal aphids using Elisa and gut dissection. Journal of Applied Ecology. 24: 907-933.
94. Symondson W.O.C., Sunderland K.D., Greenstone M.H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual Review of Entomology. 47: 561-594.
95. Tanasković S., Madić M., Đurović D., Knežević D., Vukajlović F. (2012). Susceptibility of cereal leaf beetle (Oulema melanopus L.) in winter wheat to various foliar insecticides in western Serbia Region. Romanian Agricultural Research. 29: 361-365.
96. Teofilović Ž. (1969). Prilog proučavanju morfologije i razvića žitne pijavice (*Lema melanopus* L.) i uticaj ekoloških činilaca na njene životne aktivnosti. Zbornik radova Zavoda za strna žita. 4: 29-124.
97. Ulrich W., Czarnecki A., Kruszynski T. (2004). Occurrence of pest species of the genus Oulema (Coleoptera: Chrysomelidae) in cereal fields in Northern Poland. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 7.
98. Ulrich W., Czarnecki A., Kruszynski T. (2004). Occurrence of pest species of the genus Oulema (Coleoptera: Chrysomelidae) in cereal fields in Northern Poland.Journal of Polish Agricultural Universities 7.
99. Van de Vijver E., Landschoot S., Van Roie M., Temmerman F., Dillen J., De Ceuleners K., Smagghe G., De Baets B., Haesaert G. (2019). Inter and intrafield distribution of cereal leaf beetle species (Coleoptera: Chrysomelidae) in Belgian winter wheat. Environmental Entomology. 48: 276-283.
100. Vankosky M.A., Cárcamo H.A., Dosdall L.M. (2011). Identification of potential natural enemies of the pea leaf weevil, Sitona lineatus L. in western Canada. Journal of Applied Entomology. 135: 293-301.
101. Walenta D.L., Roberts D. (2012). Integrated pest management (IPM) for the cereal leaf beetle in Washington State. Washington State University Extention, Washington. EM054E, 11 pp.
102. Wallace L.E., McNeal F.H., Berg M.A. (1974). Resistance to both Oulema melanopus and Cephus cinctus in pubescent-leaved and solid-stemmed wheat selections. Journal of Economic Entomology. 67 (1): 105-107.

103. Webster J.A., Smith D.H. (1983). Cereal leaf beetle (*Oulema melanopus* (L)) population densities and winter wheat yields. Crop Protection. 2: 431-436.
104. Webster J.A., Smith D.H., Gage S.H. (1978). Cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) influence of seeding rate of oats on populations. The Great Lakes Entomologist. 11: 7.
105. Webster J.A., Smith D.H., Lee C. (1972). Reduction in yield of spring wheat caused by cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 65: 832-836.
106. Wellso S. (1982). Cereal leaf beetle under control. Crops and Soils Magazine. 7-9.
107. Wellso S.G., Connin R.V., Hoxie R.P. (1973). Oviposition and orientation of cereal leaf beetle Oulema melanopus (L) (Coleoptera: Chrysomelidae). Annals of the Entomological Society of America. 66: 78-83.
108. WHO (1990). Cyhalothrin & lambda-cyhalothrin : health and safety guide. World Health Organization. Environmental health criteria. 99 27 p.
109. Wilson M.C., Treece R.E., Shade R.E., Day K.M., Stivers R.K. (1969). Impact of cereal leaf beetle larvae on yields of oats. Journal of Economic Entomology. 62: 699-730.
110. Yun M.Y., Ruppel R.F. (1964). Toxicity of insecticides to a coccinellid predator of the cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology. 57: 835-837.

Slike:

Slika 2.1.1. Karta rasprostranjenosti crvenog žitnog balca u svijetu
Izvor: CABI Invasive Species Compedium
https://www.cabi.org/isc/datasheet/30249#toDistributionMaps -pristup: 25.5.2021.

Slika 2.1.2. Jaja, ličinka i odrasli oblik crvenog žitnog balca. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 26.4.2021.

Slika 2.1.3. Kopulacija odraslih oblika crvenog žitnog balca. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 26.4.2021.

Slika 2.1.4. Štete nastale od odraslih oblika crvenog žitnog balca. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 26.4.2021.

Slika 2.1.5. Parazitska osica *Tetrastichus julis* na ličinki crvenog žitnog balca
Izvor: Pinterest https://www.pinterest.com/pin/736057132818882660/ -pristup: 26.5.2021.

Slika 2.2.1. Shematski prikaz razvoja rezistentnih populacija kukaca (prilagođeno prema Igrc Barčić i Maceljski, 2001)
Izvor: Bažok i Lemić 2017.

Slika 2.2.2. Shematski prikaz čimbenika koji utječu na brzinu razvoja rezistentnosti
Izvor: Bažok i Lemić 2017.

Slika 3.1. Sakupljanje odraslih oblika crvenog žitnog balca na lokalitetu Šašinovec. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 26.4.2021.

Slika 3.2. Strukturna formula lambda-cihalotrina
Izvor: ResearchGate https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-Lambda-cyhalothrin_fig1_323202449 -pristupio: 29.5.2021.

Slika 3.3. Cvijet dalmatinskog buhača
Izvor: Kreni zdravo https://www.krenizdravo.hr/prehrana/samoniklo-bilje/dalmatinski-buhac-prirodni-insekticid-prednosti-i-upotreba -pristupio: 29.5.2021.

Slika 3.4. Listovi biljke neem
Izvor: Kreni zdravo https://www.krenizdravo.hr/zdravlje/alternativna-medicina/biljna-ljekarna/nim-prah-ljekovita-svojstva-i-upotreba -pristupio: 29.5.2021.

Slika 3.5. Eterično ulje lavande i mente. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 27.4.2021.

Slika 3.6. Postavljanje pokusa u laboratoriju. Fotografija: Leon Štefanac. Fotografirano: 27.4.2021.

Slika 4.1. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 24 sata nakon postavljanja pokusa

Slika 4.2. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 48 sati nakon postavljanja pokusa

Slika 4.3. Postotak mortaliteta odraslih oblika crvenog žitnog balca 72 sata nakon postavljanja pokusa

Tablice:

Tablica 2.1.1. Registrirani pripravci za suzbijanje crvenog žitnog balca.

Tablica 3.1. Aktivne tvari, pripravci i preporučene doze aktivnih tvari korištenih u pokusu

Životopis

Leon Štefanac rođen je 25. ožujka 1997. godine u Karlovcu. Od 2011. do 2015. pohađao je srednju Šumarsku i drvodjeljsku školu u Karlovcu smjer šumarski tehničar. Sudjelovao je na državnom natjecanju šumarskih tehničara koje se održavalo u Poljoprivrednoj školi u Vinkovcima. Akademsko obrazovanje započeo je 2015. godine na Agronomskom fakultetu u Zagrebu na preddiplomskom studiju Zaštita bilja. Akademski naziv prvostupnik zaštite bilje univ.bacc.ing.agr stekao je 31. kolovoza 2018. godine. U rujnu 2018. upisao je diplomski studij smjer Fitomedicina. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite (HDBZ). Stručnu praksu odradio je u Hrvatskoj agenciji za poljoprivredu i hranu (HAPIH) na odjelu za dijagnostiku i analitiku.