

Učinkovitost nižih doza insekticida i ojačivača bilja u suzbijanju krumpirove zlatice

Šumić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:346839>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**UČINKOVITOST NIŽIH DOZA INSEKTICIDA I
OJAČIVAČA BILJA U SUBZIJANJU
KRUMPIROVE ZLATICE**

DIPLOMSKI RAD

Kristina Šumić

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Fitomedicina

**UČINKOVITOST NIŽIH DOZA INSEKTICIDA I
OJAČIVAČA BILJA U SUBZIJANJU
KRUMPIROVE ZLATICE**

DIPLOMSKI RAD

Kristina Šumić

Mentor:

doc. dr.sc. Maja Čačija

Zagreb, rujan, 2022.
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Kristina Šumić**, JMBAG 0178115447, rođen/a 13.05.1999. u Žepču (BiH),
izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Učinkovitost nižih doza insekticida i ojačivača bilja u suzbijanju krumpirove zlatice

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studentice **Kristine Šumić**, JMBAG 0178115447, naslova

Učinkovitost nižih doza insekticida i ojačivača bilja u suzbijanju krumpirove zlatice

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|
| 1. doc. dr. sc. Maja Čačija | mentor | _____ |
| 2. prof. dr. sc. Aleksandar Mešić | član | _____ |
| 3. izv. Prof. dr. sc. Ivan Juran | član | _____ |

Zahvala

Ovime zahvaljujem prvenstveno svojim roditeljima koji su mi tijekom cijelog studija bili najveća podrška. Zahvaljujem se također i mentorici doc. dr. sc. Maji Čaćija na prihvaćanju mentorstva i na svoj pruženoj pomoći i stručnom vodstvu za izradu ovog diplomskog rada. Zahvala i mojim prijateljima i kolegama koji su na bilo koji način iskazali podršku tijekom godina studiranja.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 1.1 Hipoteza i cilj istraživanja..... | 2 |
| 2. Pregled literature | 3 |
| 2.1 Krumpir (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 3 |
| 2.1.1 Morfologija krumpira..... | 3 |
| 2.2. Krumpirova zlatica (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say 1824))..... | 11 |
| 2.2.2. Biologija i ekologija krumpirove zlatice | 13 |
| 2.2.3. Štete od krumpirove zlatice | 13 |
| 2.2.4. Prognoza i suzbijanje krumpirove zlatice..... | 14 |
| 3. Rezistentnost krumpirove zlatice na insekticide | 17 |
| 4. Ojačivači biljaka | 19 |
| 5. Materijali i metode | 24 |
| 5.1. Uzgoj i tretiranje krumpira | 24 |
| 5.2. Ojačivači biljaka i insekticidi korišteni u pokusu..... | 25 |
| 5.3. Prikupljanje zlatice i postavljanje pokusa | 28 |
| 5.4. Obrada rezultata..... | 29 |
| 6. Rezultati | 30 |
| 7. Rasprava..... | 32 |
| 8. Zaključak..... | 35 |
| 9. Popis literature..... | 36 |
| Životopis | 39 |

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Kristine Šumić**, naslova

UČINKOVITOST NIŽIH DOZA INSEKTICIDA I OJAČIVAČA BILJA U SUZBIJANJU KRUMPIROVE ZLATICE

Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)) najvažniji je štetnik krumpira proširen u svim područjima uzgoja krumpira. Karakterizira je sposobnost razvoja rezistentnosti na djelatne tvari insekticida. Kroz rad je testirana učinkovitost nižih doza insekticida (Alverde i Mospilan 20 SG) u kombinaciji sa tri različita ojačivača bilja (AlgoVital Plus, AminoVital, Folifertil T). Tijekom mjesec dana, krumpir posađen u posudama tretirao se svakih sedam dana ojačivačima bilja, a u zadnjem tretiranju na određenim varijantama primijenjeni su i insekticidi u preporučenoj i pola preporučene doze. U laboratorijskom pokusu ispitana je učinkovitost navedenih tretmana na ličinke krumpirove zlatice. U petrijeve zdjelice postavljano je po pet jedinki te su dodani tretirani listovi krumpira. Ukupno je postavljeno 14 varijanti u pet ponavljanja, uključujući i netretiranu kontrolu. Očitavanja mortaliteta ličinki zlatice provedena su 24, 48 i 72 sata od zadnjeg tretiranja. U pokusu najvišu učinkovitost postigao je Folifertil T (69 %), dok je učinkovitost ostala dva ojačivača bila između 49 % (AminoVital) i 56 % (AlgoVital Plus). Insekticidi u punoj dozi pokazali su najvišu učinkovitost na kraju pokusa (Alverde 100 %, Mospilan 91 %), kao i Alverde u pola preporučene doze (96 %). Od kombinacija ojačivača s insekticidom Alverde, najboljima su se pokazale kombinacije koje su uključivale Folifertil T (96 %) i AminoVital (92 %), dok su kombinacije ojačivača s insekticidom Mospilan postigle nešto nižu učinkovitost. Primjenom kombinacija ojačivača s insekticidima moguće je korištenje znatno nižih doza insekticida od preporučenih, čime se smanjuje negativan utjecaj na okoliš, prirodne neprijatelje, ali se i odgađa razvoj otpornosti zlatice na insekticide te povećava set mjera za borbu protiv ovog štetnika.

Ključne riječi: insekticidi, *Leptinotarsa decemlineata*, biostimulatori, rezistentnost, učinkovitost

Summary

Of the master's thesis – student **Kristina Šumić**, entitled

EFFICACY OF LOWER DOSES OF INSECTICIDES AND PLANT BIOSTIMULANTS IN CONTROLLING THE COLORADO POTATO BEETLE

The Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824)) is the most important pest of potatoes, widespread in all areas of potato cultivation. It is characterized by the ability to develop resistance to the active substances of insecticides. This work tested the efficacy of lower doses of insecticides (Alverde and Mospilan 20 SG) in combination with three different herbal biostimulants (AlgoVital Plus, Amino Vital, Folifertil T). During the course of a month, potatoes planted in containers were treated every seven days with biostimulants, and in the last treatment, insecticides were applied in the recommended and half-recommended doses to certain variants. In a laboratory experiment, the efficacy of the treatments was tested on the Colorado potato beetle larvae. Five individuals were placed in petri dishes and treated potato leaves were added. A total of 14 variants were set up in five replicates, including an untreated control. Readings of the mortality of larvae were carried out 24, 48 and 72 hours after the last treatment. In the experiment, the highest efficacy was achieved by Folifertil T (69%), while the efficacy of the other two biostimulants was between 49% (AminoVital) and 56% (AlgoVital Plus). Insecticides in the full dose showed the highest efficacy at the end of the experiment (Alverde 100%, Mospilan 91%), as well as Alverde in half the recommended dose (96%). Of the combinations of biostimulants with Alverde, the combinations that included Folifertil T (96 %) and AminoVital (92 %) proved to be the best, while combinations with Mospilan achieved somewhat lower efficacy. By applying combinations of biostimulants with insecticides, it is possible to use significantly lower doses of insecticides than recommended, which reduces the negative impact on the environment and natural enemies, but also delays the development of resistance to insecticides and increases the set of measures to combat this pest.

Keywords: efficacy, insecticide, *Leptinotarsa decemlineata*, biostimulants, resistance

1. Uvod

Krumpir (*Solanum tuberosum* L.) četvrta je po redu najzastupljenija poljoprivredna kultura namijenjena ljudskoj ishrani. Uzgaja se na preko 20 milijuna hektara i daje prinose preko 350 milijuna tona (FAOSTAT, 2022). Prisutan je u 130 država svijeta (Buturac, 2016). Distribuciju krumpira prati i njegov najznačajniji štetnik. Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* (Say 1824)) je gospodarski najznačajniji štetnik krumpira prisutan u svijetu preko 100 godina. Osim krumpira ovaj oligofag štete radi i na rajčici te patlidžanu. Štete pričinjavaju odrasli i ličinke hraneći se lisnom masom (Maceljki, 2002). Porijeklom je iz Južne Amerike gdje su prve značajne štete zabilježene 1856. godine (Aylokhin, 2009). Europa je dugi niz godina uz pomoć strogih karantenskih mjera i eradikacije uspješno držala zlaticu van svog teritorija, no 1922. zlatica se uspješno introducirala. U entomofaunu Hrvatske introducirana je pedesetih godina prošlog stoljeća, te se od tada redovito javlja. Proširila se na svim područjima gdje se uzgaja krumpir osim na nekim otocima (Pintar i sur., 2016). Zbog učestale pojave i mogućnosti nastanka potpunih šteta na krumpiru primjena insekticida osnovna je mjera zaštite u borbi protiv zlatice. Česta i nestručna primjena insekticida jedan je osnovnih razloga nastanka sve izraženijeg problema otpornosti zlatice na djelatne tvari insekticida (Bažok, 2013).

Krumpirova zlatica ističe se kao jedan od prvih štetnika za koje je dokazana rezistentnost, te kao jedan od štetnika s posebno izraženom sposobnošću razvoja različitih mehanizama otpornosti prema djelatnim tvarima insekticida (Bažok i sur., 2017, Stanković i sur., 2012). Prema *Insecticide Resistance Action Committee* (IRAC, 2022) rezistentnost zlatice prvi puta dokazana je 1955. godine u SAD-u na djelatne tvari iz skupine kloriranih ugljikovodika. Do danas je dokazano više od 306 slučajeva rezistentnosti zlatice na 56 različitih djelatnih tvari (IRAC, 2022).

Kao odgovor na problem rezistentnosti, struka i proizvođači primorani su tražiti nove učinkovite načine suzbijanja zlatice, kao i jačanja otpornosti krumpira na napad. Ojačivači bilja (biostimulatori) predstavljaju proizvode namijenjene jačanju otpornosti biljaka na stres nastao kao posljedica abiotskih ili biotskih činitelja, potpomažu iskorištenju hranjiva i poboljšavanju kvalitativnih svojstava biljke (Mešić i sur., 2022).

Točan mehanizam djelovanja ojačivača bilja kao i njihova funkcija u biljci još uvijek nisu u potpunosti istraženi i definirani, budući da su ojačivači bilja izvedeni iz nevjerojatno raznolikog skupa bioloških i anorganskih materijala uključujući mikrobne fermentacije životinjskih ili biljnih sirovina, žive mikrobne kulture, makro i mikro alge, proteinske hidrolizate, humusne i fulvične tvari, komposta, gnojiva, hrane i industrijskog otpada pripremljenog upotrebom vrlo različitih industrijskih proizvodnih procesa (Brown i Saa, 2015).

Osnovna podjela ojačivača bilja prema du Jardin-u (2015), ovisno o komponentama od kojih su nastali, je na mikrobne i nemikrobne. Autor je nadalje ojačivače podijelio u sedam kategorija: humiske i fulvične kiseline, aminokiseline, hidrolizati proteina i drugi dušični spojevi, ekstrakti morskih algi i drugih biljaka, kitozan i drugi biopolimeri, anorganski biostimulatori, korisne

gljive i korisne bakterije. Mnogi biostimulatori u svom sastavu imaju jednostavne i/ili složene ugljikohidrate koji nakon primjene na biljku izravno djeluju na metabolizam biljke, ali osim toga mogu djelovati i kao signalne molekule. Sudjelovanje ugljikohidrata u obrambenim procesima biljke složen je proces, no znanstvenici pretpostavljaju da do aktivacije obrambenih reakcija dolazi uslijed prijenosa signala putem molekula povezanih s patogenima odnosno područjima nastanka oštećenja (Brown i Saa, 2015).

Ojačivači bilja mogu se koristiti samostalno ili u kombinaciji sa insekticidima. Ovisno o svojstvima ojačivača i kulturi, primjenjuju folijarno ili zalijevanjem biljke tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja ili u određenim fazama prema preporukama proizvođača.

1.1 Hipoteza i cilj istraživanja

Hipoteza rada je da će krumpir tretiran ojačivačima bilja i insekticidima u nižoj dozi pokazati veću učinkovitost u suzbijanju krumpirove zlatice u odnosu na krumpir tretiran samo s nižim dozama insekticida. Cilj istraživanja je utvrditi učinkovitost nižih doza insekticida u kombinaciji s ojačivačima biljaka na mortalitet ličinki krumpirove zlatice.

2. Pregled literature

2.1 Krumpir (*Solanum tuberosum* L.)

Krumpir je zeljasta višegodišnja biljka iz porodice Solanaceae. Potječe iz Južne Amerike odnosno s područja visokih Anda u Peru i Boliviji. U Europu je unesen u 16. stoljeću prvo u Španjolsku odakle se proširio dalje po Europi. U Republiku Hrvatsku donesen je krajem 18. stoljeća. Isprva je uzgajan kao ukrasna biljka, no s porastom brojnosti stanovništva počeo se uzgajati kao poljoprivredna kultura (Hrvatska enciklopedija). Danas se uzgaja u više od 130 zemalja diljem svijeta, na površinama koje se nalaze u razini mora pa sve do površina koje su na 4700 metara nadmorske visine (Buturac, 2013).

2.1.1 Morfologija krumpira

Cimu kao nadzemni dio čine stabljika i listovi, a kao podzemni dio čine stabljika na kojoj se razvijaju stoloni i gomolji te korijen (slika 1). Na kraju stolona, kao njegovo proširenje nastaje gomolj, a stolon može u specifičnim uvjetima, kao što je u slučaju temperaturnog šoka, izrasti u izboj (Buturac i Bolf, 2000).

Stabljike se razvijaju iz klica gomolja ili iz pravog sjemena. Stabljika je u nadzemnom dijelu šuplja. Zelene je boje, dok kod nekih sorata može biti i ljubičaste boje. Biljka krumpira razvija glavne i sekundarne stabljike. Glavne stabljike rastu direktno iz matičnog sjemenskog gomolja. Sekundarne ili bočne stabljike rastu iz glavnih stabljika iznad ili ispod zemlje. Glavna stabljika sa svojim složenim listovima čini prvu razinu, prve dvije bočne stabljike s provodnicom čine drugu razinu, a njihova prva dva bočna ogranka treću razinu, itd. (slika 1). Visina stabljike je oko 1 m (Buturac, 2016).

Listovi krumpira su neparno perasti, raspoređeni izmjenično na različitim visinama sa liskama cjelovitog ruba (slika 1). Kao i stabljika, listovi su prekriveni finim dlačicama. Tijekom rasta i razvoja stabljike, listovi s vremenom žute i otpadaju, a na vrhu se razvijaju novi mladi listovi. U listovima se odvijaju procesi disanja i fotosinteze. Tijekom procesa fotosinteze nastaju ugljikohidrati koji se kasnije skladište u gomoljima (Buturac, 2016).

Cvjetovi se razvijaju u rahlim paštastim cvatovima s bijelim, ljubičastim ili ružičastim laticama (slika 1). Obilnost cvjetova je sortna karakteristika, a dugi dan i srednje temperature stimuliraju cvatnju. U proizvodnji, cvjetovi nemaju važnost za formiranje gomolja. Neke sorte cvatu obilno, a neke rijetko. Prerana cvatnja nedovoljno razvijenog nasada ukazuje da je usjev bio pod stresom. Nakon oplodnje, razvijaju se bobice koje u sebi sadrže 100 - 200 sjemenki. Sjemenke su sitne, plosnate i ovalne, a služe u oplemenjivanju pa čak i za direktnu sjetvu, što je prednost, jer se pravim sjemenom ne prenose ekonomski važni virusi (Buturac, 2016).

Stoloni (slika 1) su podzemne bočne stabljike, a imaju tendenciju horizontalnog rasta. Na vrhu stolona formiraju se gomolji. Nakon prve faze vegetativnog rasta cime vrh stolona zadebljava

i počinje se razvijati u gomolj. Na glavnoj stabljici može se razviti nekoliko stolona stoga glavna stabljika može formirati po nekoliko gomolja (Buturac, 2016).

Gomolj je modificirani dio podzemne stabljike - stolona. Glavni je organ za pohranjivanje rezervnih tvari, te služi za prezimljavanje i daljnju reprodukciju. Pokožica je nepropusni vanjski sloj koji štiti gomolj od isušivanja, napada štetnika i bolesti. Kod nas je najčešće žute ili crvene boje, no može biti ljubičasta, plava i dr. Meso gomolja, odnosno mekota, najčešće je bijela, krem bijela ili žuta, ovisno o sorti, a može biti i ljubičasta. Na gomolju razlikujemo pupčani dio i krunu. Na pupčanom dijelu gomolj je pričvršćen za stolon, a na suprotnom kraju koncentrirana su okca (kruna gomolja). Okca mogu izrasti u klicu koja izrasta u stabljiku, bočne stabljike i stolone (Buturac, 2016).

Korijen krumpira prilično je plitak (40–50 cm), a u rahlim i dubokim tlima doseže dubinu i do 1 m. Korijen se razvija na podzemnom dijelu stabljike i bočno se grana 25–45 cm. Korijen se najviše razvija u fazi cvatnje, a dozrijevanjem nasada korijen polagano odumire (Lešić i sur., 2004).



Slika 1. Biljka krumpira

Izvor: modicirano prema Vanderveer (2022.)

2.1.2 Faze rasta i razvoja krumpira

Fenofaze rasta i razvoja krumpira prema BBCH skali (Hack i sur., 1993) prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Fenofaze razvoja krumpira

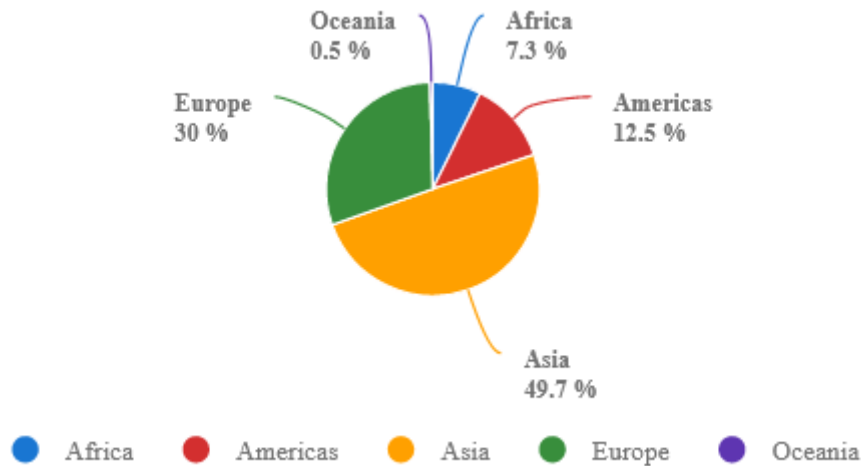
| BBCH oznaka | Opis razvoja biljke iz gomolja |
|--------------|---|
| 0-9 | Klijanje/nicanje |
| 10-19 | Razvoj listova |
| 20-29 | Formiranje bazalnih postranih izboja iznad i ispod površine tla (glavna biljka) |
| 30-39 | Izduživanje glavne stabljike i zatvaranje redova |
| 40-49 | Formiranje gomolja |
| 50-59 | Pojava cvata |
| 60-69 | cvatnja |
| 70-79 | Razvoj ploda |
| 80-89 | Zrioba ploda i sjemena |
| 90-99 | Starenje i odumiranje |

2.1.3 Proizvodnja i potrošnja krumpira

Zbog izrazito visoke reproduktivne sposobnosti i donošenja velikih prinosa po jedinici površine, i s visokim sadržajem hranjivih tvari, krumpir predstavlja jednu od najvažnijih ratarskih kultura (Korunek i Pajić, 2007). Prema podacima FAOSTAT-a krumpir je četvrta kultura prema ukupnom obimu proizvodnje, nakon kukuruza, riže i pšenice. U svijetu se krumpir proizvodi na više od 20 milijuna hektara zemljišta, a prinosi dosežu preko 350 milijuna tona (FAOSTAT, 2022). Proizvodnja i potrošnja krumpira uglavnom se vežu uz ljudsku ishranu, no oplemenjivanje krumpira s gledišta namjene ima tri ciljna područja:

- a) selekcija sorata namijenjenih za ljudsku ishranu,
- b) selekcija sorata namijenjenih za industrijsku preradu,
- c) selekcija sorata namijenjenih ishrani životinja (Korunek i Pajić, 2007).

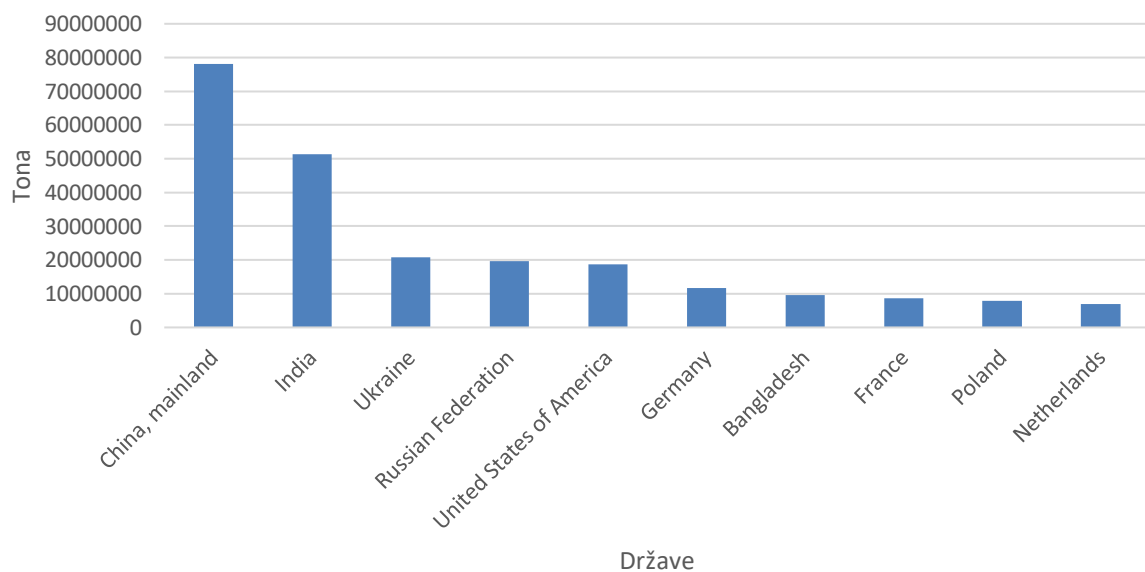
Potrošnja krumpira u nerazvijenim zemljama veća je nego u razvijenim. Također, trend potrošnje svježeg stolnog krumpira opada, dok raste potrošnja krumpira za prerađevine (Buturac, 2013). Od proizvedenog krumpira, 52 % potroši se na ljudsku ishranu, 21 % za ishranu stoke, 10 % za sjeme, dok su ostalo gubitci (Sito i sur., 2014). Najveći svjetski proizvođač krumpira je Kina, a slijede ju Indija, Rusija, Ukrajina i SAD (slike 2 i 3) (Gugić i sur., 2014).



Slika 2. Ukupna svjetska proizvodnja krumpira u 2020. prema regijama u svijetu

izvor: FAOSTAT, 2022

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> - pristup 15.7. 2022.



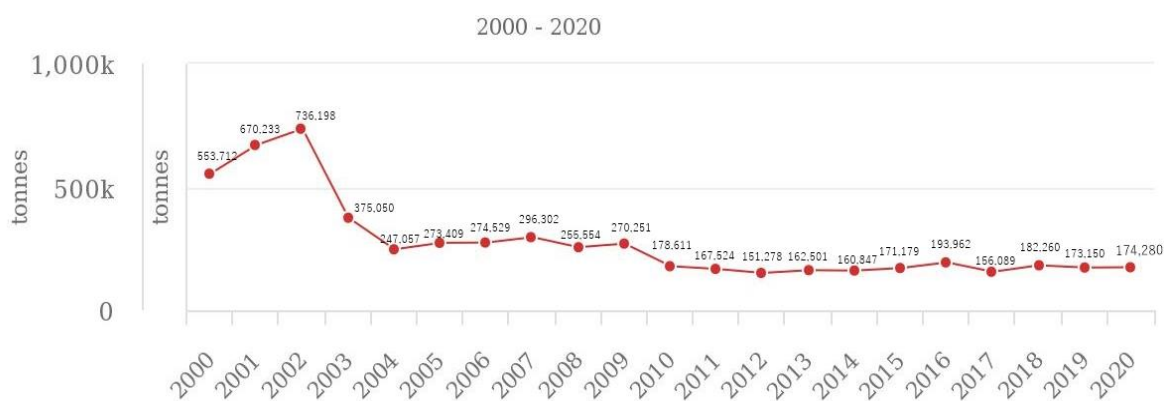
Slika 3. Deset najvećih proizvođača krumpira (u tonama) u 2020.

Izvor: FAOSTAT, 2022.

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> - pristup 15.7. 2022.

Glavnina proizvodnje krumpira orijentirana je na konvencionalni uzgoj. Podaci EUROSTAT-a (2016) pokazuju da organska proizvodnja krumpira u EU28 čini 1,1 % njegove ukupne proizvodnje. Više od polovice ukupnih površina s organskim uzgojem nalazi se u samo tri države članice: Njemačkoj (33,7 %), Austriji (12,9 %) i Francuskoj (8,9 %) (Hadelan i sur., 2016).

Prema podacima DZS-a (2022), krumpir se u Republici Hrvatskoj uzgaja na 9.000 ha. Prinosi krumpira u 2020. godini prema podacima FAOSTAT-a (2022) iznosili su nešto preko 170.000 t (slika 4). Prema podacima FAOSTAT-a iz razdoblja od 2000. do 2020. godine, vidljiv je pad proizvodnje krumpira u Hrvatskoj, od rekordnih 736.000 t do proizvodnje manje od 200.000 t. Nadalje, proizvodnja krumpira u posljednjih 10 godina stagnira bez većih oscilacija i niža je u odnosu na prethodnih 10 godina (FAOSTAT, 2022). Buturac (2013) u svom radu navodi kako su razlozi pada proizvodnje krumpira niski prinosi koje poljoprivrednici ostvaraju uslijed nemogućnosti navodnjavanja, ne korištenja suvremenih tehnologija u procesu proizvodnje, bolesti (plamenjača, koncentrična pjegavost krumpira) i štetnika (krumpirove zlatice) zbog čega gube konkurentnost na slobodnom europskom tržištu.



Slika 4. Proizvodnja krumpira izražena u tonama u Republici Hrvatskoj od 2000-2020. godine

Izvor: FAOSTAT, 2022

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> -pristup 15.7. 2022.

Krumpir je kod nas široko rasprostranjen te se proizvodi i u najnižim ravničarskim dijelovima, brdsko-planinskim područjima, kao i na mediteranskom predjelu (Korunek i Pajić, 2007). U Hrvatskoj se razlikuje obalno-otočni dio za proizvodnju vrlo ranih, ranih i manjim dijelom srednje kasnih kultivara, kontinentalni dio s proizvodnjom ranih i većim dijelom srednje kasnih kultivara te brdsko-planinsko područje Gorskog kotara, Like i Žumberka s proizvodnjom jestivog i sjemenskog krumpira. Najznačajnija tržišno orijentirana proizvodnja srednje kasnih kultivara za zimu u kontinentalnom dijelu Hrvatske smještena je na području oko Čakovca i Varaždina (Lešić i sur., 2004).

Na površini između 5.000 ha i 6.000 ha godišnje se uzgaja na području Zagrebačke, Bjelovarsko-bilogorske, Međimurske, Istarske i Splitsko-dalmatinske županije. S proizvodnjom od 123.520 t Međimurska županija postiže 18,6 % ukupne proizvodnje. Na Bjelovarsko-bilogorsku otpada 9 %, Istarsku 8,3 % te Splitsko-dalmatinsku i Varaždinsku županiju 7,0 %. U isto je vrijeme na području Brodsko-posavske županije pod krumpirom bilo zasadjeno 1.626 ha ili 2,5 % površina i ostvareno 2,7 % ukupne proizvodnje. Na prostoru Vukovarsko-srijemske županije površina pod krumpirom povećana je s 951 ha u 1998. na 1.030 ha u 2001. godini. Njezin udjel u zasijanoj površini je 1,4 %, a ukupnoj proizvodnji 1,6 %. Na

temelju podataka službene statistike utvrđeno je da se 51,1 % krumpira u Hrvatskoj proizvodi u njezinom sjeverozapadnom kontinentalnom dijelu, 32,1 % na središnjem goranskom i priobalnom području s otocima, a samo 16,8 % na prostoru Slavonije i Baranje (Kanisek i sur., 2001).

2.1.4. Tehnologija uzgoja krumpira

Priprema tla i gnojidba

Bitan čimbenik u proizvodnji krumpira je zemljište odnosno njegova struktura i fizikalno-kemijske karakteristike. Najpovoljnija tla za uzgoj krumpira su propusna, rastresita, pjeskovita i pjeskovito-ilovasta tla s mrvičastom strukturom, bogata humusom, mineralnim i organskim materijama, s povoljnim vodozračnim obilježjima i sa što dubljim oraničnim slojem. Optimalan pH tla za krumpir kreće se od 5,4-6,5 iako može podnijeti i tla kiselije reakcije. Teška tla, glinaste strukture, s visokim sadržajem podzemnih voda nisu pogodna na uzgoj krumpira (Korunek i Pajić, 2007).

Kvalitetnom i pravovremenom obradom cilj je stvoriti prorahljeno tlo mrvičaste strukture s dobrim vodozračnim uvjetima. Obrada tla počinje ljetno-jesenskim zaoravanjem ostataka predkulture na dubinu oko 15 cm kojom se sprječava razvoj korova i gubitak vlage u tlu (Sito i sur., 2016). Korunek i Pajić (2007) navode kako dubina jesenskog oranja ovisi o predkulturi. Ukoliko se krumpir sadi nakon žitarica, u jesen je potrebno obaviti jednofazno duboko oranje, no ukoliko su predkultura bile leguminoze ili trave obavlja se dvofazno oranje gdje se prvo skida površinski travni pokrov te se kasnije ore na punu dubinu.

Krumpir predstavlja kulturu koja iznosi najveće količine hranjiva iz tla (u odnosu na ostale ratarske kulture) te stoga zahtijeva obilnu gnojidbu. Najveći prinosi postižu se kombinacijom organske i mineralne gnojidbe. Najčešće korišteno organsko gnojivo je stajski gnoj, unosi se u količini 30-35 t/ha. Mineralna gnojidba temelji se na tri makroelementa N, P i K (Korunek i Pajić, 2007). Gnojenje stajskim gnojem unosenjem 50 % fosfora i kalija obavlja se prije jesensko-zimskog oranja. Prije proljetne obrade unosi se u tlo druga polovica fosfora i kalija gnojiva i 50 % dušičnih gnojiva. Obrada mora biti kvalitetno obavljena jer omogućava dobar prohod stroja u sadnji i brzo klijanje i razvoj korijenja, što je uvjet za jednakomjerno nicanje gomolja. Dopunskom obradom se zatvara zimska brazda, uništava korov te priprema sjetveni sloj za sadnju gomolja krumpira. Pripremu tla se obavlja na dubini 10 – 15 cm što ostavlja rahlo i usitnjeno tlo za sadnju (Korunek i Pajić, 2007).

Krumpir kao predusjev odličan je izbor za sve poljoprivredne kulture jer kao okopavina ostavlja zemljište bogato hranjivim tvarima (Korunek i Pajić, 2007).

Sadnja krumpira i njega nasada

Ovisno o namjeni krumpira i klimatskim prilikama područja na kojem će se krumpir uzgajati određuje se vrijeme sadnje. Vrijeme sadnje u kontinentalnim krajevima Hrvatske je od sredine ožujka do sredine travnja, a u gorskim predjelima od početka do kraja travnja i krumpir je uglavnom namijenjen za jesenji iskop. Proizvođači uglavnom biraju srednje kasne sorte za sadnju. U Istri, Dalmaciji i na otocima sade se većinom rane sorte i srednje rane namijenjene za proizvodnju ranog krumpira. Sjemenski krumpir mora biti određene kategorije, poznatog porijekla, deklariran i s fitosanitarnim odobrenjem za korištenje sadnog materijala. Sjemenski gomolji moraju biti ujednačene veličine i oblika, bez deformacija i oštećenja (Lešić i sur., 2004). Sjeme može biti naklijano ili nenaklijano. Naklijavanjem se ubrzava dospijevanje za berbu, ranije zatvaranje sklopa, smanjuje se utjecaj korova, skraćuje vegetacija te povećava prinos. Postupak naklijavanja obavlja se 35 do 45 dana prije sadnje u suhim, čistim i osvjetljenim prostorijama s temperaturom od 12 °C do 17 °C i uz relativnu vlažnost zraka 90 % (Korunek i Pajić, 2007).

Krumpir se može saditi plitko, srednje duboko i duboko. Dubina sadnje ovisi o uvjetima u vrijeme sadnje (pripremljenost zemljišta, tipu tla, vlažnosti tla) kao i o vremenu sadnje, te rokovima vađenja. Dubina sadnje se kreće je od 0 cm do 5 cm plus visina humka (Korunek i Pajić, 2007). Fiziološko stanje gomolja također je važan faktor prilikom izbora dubine sadnje; primjerice, stariji gomolji sade se plitko zbog slabije sposobnosti klijanja (Buturac, 2013). Buturac (2013) nadalje navodi da je nakon plitke sadnje krumpira na normalnu dubinu potrebno obaviti ogrtanje krumpira nakon nicanja kako bi se gomolji zaštitili. Dublja sadnja štiti gomolje od temperaturnog šoka, plamenjače, kao i sekundarnog rasta gomolja, ali je iskop otežan. Količina sadnog materijala ovisi o sortimentu, kalibraži gomolja te o vremenu dozrijevanja. Kod nas se sadi količina od 30.000 do 60.000 biljaka po hektaru. Sadi se u razmacima 70 cm između redova i 25 – 50 cm unutar reda. Sadnja se može obaviti ručno, poluautomatski, automatski i specijalnim sadilicama za naklijano sjeme (Sito i sur., 2015).

Minimalna temperatura zemljišta pri sadnji mora biti 6 °C do 8 °C (Korunek i Pajić, 2007). Pri dugoj izloženosti krumpira temperaturama nižim od 10 °C lako dolazi do propadanja gomolja. Ukoliko krumpir nije nikao kroz mjesec dana nakon sadnje zasađen je u prehladno tlo. Pri temperaturi između 10-13 °C krumpir niče kroz mjesec dana. Pri optimalnoj temperaturi od oko 21 °C krumpir će niknuti već za 8 dana (Buturac, 2013). Krumpir je biljka koja ne podnosi temperaturna kolebanja. Za formiranje gomolja potrebna je temperatura između 15-22 °C. Na višim temperaturama formiranje gomolja i prinosi smanjuju se, a na temperaturi višoj od 30 °C rast gomolja prestaje. Pri temperaturi od -1 °C stabljika i lišće će smrznuti (Korunek i Pajić, 2007).

Njega nasada sastoji se mehaničkih mjera (drljanje, međuredna kultivacija, nagrtanje humaka, okopavanje), kemijskih mjera suzbijanja bolesti i štetnika, te korova, kao i agrotehničkih mjera gnojidbe i navodnjavanja. Navodnjavanje je jedna od osnovnih mjera za uspješnu proizvodnju jer utječe na brojnost, ujednačenost odnosno krupnoću i kvalitetu gomolja (Korunek i Pajić, 2007). Prinosi krumpira od 40 do 60 t/ha odnose s njive 32-48 t/ha vode. Krumpir je posebno

osjetljiv na vodni stres uslijed kojeg dolazi do prestanka rasta primarnih gomolja. Nakon dolaska vode njihov rast se nastavlja neujednačeno i formiraju se izrasline u koje se premješta sintetizirani škrob dok primarni gomolj postaje staklast i gubi na kvaliteti (Buturac, 2013). Korunek i Pajić (2007) navode kako se najujednačeniji gomolji dobivaju kada krumpir ima dovoljno vode u drugoj polovici vegetacijskoj razdoblja dok u prvoj nema velike zahtjeve prema vodi nego prema temperaturi.

Berba i skladištenje krumpira

Optimalan rok berbe krumpira je kada gomolji dosegnu fiziološku zrelost i pokožica im dovoljno otvrdne kako bi bili pogodni za skladištenje i čuvanje, a nadzemni dio odnosno cima krene odumirati. Glavni cilj tijekom berbe je vađenje svih gomolja tla sa što manjim oštećenjima i bez neželjenih primjesa (grudice zemlje, kamenje, dijelovi biljke i korova). Ovisno o namjeni krumpira i ekonomskim čimbenicima vađenje može započeti i prije fiziološke zrelosti primjerice visoka cijena mladog krumpira (Korunek i Pajić, 2007).

Krumpir se čuva u hlađenim skladištima s osiguranom ventilacijom koja pravodobnim cirkuliranjem zraka omogućuje reguliranje temperature i relativne vlage zraka. Temperatura u skladištu regulira se ovisno o sorti i namjeni krumpira tako da optimalna temperatura čuvanja krumpira za svježju potrošnju iznosi 4-7 °C, za industrijsku preradu u čips i pomfrit 6-10 °C, za hranidbu stoke 5-7 °C te za čuvanje sjemenskog krumpira 3-4 °C (Rotim, 2010). Relativna vlažnost zraka pri kojoj se skladišti krumpir kreće se od 92-95 % (Korunek i Pajić, 2007). Pri optimalnim uvjetima u suvremenim skladištima krumpir se može čuvati i do 10 mjeseci (Rotim, 2010). Tijekom čuvanja masa krumpira kalibrirati će za 7-10 % od ukupne uskladištene mase zbog disanja, proključavanja i dr. (Korunek i Pajić, 2007).

2.2. Krumpirova zlatica (*Leptinotarsa decemlineata* (Say 1824))

Krumpirova zlatica fitofagni je kukac iz reda kornjaša (Bažok, 2013). Prema sistematici Oštrec i Gotlin Čuljak (2005) pripada u:

Red: Coleoptera (kornjaši)

Podred: Polyphaga

Rod: *Leptinotarsa*

Porodica: Chrysomelidae (zlatice)

Rod: *Leptinotarsa*

Vrsta: *Leptinotarsa decemlineata* (Say 1824)

Krumpirova zlatica predstavlja najvažnijeg štetnika krumpira kod nas i u svijetu. Potječe iz SAD-a gdje je prvi put prikupljena 1811. godine. Krumpirovu zlaticu prvi je opisao Thomas Say. Značajnije štete nastale od zlatice uočene su tek 1859. U narednih 15 godina zlatica se rapidnom brzinom proširila istočnim dijelom Amerike i Kanadom. Širenje zlatice na zapadu SAD-a bilo je nešto sporije zbog manje dostupnosti krumpira (Aylokhin, 2009). Prvi nalaz zlatice u Europi datira iz 1877. godine. Zlatica je nađena u Njemačkoj i uspješno eradicirana. Narednih 45 godina uz pomoć strogih karantenskih mjera i eradikacije zlatice je uspješno držana izvan granica Europe. 1922. godine u Francuskoj su zabilježene značajne štete na krumpiru. Do kraja 20. stoljeća proširila se cijelom Europom i dijelovima Azije, te postala najznačajniji štetnik krumpira (Aylokhin, 2009).

Na naše prostore stigla je krajem 50-ih godina prošlog stoljeća. Prvi puta zabilježena je u okolini Zaprešića 1949. godine od kuda se proširila se po svim krajevima gdje se uzgaja krumpir, osim na nekim otocima (Maceljski, 2002). Štete na krumpiru rade ličinke i odrasle zlatice koje hraneći se lisnom masom, no štete mogu nastati i na gomoljima hranidbom odraslih prije odlaska na prezimljenje. Krumpirova zlatica je oligofag jer osim na krumpiru štete pričinjava patlidžanu i rajčici (Maceljski, 2002).

2.2.1. Morfologija krumpirove zlatice

Odrasle zlatice su kornjaši dugi 7-10 mm. Imaju tvrdo hitiniziranim stražnjim krilima na kojima se nalaze karakteristične uzdužne crne i žute pruge, po 5 sa svake strane (slika 5.) (Katonci, 2007). Odrasli imaju tri para nogu namijenjenih za hodanje. Glava odrasli ima hipognatan položaj i na njoj se nalazi usni ustroj koji je i kod odraslih i ličinki namijenjen za grizenje i žvakanje (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005).



Slika 5. i 6. odrasla krumpirova zlatica
Snimila: K. Šumić, 2022.

Ličinke krumpirove zlatice su ružičaste, s crnom glavom i dva reda točaka sa svake strane (slika 7.). Ličinke prvog i drugog stadija duge su 4 mm, dok su ličinke trećeg i četvrtog duge 4-15 mm.



Slika 7. Ličinka krumpirove zlatice
Snimila: K. Šumić, 2022.

Kukuljica je svijetlo narančasta, duga oko 10 mm. Jaja su žuta, jajolikog oblika (Katonci, 2007). Nalaze se u skupinama od 25 do 80 jaja na naličju lista (slika 8.) (Maceljki, 2002).



Slika 8. Jaja krumpirove zlatice na naličju lista

Izvor: <https://shopr.al-zad.org/content?c=sredstvo%20za%20krumpirovu%20zlaticu&id=13> -pristup 15.9.2022.

2.2.2. Biologija i ekologija krumpirove zlatice

Krumpirova zlatica razvija dvije generacije godišnje u kišnim, a tri generacije u sušnim godinama (Katonci, 2007). Prezime odrasle zlatice u tlu na dubini 20-30 cm na starom krumpirištu. Iz tla izlaze u proljeće kada temperatura tla na 10 cm dubine poraste na 14,5 °C. Nakon što temperatura zraka prijeđe 20 °C počinje let zlatice. Zlatice bez hrane mogu preživjeti i do 10 dana (Bažok, 2013).

S parenjem započinju tek nakon što započnu ishranu, dok im je za ovipoziciju potrebna ishrana s preko 20 cm² lisne mase. Jaja odlažu u jajna legla na naličje listova tijekom svibnja. Jedna ženka odloži od 300 do 1000 jaja. U toplijim godinama brojnost odloženih jaja je viša u odnosu na hladnije godine. Također i brzina razvoja jaja ovisi o temperaturi. U prosjeku traje od 6-15 dana, a najbrže se odvija kada temperature prelaze 25 °C (Maceljski, 2002).

Ličinka krumpirove zlatice razvija se kroz četiri stadija i ukupan razvoj traje od 14 do 22 dana (prvi stadij 3-4 dana, drugi stadij 4-7 dana, treći stadij 4-8 dana, četvrti stadij 5-11 dana). Ličinka četvrtog stadija odlazi u tlo gdje se kukulji. Kukuljice se nalaze u površinskom sloju tla na dubini od 2 cm do 18 cm (Katonci, 2007). Za dovršetak razvoja kukuljice potrebno je da suma efektivnih temperatura od 11,5 °C dosegne 180 °C. Odrasle zlatice se najčešće javljaju u srpnju i ciklus se ponavlja. Prezimljuju odrasli druge generacije (Maceljski, 2002).

2.2.3. Štete od krumpirove zlatice

Krumpirova zlatica je oligofagan štetnik koji osim krumpira napada rajčicu, patlidžan. Štete rade odrasli i ličinke hraneći se lisnom masom kulture koju napadnu. Kod krumpira su osim na listu (slika 9.) štete uočene i na gomoljima. Najštetnija je prva generacija krumpirove zlatice koja se hrani isključivo na listovima. Štetnost prve generacije ovisi o vremenu napada i razvojnoj fazi u kojoj se krumpir nalazi (Maceljski, 2002). Aylokhin (2009) navodi kako krumpir može tolerirati uništenje 30-40 % cime u ranoj fazi razvoja, odnosno 10-60% u srednjoj fazi razvoja, dok u kasnim faza razvoja i 100 % defolijacija cime neće utjecati na prinos krumpira.

Odrasli s ishranom započinju odmah nakon prezimljenja. Ličinke se hrane tijekom cijelog životnog ciklusa, osim u fazi kukuljenja. Druga generacija odraslih zlatica prije prezimljenja uslijed nedostatka hrane štete može uzrokovati i na gomoljima krumpira koji vire iz tla (Maceljski, 2002). Maceljski (2002) nadalje navodi kako na intenzitet ishrane zlatice utječe temperatura, te da se on povećava s porastom temperature. Istraživanjem je utvrđeno da pri temperaturi od 16 °C odrasla zlatica pojede 269 mm² lisne mase, dok pri temperaturi iznad 25 °C pojede preko 800 mm² lista. Prema izračunima jedna odrasla zlatica tijekom života pojede oko 120 cm² površine lista. Iako se ličinke hrane tijekom cijelog života, najviše štete napravi posljednji stadij izgrizanje 2300 mm² površine lista. Ukupno tijekom razvoja ličinka pojede oko 28-30 cm² (Maceljski, 2002).



Slika 9. Štete nastale ishranom krumpirove zlatice na krumpiru

Izvor: <https://www.growingproduce.com/crop-protection/field-scouting-guide-colorado-potato-beetle/> -pristup 16.9.2022.

2.2.4. Prognoza i suzbijanje krumpirove zlatice

Prognoza pojave i potrebe suzbijanja krumpirove zlatice temelji se na redovnim vizualnim pregledima usjeva. Pregledi se provode tako da se pregledaju sve biljke u nizu (10 m) i na njima se utvrde svi prisutni razvojni stadiji (odrasli, ličinke i jaja) i njihova brojnost (Bažok, 2013). Pregled treba obaviti na barem četiri mjesta na polju. Zaraza se u konačnici izračunava kao broj zlatice na biljci (Bažok i sur., 2014).

Pravilan pristup suzbijanju zlatice za cilj ima što je moguće duže odgoditi pojavu odraslih zlatice na krumpiru i uporabu svih dostupnih mjera prije početka kemijskog suzbijanja zlatice, koje često ne postiže zadovoljavajuću učinkovitost zbog sve izraženije otpornosti na djelatne tvari insekticida (Bažok, 2013).

Metode kojima se može odgoditi pojava odraslih zlatice su:

- d) Plodored - jedno od osnovnih načela proizvodnje sjemenskog krumpira i smatra se nezamjenjivim fitosanitarnim preduvjetom kako bi se smanjio rizik pojave bolesti i štetnika. Pravilnim plodoredom mogu se spriječiti ili smanjiti napadi mnogih štetnih organizama, kao i poboljšati kvaliteta same proizvodnje i dobiti visoko kvalitetni proizvodi i stabilni prinosi. Sadnjom krumpira iza kulture koja nije domaćin zlatice broj odloženih jaja biti će reducirana za preko 90 % (Aylokhin, 2009). Krumpir na isto mjesto može doći tek nakon 3-4 godine. Najbolji predusjevi za krumpir su lucerna, crvena djetelina, djetelinsko-travne smjese, grašak i lupina, dok su žitarice nešto nepovoljniji predusjevi. Višegodišnje leguminoze i djetelinsko-travne smjese kao predusjevi povećavaju prinos i do 20 % u usporedbi sa žitaricama (Sito i sur., 2015).
- e) Prostorna izolacija usjeva uz plodored važna je kulturna mjera u borbi protiv zlatice. Udaljenost između krumpirišta trebala bi iznositi od 300 m do 1000 m kako bi se spriječio dolazak zlatice (Aylokhin, 2009).
- f) kopanjem kanala oko krumpirišta pod kutom od 45 ° i oblaganje kanala PVC folijom kako bi se otežalo kretanje zlatice i usporio dolazak na krumpirište.

- g) prekrivanje krumpira sjeckanom sjeckanom slamom ili propilenskim mrežama prije nicanja čime se također otežava kretanje zlatice.
- h) mehaničko sakupljanje zlatice - učinkovito je i isplativo na manjim parcelama u početku napada.
- i) usisavanje traktorskim usisavačima (koristi se u ekološkoj proizvodnji) (Bažok, 2013).

Krumpirova zlatica kod nas nema introduciranih prirodnih neprijatelja kojima bi se mogla učinkovito suzbijati. Jaja zlatice mogu napasti grabežljive stjenice, hrane trčci i bubamare, te ih mogu parazitirati parazitske osice. Dok su u tlu zlatice su podložne napadu gljive *Bauveria bassiana* i mikrosporidija roda *Nosema* (Maceljki, 2002).

Navedene metode vrlo često nisu dostatna zaštita protiv napada krumpirove zlatice. Kemijsko suzbijanje krumpirove zlatice potrebno je provoditi kada se dosegnu ekonomski pragovi štetnosti za krumpirovu zlaticu (više od 2 zlatice/busu ako je krumpir slabo razvijen). Prag odluke za suzbijanje ličinki prije cvatnje iznosi 10-15 ličinki/svakom šestom busu, tj. 2-2,5 ličinke/busu, dok je prag odluke za odrasle zlatice I generacije 5 zlatica/busu, odnosno 20-30 ličinki/busu (Bažok i sur., 2014).

Pravilnim pristupom u suzbijanju krumpirove zlatice prednost trebaju imati ekološki prihvatljivi insekticidi, a samo suzbijanje treba biti usmjereno na ličinke zlatice (Bažok, 2013). Optimalan rok primjene insekticida je kada iz 30 % do 50 % jaja iziđu ličinke (Pintar i sur., 2016) i dok su ličinke još manje od 4 mm (Bažok, 2013). Nakon toga učinak insekticida biti će slabiji, a šteta već učinjena (Bažok, 2013).

Trenutno prema podacima FIS baze (2022) za primjenu na krumpiru i suzbijanje krumpirove zlatice dozvolu ima 11 djelatnih tvari iz šest različitih kemijskih skupina kako je prikazano u tablici 2. Najviše dozvoljenih djelatnih tvari pripada u skupinu piretorida. Prema Maceljskom (2002) za uspješno suzbijanje krumpirove zlatice neophodna je pravovremena primjena insekticida, ali i primjena insekticida sa različitim mehanizmima djelovanja kako bi se što je duže moguće odgodila i usporila pojava rezistentnosti zlatice na djelatne tvari insekticida.

Tablica 2. Djelatne tvari insekticida dozvoljene za suzbijanje krumpirove zlatice

| SKUPINA | DJELATNA TVAR | NAPOMENA | MEHANIZAM DJELOVANJA |
|--|----------------------|--|-----------------------------|
| <i>BLOKATORI O NAPONU OVISNIH SOLI-SEMIKARBAZONI</i> | metaflumizon | prvenstveno za ličinke | želučano |
| <i>REGULATOR RASTA</i> | azadiraktin | za ličinke | sistemično |
| <i>PIRETROIDI</i> | deltametrin | djelotvoran na sve stadije u područjima gdje nema razvijene rezistentnosti | kontaktno želučano |
| <i>PIRETROIDI</i> | tau-fluvalinat | djelotvoran na sve stadije u područjima gdje nema razvijene rezistentnosti | kontaktno, želučano |
| <i>PIRETROIDI</i> | cipemetrin | djelotvoran na sve stadije u područjima gdje nema razvijene rezistentnosti | kontaktno, želučano |
| <i>PIRETROIDI</i> | lambda-cihalotrin | djelotvoran na sve stadije u područjima gdje nema razvijene rezistentnosti | kontaktno, želučano |
| <i>PIRETROIDI</i> | esfenvalerat | djelotvoran na sve stadije u područjima gdje nema razvijene rezistentnosti | kontaktno |
| <i>SPINOSINI</i> | spinosad | | kontaktno |
| <i>NEONIKOTINOIDI</i> | acetamiprid | ličinke i odrasli | sistemično |
| <i>RIJANOIDI</i> | klorantraniliprol | ličinke | kontaktno, želučano |
| <i>PIRETRINI</i> | piretrin | ličinke | kontaktno |

Izvor: FIS (2022)

3. Rezistentnost krumpirove zlatice na insekticide

Potruga za insekticidima dovoljnom učinkovitim za održavanje populacije zlatice ispod ekonomskog praga štetnosti počela je 1864. godine i traje još i danas (Aylorkhin, 2009). Pojam rezistentnost označava pojavu postupnog snižavanja učinkovitosti nekog insekticida na određenu vrstu kukca. Insekticid koji je prilikom prvih primjena bio visoko učinkovit, nakon izvjesnog duljeg vremena primjene ili kroz veći broj generacija određenog štetnika, počinje gubiti učinkovitost, a nakon izvjesnog vremena čak i u višestruko povećanim dozama izgubi svoje djelovanje (Maceljki, 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). IRAC navodi četiri mehanizma razvoja rezistentnosti kod kukaca:

1. Fiziološki uvjetovana rezistentnost ili metabolička rezistentnost,
2. Rezistentnost reducirane penetracije ili morfološka rezistentnost,
3. Odredišno-položajno uvjetovana rezistentnost,
4. Psihofizički uvjetovana ili bihevioralna rezistentnost.

Bažok i sur. (2017) navode kako do razvoja rezistentnosti najčešće dolazi zbog nestručne i prekomjerne uporabe pesticida. Primjenom doza većih od preporučenih, prečestom primjenom insekticida, kao i primjenom insekticida s istim mehanizmom djelovanja, dolazi od ubrzanog procesa selekcije rezistentnih populacija i razvoja rezistentnosti.

Do sada je rezistentnost dokaza kod više od 500 različitih kukaca i grinja, no krumpirova zlatica ističe se kao jedan od štetnika na kojemu je među prvima zabilježena rezistentnost na insekticide (Bažok i sur., 2017). Krumpirova zlatica ima izraženu sposobnost razvoja različitih mehanizama otpornosti na djelatne tvari insekticida iz svih skupina koje se trenutno primjenjuju za njeno suzbijanje na svim područjima gdje pričinjava štete (Stanković i sur., 2012). Razlozi brzog razvoja rezistentnosti kod krumpirove zlatice uključuju mali krug biljaka domaćina i ostanak na istim parcelama, što pogoduje bržoj selekciji otpornih generacija (Whalon i Ferro, 1998). Osim toga, biljke domaćini zlatice pripadaju porodici pomoćnica (Solanaceae), a za njih je karakteristično da posjeduju velike koncentracije toksičnih glikoalkaloida u listovima te je zbog toga, evolucijom, zlatica razvila fiziološku sposobnost detoksikacije ili toleriranja otrova (Bishop i Grafius, 1996). Također, veliki biološki potencijal zlatice povećava vjerojatnost od slučajnih mutacija zbog čega dolazi do brzog uspostavljanja otpornih populacija nakon što dođe do mutacije (Bishop i Grafius, 1996).

Prema trenutno dostupnim podacima na *Arthropod Pesticide Resistance Database* (APRD, 2022) zabilježeno je 306 slučajeva rezistentnosti zlatice na 56 različitih djelatnih tvari koje dolaze iz različitih skupina: karbamati, organofosfati, piretrini i piretroidi, neonicotinoidi, derivati nereis toksina i ciklodieni organokloridi.

Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) na svojoj službenoj listi navodi kako je rezistentnost krumpirove zlatice prvi put dokazana u SAD-u 1955. godine na DDT, insekticid

iz skupine kloriranih ugljikovodika (IRAC, 2022). Prema službenim podacima IRAC-a, rezistentnost zlatice na klorirane ugljikovodike u zemljama EU zabilježena je u *Food and Agriculture Organization* (FAO) izvješću iz 1965. godine gdje se navodi rezistentnost u Italiji, Portugalu, Španjolskoj, Poljskoj i Švicarskoj na klorirane ugljikovodike (DDT, aldrin, diedrin) (APRD, 2022). Bažok i sur. (2017) navode kako je problem rezistentnosti zlatice u Hrvatskoj sustavno praćen od sredine 1980-ih do sredine 1990-ih godina. Pojava rezistentnosti krumpirove zlatice na klorirane ugljikovodike dokazana je u Hrvatskoj 16 godina nakon njihove šire primjene, na kelevan nakon četiri godine (Maceljski, 1967; 1968), na OP insekticide i karbamate (OC) nakon 16 godina, dok na piretroide u sedmoj godini nakon njihove šire primjene (Maceljski, 1995). Rezultati provedenih istraživanja nisu zabilježeni u svjetskim bazama o rezistentnosti zlatice te se zbog Hrvatska ne nalazi na listi zemalja u kojoj je potvrđena otpornost zlatice. Uvođenjem novih djelatnih tvari insekticida s drugačijim mehanizmom djelovanja problem rezistentnosti zlatice bio je prividno riješen zbog čega u posljednjih 20 godina nije bilo značajnih istraživanja problema otpornosti zlatice. Na tržištu su bili dostupni insekticidi iz skupina regulatora rasta i razvoja i neonikotinoide. Zbog smanjenja površina pod krumpirom i baziranja proizvodnje krumpira na velikim površinama gdje je zlatica manje izražen problem, nestao je i interes proizvođača sredstava za zaštitu bilje, ali i struke za informacija o otpornosti (Bažok i sur., 2017).

Trenutno u Hrvatskoj za suzbijanje krumpirove zlatice dozvolu imaju djelatne tvari iz skupine piretroida (deltametrin, cipermetrin, tau-fluvalinat, esfenvalerat, lambda-cihalotrin, tau-fluvalinat), te iz skupina regulatora rasta i razvoja kukaca, neonikotinoide, spinosina, rijanoida, semikarbazona i piretrina (tablica 2). Zlatica je razvila otpornost na djelatne tvari iz skupine piretroida. Pet do sedam slučajeva potvrđene rezistentnosti zlatice na cipermetrin zabilježeno je u susjednoj Republici Srbiji 2012. godine (APRD, 2022). Za deltametrin se u listama APRD (2022) također navodi sedam slučajeva potvrđene rezistentnosti zlatice no ni jedan nije vezan za Europu. Osim na piretroide zabilježena je rezistentnost na acetamiprid (neonikotinoide) i spinosad (spinosini). Od trenutno dozvoljenih 11 djelatnih tvari u RH, za sedam nema dokazane rezistentnosti prema listama APRD (2022). Prema Bažok i sur. (2017) podatci s terena i iz njihovih istraživanja dokazali su rezistentnost zlatice u RH no rezultati nisu zabilježeni u svjetskim bazama podataka te se zbog toga Hrvatska ne nalazi na listama zemalja u kojoj je rezistentnost potvrđena.

Razvoj rezistentnosti zlatice na djelatne tvari direktno uzrokuje povećanje troškova proizvodnje krumpira, te onečišćenje okoliša zbog potrebe za učestalijom primjenom insekticida (Stanković i sur., 2012). Kako bi se izbjegao i/ili usporio razvoj otpornosti potrebno je izbjegavati učestalu i dugotrajnu primjenu insekticida s istim ili sličnim mehanizmima djelovanja (Pintar i sur., 2016). Osim toga, primjena prekomjernih doza, kao i prečesta primjena insekticida, daje kratkoročne pozitivne učinke, a pridonosi bržem razvoju rezistentnosti (Bažok i sur., 2017). 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 (Maceljski, 2002). S obzirom na činjenicu da je otpornost kukaca recesivno svojstvo i da je razvoj rezistentnosti selekcijski proces koji se odvija kroz određeni vremenski period, vrlo je izvjesno da nakon prestanka tretiranja s djelatnom tvari na koju se razvila

otpornost na određenom području dođe do obnove osjetljivih generacija. Brzina povrata osjetljivih populacija ovisi o mnogobrojnim čimbenicima (Bažok i sur. 2017).

4. Ojačivači biljaka

Stresni uvjeti za biljku nastaju kao posljedica abiotičkih čimbenika, primjerice suše, temperaturnog stresa i slično, te biotičkih čimbenika kao što su napad bolesti, štetnika, djelovanje čovjeka i drugo. Sve navedeno ima negativan utjecaj na biljku, njen metabolizam, rast i razvoj. Prekomjerna izloženost stresa može dovesti do odumiranja biljnih stanica (Mešić i sur., 2022). Tijekom posljednja dva desetljeća porastao je interes znanstvene zajednice i industrije za istraživanjem učinka ojačivača biljaka (biostimulatora) zbog mogućeg potencijalnog novog pristupa modificiranju fizioloških procesa u biljci (Yakhin i sur., 2017). Calvo i sur. (2014) navode da je globalno tržište biostimulatora u stalnom porastu, te se previđa godišnji rast proizvodnje i potrošnje biostimulatora za 12 %. U svom radu nadalje navode da je u 2012. godini Europa bila najveći potrošač ojačivača biljaka, a korišteni su na preko šest milijuna hektara (Calvo i sur., 2014).

Europska legislativa (Europski parlament i Vijeće, 2019) definira biljne biostimulatore kao proizvode koji pospješuju procese hranidbe biljaka neovisno o sadržaju hraniva u njima, i to isključivo radi poboljšavanja jednog ili više sljedećih svojstava biljke ili rizosfere biljke:

1. učinkovitosti iskorištavanja hraniva,
2. otpornosti na abiotički stres,
3. kvalitativnih svojstava,
4. dostupnosti hraniva inaktiviranih u tlu ili rizosferi. Propisano je koliko biljni biostimulatori najviše smiju sadržavati kontaminata (kadmija, šesterovalentnog kroma, olova, žive, nikala i anorganskog arsena), ali i bakra i cinka. Mikrobnj biljni biostimulatori sastoje se od mikroorganizama ili zajednice mikroorganizama, ali ne smiju sadržavati patogene organizme u količinama iznad propisanih granica (Mešić i sur., 2022).

Ojačivači bilja prema mišljenju znanstvenika mogu se grupirati u 7 kategorija prema komponentama od kojih nastaju:

1. **Huminske i fulvične kiseline** su prirodne komponentne koje čine organsku tvar tla. Nastaju procesom razgradnje biljaka, životinja i mikroorganizama, te kao produkt metaboličkih procesa mikroflore tla. Humusne tvari i njihovi kompleksi u tlu nastaju kao produkt interakcije odnosno među djelovanja između korijena biljke, organske tvari tla i mikroorganizama u tlu (du Jardin, 2015). Izvori huminske i fulvične kiseline su organske tvari tla i treset, ugljen, sedimenti. Njihova uloga u tlu je utjecaj na fizikalna, fizikalno-kemijska, kemijska i biološka svojstva tla čime direktno utječu na plodnost tla. Također pospješuju usvajanje mikro i makro hranjiva putem korijena zbog većeg kapaciteta izmjene kationa u tlu koje sadrže polianionske humusne tvari, te povećane raspoloživosti fosfora koji ometa taloženje kalcijevog fosfata (Mešić i sur., 2022). Osim

toga, važnu ulogu imaju u rastu stanica, odnosno organa, jer pretvaraju energiju oslobođenu hidrolizom ATP-a u transmembranski elektrokemijskih potencijal koji se koristi za lakše usvajanje nitrata i drugih nutrijenata iz tla (du Jardin, 2015). Huminske kiseline visoke molekulske mase djeluju stimulirajuće na enzime ključne za metabolizam fenilpropanoide i nastanak fenolnih spojeva koji imaju ključnu ulogu u interakcijama između biljke i okoliša, te odgovora biljke na stresne uvjete (du Jardin 2015, Mešić i sur., 2022). U prilog tome ide sve veći broj publikacija koje pokazuju da huminske i fulvične kiseline donose ekonomski važne koristi biljkama kroz poboljšani prinos, kvalitetu ili otpornost na stres zbog čega imaju potencijal da njihova primjena postane dio redovne poljoprivredne prakse (Calvo i sur., 2014).

2. Aminokiseline, hidrolizati proteina i drugi dušični spojevi

Proizvodi na bazi proteina mogu se podijeliti u dvije glavne kategorije: hidrolizati proteina koji se sastoje od mješavine peptida i aminokiselina životinjskog ili biljnog podrijetla i pojedinačnih aminokiselina kao što su glutamat, glutamin, prolin i glicin betain. Biljka ih može usvojiti putem korijena ili preko lista (Calvo i sur., 2014).

Proteinski hidrolizati pripremaju se enzimskom, kemijskom ili toplinskom hidrolizom raznih životinjskih i biljnih ostataka, uključujući životinjska epitelna ili vezivna tkiva. Najčešće aminokiseline su alanin, arginin, glicin, prolin, glutamat, glutamin, valin i leucin (Calvo i sur., 2014).

Druga kategorija proizvoda na bazi proteina je ona od pojedinačnih aminokiselina. To uključuje dvadeset strukturnih aminokiselina uključenih u sintezu proteina, kao i neproteinskih aminokiselina koje se u izobilju nalaze u nekim biljnim vrstama. Postoje brojni dokazi da egzogena primjena niza strukturnih i neproteinskih aminokiselina, uključujući glutamat, histidin, prolin i glicin betain, može pružiti zaštitu od stresa iz okoliša ili je aktivna u metaboličkoj signalizaciji (Calvo i sur., 2014).

Rastu i razvoju biljaka izravno doprinose kroz asimilaciju dušika i regulacijom enzima važnih za Krebsov ciklus. Kod nekih aminokiselina poput prolina uočen je kelirajući učinak čime se štiti biljka uslijed izloženosti teškim metalima, no osim zaštitnog svojstva djeluju i na mobilnost tj. dostupnost hranjiva i doprinose njihovom usvajanju (du Jardin, 2015). Neizravni učinci također su značajni za rast i razvoj biljaka. Hidrolizati proteina povećavaju biomasu i aktivnost mikroorganizama u tlu, a time i plodnost tla. Doprinosu tolerantnosti biljaka na abiotički stres, poput visokog saliniteta ili niskih temperatura. Velik broj aminokiselina je animalnog podrijetla, te je važno posvetiti posebnu pažnju da ne uzrokuju genotoksičnost, ekotoksičnost, niti fitotoksičnosti (Mešić i sur., 2022).

3. Ekstrakti morskih algi i drugih biljaka

Morske alge se već stoljećima koriste bilo izravno ili nakon kompostiranja kao dodatak tlu za povećanje plodnosti tla. Biostimulirajuća svojstva algi otkrivena su otkrivena su 1950-ih kada je i započeta komercijalna proizvodnja ekstrakata morskih algi i njihovih komponenti poput polisaharida laminarina i karagenana, derivata alginske kiseline (alginati) i produkata njihove razgradnje ali i drugih komponenti (Calvo i sur., 2014, Mešić i sur., 2022). U komercijalnoj upotrebi su uglavnom smeđe alge iz rodova

Ascophyllum, *Fucus* i *Laminaria*. Važan izvor karagenana su crvene alge. Ekstrakti morskih algi unaprjeđuju mineralni sastav tretiranih biljaka. Utječući na povišenje sadržaja sumpora, željeza, cinka, magnezija i bakra doprinose rezistentnosti na abiotički i biotički stres (Mešić i sur., 2022). Zabilježeno je da ovi ekstrakti djeluju kao kelatori, poboljšavajući iskorištavanje mineralnih hranjivih tvari od strane biljaka i poboljšavajući strukturu tla i prozračivanje, što može stimulirati rast korijena, također pospešuju klijavost i uspostavu sjemena, poboljšavaju rast biljaka, prinos, zametanje cvjetova i proizvodnju plodova, te produljuju rok trajanja plodova nakon žetve. Ekstrakti morskih algi također povećavaju endogene koncentracije molekula povezanih sa stresom, kao što su citokinini, prolin, antioksidansi i antioksidativni enzimi u tretiranim biljkama (Calvo i sur., 2014).

Biostimulacijski učinci često su se pripisivali prisutnosti biljnih hormona rasta i srodnih spojeva niske molekularne težine prisutnih u ekstraktima, ali druga istraživanja sugeriraju da veće molekule uključujući jedinstvene polisaharide i polifenole također mogu biti važni kao biostimulatori, alelokemikalije, kao i za povećanje otpornosti na stres (Calvo i sur., 2014).

4. Kitozan i drugi biopolimeri

Kitozan derivat hitina je nakon celuloze najzastupljeniji polisaharid u prirodi. Inducira aktivnost nekoliko obrambenih gena u biljkama, poput gena povezanih s patogeneom - glukanaze i hitinaze. Također inducira rad mnogih enzima važnih u antioksidacijskoj zaštiti organizma, poput superoksid dismutaze, katalaze i peroksidaze. Kitozan se koristi kao biostimulator za poticanje rasta biljaka i tolerantnost na abiotički stres. Također potiče otpornost biljke na napad patogena – biofungicid, primjerice pospešuje učinkovitost fungicida na osnovi gljive *Beauveria bassiana* (Mešić i sur., 2022).

5. Anorganski biostimulatori

Aluminij, kobalt, natrij, selen i silicij se smatraju korisnim elementima za biljke. Ne trebaju ih sve biljke, ali potiču rast i mogu biti esencijalni za pojedine biljne vrste. Smatra se da pospešuju otpornost biljaka na biotički stres uzrokovan patogenima i herbivorima, ali i na abiotički stres uzrokovan sušom, salinitetom i nedostatkom hranjiva ili toksičnim djelovanjem pojedinih tvari. Korisni učinci niskih koncentracija aluminijske, kobaltne, natrijske i selenite su obično nisu uočljivi u usporedbi s negativnim posljedicama njihova djelovanja u visokim koncentracijama. Pravilnim korištenjem odgovarajućih količina tih elemenata moguće je povećati produktivnost biljaka i njihovu nutritivnu vrijednost (Mešić i sur., 2022). Anorganske soli korisnih i esencijalnih elemenata klorida, fosfata, fosfita, silikata i karbonata korištene su kao fungicidi iako načini djelovanja još nisu u potpunosti utvrđeni, ti anorganski spojevi utječu na osmotski tlak, pH i redoks homeostazu, hormone signalizacije i enzime uključeni u odgovor na stres (npr. peroksidaza). Njihova funkcija kao biostimulatore biljaka očituje se na učinkovitost prehrane i tolerancije na abiotički stres, stoga se razlikuje od njihovog fungicidnog djelovanja (du Jardin, 2015).

6. Korisne (mikorizne) gljive

Iako se gljive najčešće navode kao biljni patogeni, postoje i korisne gljive koje imaju razvijen simbiotski odnos s biljkama, sličan onome koji u lišajevima imaju gljive i alge ili cijanobakterije tzv. mikoriza. Približno 90 % kopnenih biljaka ima simbiotski odnos s mikoriznim gljivama pri čemu biljke imaju korist u opskrbi makro- (npr, fosforom) i mikro-hranjivima, dok biljke stvaraju hranjive potrebna gljivama. Sve je veći interes za korištenje mikorize za promicanje održive poljoprivrede, s obzirom široko prihvaćene dobrobiti simbioza za učinkovitost opskrbe hranjivima, održavanje vodne ravnoteže, te pružanje biotička i abiotička zaštita biljaka od stresa (du Jardin, 2015).

7. Korisne bakterije

Interakcija između bakterija i biljaka odvija se na bezbroj načina npr. mutualizam ili parazitizam i njihovih izmjena. Najčešće se koriste bakterije roda *Rhizobium* kao mutualistički endosimbionti ili rizosferni mutualisti. Bakterije roda *Rhizobium* utječu na sve aspekte života biljaka: ishrana i rast, morfogeneza i razvoj, odgovor na abiotički i biotički stres, na interakciju s drugim organizmima u agroekosustavu (du Jardin, 2015).

Funkcije korisnih bakterija:

- a) usvajanje hraniva s dušikom, fiksacija i solubilizacija netopljivih minerala (P, K, Zn), organskih kiselina i siderofora,
- b) stvaranje antimikrobnih metabolita i različitih litičkih enzima,
- c) djelovanje regulatora rasta i fitohormona koje inducira stres,
- d) ublažavanje abiotičkog stresa kojeg uzrokuju suša, visoki salinitet tla, ekstremne temperature, oksidativni stres i teški metal,
- e) induciranje obrambenih mehanizama biljke (Mešić i sur., 2022).

Tehnologije proizvodnje i pripreme ojačivača biljaka vrlo su raznolike i uključuju uzgoj, ekstrakciju, fermentaciju, obradu i pročišćavanje, hidrolizu i tretiranje pucanja stanica pod visokim tlakom. U nekim slučajevima, biostimulacijski proizvod također može sadržavati mješavine komponenti dobivenih iz različitih izvora i proizvodnih metoda. Često je razlog za korištenje ekstrakata umjesto sirove biomase posljedica potrebe za standardiziranim proizvodnim procesom za proizvodnju jedinstvenog komercijalnog proizvoda. Za mnoge proizvode proizvodni procesi vođeni su zahtjevima procesa i marketinga i nisu rezultat ciljane strategije za optimizaciju biološke učinkovitosti komercijalnog proizvoda. Dok konačan sastav i moguća funkcija komercijalnih biostimulacijskih proizvoda mogu biti djelomično određeni i izvorom sirovina i procesom kojim se pripremaju. Osim toga mogu postojati proizvodni procesi i tretmani proizvoda koji se koriste da rezultiraju u spojevima kojih nema u polaznoj tj. primarnoj sirovini (Yahkin i sur., 2017).

Korištenjem ojačivača biljaka na krumpiru poboljšavaju se biokemijski parametri gomolja, pozitivno utječu na prinos i poboljšavaju otpornost biljke na nepovoljne uvjete i napad štetnika i bolesti (Wierzbowska i sur., 2015). Prema istraživanju Calvo i sur. (2014) krumpir uzgajan u hidroponima ili u komorama za uzgoj tretiran je huminskim kiselinama. Znanstvenici su utvrdili povećan prinos, kao i veći sadržaj proteina i askorbinske kiseline u gomoljima, povećane razine klorofila u listovima.

Ojačivači biljaka primjerice ekstrakti morskih algi odličan su izvor bioaktivnih tvari koje poboljšavaju rast biljaka. Također ublažavaju posljedice nedostatka nutrijenata i omogućavaju lakši prolazak kroz stresne uvjete. Time se smanjuje potreba za unošenjem mineralnih gnojiva i snižavaju troškovi proizvodnje (Wierzbowska i sur., 2015).

Osim toga neki ojačivači biljaka, kao što je ekstrakt amaranta, osim biostimulirajućih svojstava pokazuju i određeno insekticidno djelovanje na ličinke zlatice, ali nedovoljno za samostalnu primjeru. Tijekom svog istraživanja Pivovarov i sur. (2019) uočili su repelentni učinak na ličinke zlatice koje su se hranile na tretiranim listovima. Takva svojstva pripisuju se fenolnim spojevima prisutnim u ekstraktu amaranta. Fenolni spojevi inhibiraju enzime, kao i receptorska mjesta u njima. Ipak u kombinaciji sa drugim biološkim metodama zaštite primjerice primjenom grabežljive stjenice roda *Picromerus* povećava se učinkovitost. Učinkovitost ovisi o vremenu primjene optimalno je primjenjivati tijekom ishrane ličinki na listu, kao i sorti krumpira. Cilj istraživanja i razvoja bioloških metoda zaštite je pronalazak adekvatne zamjene za insekticide čime se nastoji odgoditi i spriječiti razvoj rezistentnosti zlatice (Pivovarov i sur., 2019).

5. Materijali i metode

5.1. Uzgoj i tretiranje krumpira

Pokus je postavljen na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Provedba pokusa trajala je tijekom svibnja, lipnja i polovice srpnja u 2022. godini. Krumpir za potrebe istraživanja posađen je 28. travnja 2022. u posude zapremine 50 litara, prilikom čega je u svaku posudu dodano 40 kg komercijalno nabavljene zemlje za sadnju i presađivanje biljaka (Florafin, proizvođača Eko-Terra). U svakoj posudi zasađena su dva reda krumpira sa po četiri biljke (slika 10.). U pokusu je korištena komercijalno dostupna sorta Desiree. Biljke su tijekom uzgoja redovito navodnjavane.



Slika 10. Sadnja krumpira

Snimila: K. Šumić, 2022.



Slika 11. Biljke krumpira nakon nicanja

Snimila: K. Šumić 2022.

5.2. Ojačivači biljaka i insekticidi korišteni u pokusu

Za potrebe istraživanja korištena su tri različita ojačivača bilja (na bazi smeđih algi, na bazi aminokiselina i peptida, te na bazi mineralnog gnojiva). Ojačivači bilja i insekticidi korišteni u istraživanju navedeni su u tablici 3. Otopina svakog ojačivača, odnosno insekticida, primjenjivana je pomoću ručne prskalice zapremine 500 ml (slika 12.).

Tablica 3. Doze ojačivača bilja i insekticida primijenjenih u folijarnom tretiranju krumpira

| <i>SREDSTVO</i> | <i>KONCENTRACIJA</i> (%) | <i>DOZA NA 0,5 L</i> <i>VODE (100%)</i> | <i>DOZA NA 0,5 L</i> <i>VODE (50 %)</i> |
|-----------------------|-----------------------------|--|--|
| <i>AlgoVital Plus</i> | 0,40 | 4,00 ml | 2,00 ml |
| <i>AminoVital</i> | 0,30 | 3,00 ml | 1,50 ml |
| <i>Folitercil T</i> | 0,25 | 2,5 ml | 1,25 ml |
| <i>Alverde</i> | 0,50 | 1,26 ml | 0,63 ml |
| <i>Mospilan 20 SG</i> | 0,50 | 0,15 ml | 0,075 ml |



Slika 12. Pripremljene otopine ojačivača bilja korištene u pokusu sa krumpirovom zlaticom

Snimila: K. Šumić, 2022.

AlgoVital® Plus (slika 13.) sredstvo je za jačanje bilja na bazi smeđih algi (*Ascophyllum nodosum*). Ubrzava revitalizaciju biljaka u stresnim situacijama, ekstrakt od morskih algi umanjuje djelovanje krastavosti, opskrbljuje biljke potrebnim elementima u tragovima i druge korisne tvari (predstupanj biljnih hormona, ugljikohidrate, vitamine) i jača kultivirane biljke. Preporuka proizvođača je primjena sredstva uz svako prskanje (Proeco, 2022).

AminoVital (slika 13.) sredstvo je za jačanje biljaka sadrži 50 % aminokiselina i peptida u suhoj tvari te 8 % ukupnog dušika. AminoVital sudjeluje u brznoj izgradnji obrambenih staničnih tvari u stresnim situacijama. Obrambena uloga aminokiselina u obrambenoj reakciji biljke je iznimno važna jer služe za stvaranje obrambenih proteina i auksina hormona odgovornog za rast. Biljka aminokiseline sintetizira iz ugljika, dušika i vode. Folijarnom primjenom

aminokiselina biljka ih direktno preuzima i nema potrebe dodatno ih sintetizirati. AminoVital stoga posebno blagotvorno djeluje na jačanje biljke i poticanje rasta u stresnim situacijama. Prskanjem AminoVital pada na tlo i poboljšava uzimanje mikrohranjiva iz tla te su ista lakše dostupna biljkama (Proeco, 2022).



Slika 13. AlgoVital Plus (lijevo) i AminoVital (desno)

Snimila: K. Šumić, 2022.

Folifertil T (slika 12.) složeno je tekuće mineralno dušično-fosforno-kalijevo gnojivo s mikrohranjivima. Omjer NPK iznosi 11-3-5, te osim toga sadrži bakar (Cu), mangan (Mn), željezo (Fe) i cink (Zn). Folifertil T omogućuje dobro ovlaživanje lista i brzu apsorpciju hranjiva preko svih nadzemnih dijelova biljke i metabolizirati ih na isti način kao i hranjiva apsorbirana preko korijena. Folijarnom gnojodbom biljke Folifertil-om T uspješno se može nadoknaditi manjak mikroelemenata. Asimilacija i iskorištenje Folifertil T ukoliko se on primjeni folijarno odvija se značajno brže, čak do 7 puta, nego kada ga biljka usvaja preko korijena. Prema riječima proizvođača biljke će u potpunosti asimilirati primijenjeni ojačivač kroz 3-5 dana. Nakon folijarne primjene Folifertil-om T ubrzan je rast biljaka, u lišću raste sadržaj klorofila zbog čega je listovi imaju tamno zelenu boju, pozitivno utječe na otpornost biljaka i ploda prema bolestima, raste i produktivnost (Genera, 2022).

Za tretiranje krumpira u kombinaciji s ojačivačima biljaka (AlgoVital Plus, AminoVital i Folifertil T) korišteni su insekticidi trgovačkih naziva Alverde i Mospilan 20 SG.

Djelatna tvar pripravka **Alverde** je metaflumizon, pripadnik kemijske skupine blokatora o naponu ovisnih soli odnosno semikarbazona (BASF, 2022; Bažok, 2019). Djeluje direktno na ključni enzim i blokira protok iona kroz natrijski kanal u živčanom sustavu kukaca, pri čemu djelatna tvar ne mora prethodno biti aktivirana metaboličkim putem. Zbog jedinstvenog mehanizma djelovanja IRAC je metaflumizon priznao kao djelatnu tvar s novim mehanizmom djelovanja i razvrstao je u novu IRAC grupu semikarbazona (22B). Djeluje želučano nakon hranjenja štetnika na tretiranoj biljci (BASF, 2022). Pripravak dolazi u formulaciji kao koncentrat za suspenziju (SC). LD50 iznosi >2000. Karenca iznosi 14 dana. Na krumpiru se može primjenjivati u razvojnim fazama krumpira BBCH 15-89. Dozvoljena su maksimalno dva

tretiranja u vegetaciji. Primjenjuje se u dozi 0,2-0,25 L/ha. Optimalan rok tretiranja je kada je 20 % ličinki izašlo iz jaja (FIS, 2022). Metaflumizon je namijenjen za suzbijanje svih stadija ličinki krumpirove zlatice, te odraslih zlatice. Nije utvrđena rezistentnost zlatice na metaflumizon, niti unakrsna rezistentnost s karbamatima, neonikotinoidima, piretroidima i organofosfatima (BASF, 2022).

Pripravak **Mospilan 20 SG** na tržište dolazi u formulaciji vodotopivog prašiva. Prema načinu djelovanja je sistemik koji se kroz biljku kreće translaminarno. Djelatna tvar acetamiprid pripada skupini neonikotinoida (4A). Mehanizam djelovanja neonikotinoida sličan je nikotinu. Dolazi do pobuđivanja živčanih stanica što uzrokuje paralizu i smrt kukca. Imaju antagonistički utjecaj na nikotinske acetilkolinske receptore u središnjem živčanom sustavu kukaca, imitirajući acetilkolin (Bažok, 2019). dozvoljeno je jedno tretiranje krumpira tijekom vegetacijske sezone, u svim razvojnim fazama osim tijekom cvatnje u dozi od 60 g/ha. Namijenjen je suzbijanju ličinki krumpirove zlatice u fazama L1-L3. Učinkovitost mu traje 3-6 tjedana nakon primjene. Karenca iznosi sedam dana (FIS, 2022). LD₅₀ acetamiprida je 314 (Bažok, 2019).

Varijante ispitivane u pokusu i njihove primijenjene doze prikazane su u tablici 4.

Tablica 4. Varijante pokusa i primijenjene doze

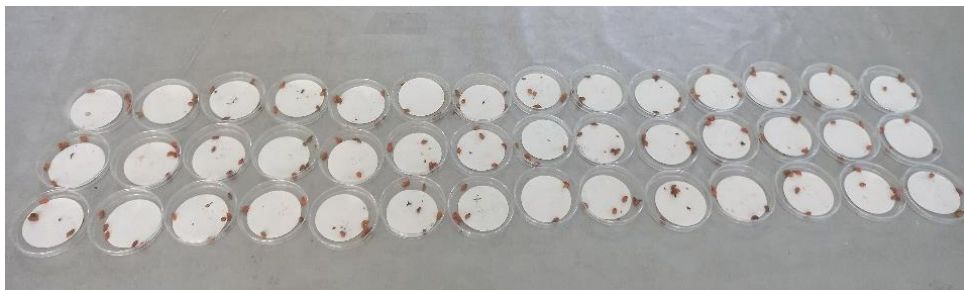
| Varijanta | Doza sredstva na 500 ml vode |
|--------------------------------|------------------------------|
| AlgoVital Plus | 2,00 ml |
| AminoVital | 1,50 ml |
| Folifertil T | 1,25 ml |
| Alverde 50 % + AlgoVital Plus | 0,63 ml + 2,0 ml |
| Alverde 50 % + AminoVital | 0,63 ml + 1,50 ml |
| Alverde 50 % + Folifertil T | 0,63 ml + 1,25 ml |
| Mospilan 50 % + AlgoVital Plus | 0,075 g + 2,00 ml |
| Mospilan 50 % + AminoVital | 0,075 g + 1,50 ml |
| Mospilan 50 % + Folifertil T | 0,075 g + 1,25 ml |
| Alverde 50 % | 0,63 ml |
| Alverde 100 % | 1,25 ml |
| Mospilan 50 % | 0,075 ml |
| Mospilan 100 % | 0,15 ml |
| Kontrola | obična voda |

5.3. Prikupljanje zlatice i postavljanje pokusa

Od nicanja biljke krumpira tretirane su ojačivačima biljaka u razmacima od sedam dana. Ojačivači biljaka primijenjeni su folijarno. U periodu od 13. lipnja 2022. do 11. srpnja 2022. obavljeno je ukupno pet tretiranja biljaka s biostimulatorima. U petom, posljednjem tretiranju, ojačivačima bilja su dodani insekticidi u 50 % preporučene doze. Tretiranja su obavljena rano ujutro ili predvečer kako bi se izbjegao mogući nastanak oštećena od sunca na tretiranim biljkama.

Za svaku varijantu u istraživanju tretirane su po četiri biljke unutar reda. Ukupno je postavljeno 14 varijanti, uključujući kontrolu (tablica 4.). Kao kontrola koristile su se biljke krumpira zasađene u isto vrijeme kada i biljke koje su se tretirale. Biljke na kontroli tretirane su običnom vodom. Mjera njege krumpira bilo je redovito navodnjavanje.

Nakon posljednjeg tretiranja krumpira, kada su ojačivačima bilja dodani insekticidi u 50 % preporučene doze, pristupilo se postavljanju laboratorijskog dijela istraživanja. U petrijeve posude postavljan je filter papir i po 2-3 lista krumpira svake varijante, a zatim je u svaku petrijevu posudu dodano po pet ličinki krumpirove zlatice. Svaka varijanta postavljena je u pet ponavljanja (slike 14. i 15.). Ličinke krumpirove zlatice potrebne za provedbu istraživanja prikupljene su u gradskim vrtovima na području Bistre 5. srpnja 2022. Ukupno je prikupljeno više od 500 ličinki različitih razvojnih stadija, a za pokus je izdvojeno 350 ličinki drugog i trećeg razvojnog stadija.



Slika 14. Postavljanje pokusa

Snimila: K. Šumić, 2022.



Slika 15. Postavljeni pokus

5.4. Obrada rezultata

Učinkovitost ojačivača bilja, insekticida, te kombinacija ojačivača bilja i insekticida procijenjena je putem ostvarenog mortaliteta ličinki zlatice nakon ishrane na tretiranom lišću krumpira. Rezultati su se očitavali u laboratoriju 24, 48 i 72 sata nakon tretiranja s insekticidima i postavljanja ličinki i tretiranih listova u petrijeve posude. Prvo se pregledavala kontrola kako bi se utvrdilo jesu li sve jedinke na kontroli žive, a zatim se pristupalo očitavanju preostalih varijanti. Očitavanje broja mrtvih ličinki provodilo se tako da se svaka petrijevka otvarala i utvrđivao se broj uginulih ličinki za svaku varijantu. Uginulim jedinkama smatrane su sve ličinke koje uopće nisu reagirale na podražaj pincetom, ali i one koje su bile žive no pokazivale su nenormalne pokrete i trzaje nogu, nisu mogle normalno hodati, padale su na bok i slično (eng. *affected*). Uginule jedinke su se odvajale, dok su preostale žive ostavljane u posudama. Očitani podatci bilježeni su u tablicu.

Učinkovitost za svako ponavljanje u varijantama i za svaki dan je izračunata prema podacima iz tablice zabilježenim pri očitavanju, a prema formuli Schneider-Orelli (1947 cit. Püntener, 1981):

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

Podatci o učinkovitosti obrađeni su analizom varijance (ANOVA) uz pomoć statističkog programa ARM 9[®] (GDM Solutions, 2022). Podatci o srednjim vrijednostima rangirani su uz primjenu Tukey-eva HSD (honestly significant difference) testa kako bi se utvrdile razlike u učinkovitosti između varijanti, na razini signifikantnosti od 5 %. Izračunu učinkovitosti pristupilo se samo za one varijante i datume očitavanja kod kojih je utvrđena statistički opravdana razlika između netretirane kontrole i varijanti u pokusu. U slučaju neravnomjerne distribucije podataka, podatci su u programu ARM transformirani.

6. Rezultati

Učinkovitost ojačivača bilja (AlgoVital Plus na bazi smeđih algi, AminoVital na bazi aminokiselina i peptida, te Folifertil T na bazi mineralnog gnojiva), insekticida Alverde (d.t. metaflumizon) i Mospilan 20 SG (d.t. acetamiprid) u preporučenoj i pola preporučene doze, kao i učinkovitost njihovih kombinacija prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Učinkovitost ojačivača bilja, insekticida i njihovih kombinacija na ličinke krumpirove zlatice u laboratorijskom pokusu (Zagreb, 2022.)

| Varijanta | Posto (%) preporučene doze | Učinkovitost (%) nakon | | |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|----------|----------|
| | | 24 sata | 48 sati | 72 sata |
| AminoVital | 100 | 8,00 b* | 12,00 c | 49,00 b |
| AlgoVital Plus | 100 | 12,00 bc | 36,00 b | 56,00 ab |
| Folifertil T | 100 | 12,00 bc | 32,00 b | 69,00 ab |
| AminoVital + Alverde | 100 + 50 | 64,00 a | 88,00 a | 92,00 ab |
| AlgoVital Plus + Alverde | 100 + 50 | 44,00 abc | 76,00 a | 84,00 ab |
| Folifertil T + Alverde | 100 + 50 | 60,00 ab | 80,00 a | 96,00 ab |
| AminoVital + Mospilan | 100 + 50 | 56,00 ab | 72,00 a | 83,00 ab |
| AlgoVital Plus + Mospilan | 100 + 50 | 40,00 abc | 76,00 a | 76,00 ab |
| Folifertil T + Mospilan | 100 + 50 | 44,00 abc | 76,00 a | 77,00 ab |
| Alverde 50 % | 50 | 64,00 a | 92,00 a | 96,00 ab |
| Alverde 100 % | 100 | 84,00 a | 100,00 a | 100,00 a |
| Mospilan 50 % | 50 | 60,00ab | 68,00 a | 70,00 ab |
| Mospilan 100 % | 100 | 80,00 a | 92,00 a | 91,00 ab |
| LSD P = 0,05 | | 30,67 | 26,64 | 28,15 |

*Razlike unutar iste grupe (sati) označeni istim malim slovom međusobno se statistički ne razlikuju (P = 0,05).

Prvi dan nakon tretiranja učinkovitost ojačivača bilja na ličinke krumpirove zlatice bila je vrlo niska (8 % do 12 %). Treći dan od tretiranja najvišu učinkovitost postigao je Folifertil T (69 %), dok je učinkovitost ostala dva ojačivača bila između 49 % (AminoVital Plus) i 56 % (AlgoVital).

Kemijski insekticidi u preporučenim dozama prvi dan od tretiranja pokazali su očekivano najvišu učinkovitost (Alverde 84 %, Mospilan 20 SG 80 %). Učinkovitost ovih insekticida u pola preporučene doze bila je niža (60 % do 64 %), no statistički nije se značajno razlikovala od učinka u punoj dozi. Slično tome, insekticidi u punoj dozi pokazali su najvišu učinkovitost na kraju pokusa (Alverde 100 %, Mospilan 20 SG 91 %), kao i Alverde u pola preporučene doze (96 %).

Kombinacije ojačivača bilja i insekticida u pola preporučene doze također su imale zadovoljavajući učinak na mortalitet ličinki krumpirove zlatice. Od kombinacija ojačivača s insekticidom Alverde, zadnji dan pokusa najboljima su se pokazale kombinacije koje su uključivale Folifertil (96 %) i AminoVital (92 %). Njihova učinkovitost bila je jednaka ili slična učinkovitosti insekticida Alverde u pola preporučene doze, koja je iznosila 96 %. Kombinacije ojačivača s insekticidom Mospilan imale su nešto nižu učinkovitost na kraju pokusa, u uspoređivanju s kombinacijama s insekticidom Alverde. Sam insekticid Mospilan 20 SG u pola preporučene doze postigao je učinkovitost od 70 %, dok su se učinkovitosti kombinacija s ovim insekticidom kretale od 76 % do 83 %. Statistički gledano, učinkovitosti svih varijanti nisu se na kraju pokusa međusobno razlikovale, s iznimkom ojačivača AminoVital koji je postigao značajno najnižu učinkovitost na ličinke krumpirove zlatice.

7. Rasprava

Krumpir je jedna od osnovnih namirnica namijenjena ljudskoj ishrani. Godišnja proizvodnja krumpira doseže preko 350 milijuna tona (FAOSTAT, 2022). Krumpirova zlatica najvažniji je štetnik krumpira čiji napad direktno utječe na produktivnu sposobnost krumpira. Zlatica je kao štetnik prisutna preko 100 godina, dok se njezino kemijskom suzbijanje sustavno počelo provoditi u 70-im godinama prošlog stoljeća. Ubrzo je uočen problem otpornosti zlatice na djelatne tvari insekticida koji je i u današnjoj intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji sve izraženiji prema dojavama s terena (Bažok i sur., 2017). Prema APRD (2022) zabilježeno je ukupno 306 slučajeva rezistentnosti zlatice na ukupno 56 djelatnih tvari insekticida iz različitih kemijskih skupina. Stoga je potraga i potreba za inovativnim i alternativnim metodama suzbijanja ovog štetnika neophodna (Vansconcelos Pereira i sur., 2021).

Biljke u polju su često ugrožene, bilo zbog abiotičkih stresova ili zbog napada bolesti i štetnika, što može izravno i često negativno utjecati na njihovu. Napad štetnika može dovesti do oštećenja u rasponu od smanjenja površine lista/korijena izdanka/korijena kao posljedica napada štetnika ili do širenja patogena, uzrokujući nepopravljivu štetu usjevu. Međutim, kako bi se nosile sa štetnicima i minimizirale naknadne utjecaje uzrokovane napadima, biljke su razvile nekoliko prilagodbi koje uključuju konstitutivne i inducirane obrambene mehanizme fizičke i/ili kemijske prirode (Vansconcelos Pereira i sur., 2021).

Različite tvari prirodnog podrijetla koje povoljno djeluju na rast i razvoj biljaka, otpornost na stres te na prinos i kvalitetu usjeva nazivamo ojačivačima bilja ili biostimulatorima (Mešić i sur., 2022). Njihovi fiziološki učinci ovise o njihovom sastavu budući da sadrže različite organske i mineralne spojeve koje biljke mogu koristiti kao metabolite, regulatore rasta i hranjive tvari; međutim, ne mogu se smatrati biognojivima. Ojačivači bilja koji se primjenjuju u biljnoj proizvodnji naširoko se smatraju ekološki prihvatljivom poljoprivrednom praksom, tako su sada i među alatima koji se koriste u održivoj poljoprivredi (Parađiković i sur., 2018). Neki ojačivači, primjerice oni na bazi rizo bakterija ili humičnih kiselina osim pozitivnog utjecaja na otpornost biljke prema abiotičkim stresovima, djeluju na tvorbu sekundarnih metabolita kod biljaka koji mogu negativno djelovati na štetnike (Vansconcelos Pereira i sur., 2021).

Cilj ovog rada bio je utvrditi djelotvornost nižih doza insekticida na bazi djelatnih tvari acetamiprida (Mospilan 20 SG) i metaflumizona (Alverde), te njihove kombinacije sa ojačivačima bilja AlgoVital Plus, AminoVital i Folifertil T, kao i samostalno djelovanje navedenih ojačivača.

AlgoVital Plus je ojačivač bilja kojima pripada kategoriji ojačivača na bazi ekstrakata morskih algi. Ekstrakti morskih algi su složena mješavina komponenti koje mogu varirati ovisno o izvoru morske trave, sezoni sakupljanja i korišteni postupak ekstrakcije. Sadrže širok raspon organskih i mineralnih komponenti uključujući jedinstvene i složene polisaharide koji nisu prisutni u kopnenim biljkama kao što su laminarin, fukoidan i alginati, te biljni hormoni.

Konačni proizvod se priprema kao tekućina ili kao osušena formulacija i može se kombinirati s biljnim gnojivima (Cavlo i sur., 2014). Gonzalez i sur., (2013) navode da oligo-alginati i oligo-karagenani prisutni u crvenim algama mogu stupiti u interakciju s receptorima plazma membrane koji koriste koreceptor uključen u prijenos signala koji dovodi do istodobna aktivacija rasta i obrane biljaka protiv patogena kao što je uočeno kod brasinosteroida ovisnih i povezanih s mikrobinim signalnim putovima ovisnih o molekularnim obrascima sa zajedničkim koreceptorom. Za potrebe istraživanja Algovital se primjenjivao samostalno, te u kombinaciji s dva različita insekticida. U samostalnoj primjeni nije pokazao značajnu učinkovitost. Početni mortalitet ličinki bio je veoma nizak (12 %), no u posljednjem očitavanju dosegao je 56 %. U kombinaciji s oba insekticida učinkovitost na prvi dan očitavanja iznosila je oko 40 %. Treći dan očitavanja kombinacija ojačivača AlgoVital Plus i insekticida Alverde postigao je učinkovitost od 84 %, dok je učinkovitost u kombinaciji s Mospilanom bila nešto niža (76 %).

AminoVital je ojačivač bilja na bazi aminokiselina. Prema tvrdnjama znanstvenika primjenom različitih proizvoda na bazi proteina primijećen je njihov stimulativan učinak na rast biljke, te povećana otpornost na biotičke i abiotičke stresove. To potvrđuju brojna istraživanja u kojima su korišteni hidrolizati proteina i specifične aminokiseline, uključujući prolin, betain, njihove derivati i prekursori koji su potaknuli obrambene reakcije biljaka (Calvo i sur., 2014). U prvom danu očitavanja rezultata od tri samostalno korištena ojačivača AminoVital je imao najslabiji učinak (8 %), dok u posljednjem očitavanju učinkovitost iznosila 49 %. U kombinaciji s insekticidima imao je najbolje početno djelovanje (AminoVital + Mospilan 56 %, AminoVital + Alverde 64 %). Mortalitet ličinki na posljednjem očitavanju u kombinaciji s Alverdeom iznosio je 92 %, dok je u kombinaciji s Mospilanom kao i kod AlgoVitala učinkovitost bila nešto niža (83%).

Folifertil T je tekuće gnojivo na bazi NPK sa mikrohranjivima željezom (Fe), manganom (Mn), bakrom (Cu) i cinkom (Zn) koji pripada skupini anorganskih biostimulatora. Mikrohranjiva nisu neophodna svim biljkama no njihov nedostatak vrlo brzo postane uočljiv. Prema istraživanjima anorganski ojačivači bilja pozitivno utječu na otpornost biljke u uvjetima biotičkih stresova kao što je napad štetnika ili patogena (Mešić i sur., 2022). Folifertil je pokazao najveću početnu učinkovitost na ličinke krumpirove zlatice (69 %) u posljednjem očitavanju. Također i u kombinaciji s Alverdeom u završnom očitavanju postignuta je najveća učinkovitost od 96 %. Mortalitet ličinki postignut kombinacijom Mospilana i Folifertila bio je niži (77 %).

Osim u kombinaciji sa ojačivačima bilja, insekticidi su korišteni i samostalno u 50 %-tnoj i 100 %-tnoj dozi. Kemijski insekticidi predstavljaju osnovnu mjeru suzbijanju krumpirove zlatice već dugi niz godina. Kao odgovor na brzi razvoj rezistentnosti zlatice na djelatne tvari insekticida znanstvena istraživanja bila su usmjerena na pronalazak djelatnih tvari iz različitih kemijskih skupina i s različitim mehanizmima djelovanja (Bažok i sur., 2017). U istraživanju su korištena dva insekticida: Mospilan 20 SG na bazi djelatne tvari acetamiprid i Alverde na bazi metaflumizona.

Acetamiprid (pripravak **Mospilan 20 SG**) je djelatna tvar iz skupine neonikotinoide koji djeluju kao nervni otrovi imitirajući acetilkolin u tijelu kukca. Prema mehanizmu djelovanja pripadaju skupini sistemika. Acetamiprid djeluje na ličinke i odrasle zlatice (Bažok, 2019). Tijekom provedbe istraživanja Mospilan 20 SG korišten je u 100 %-tnoj i 50 %-tnoj dozi. Prema očitanim rezultatima 50 %-tna doza imala je tek 70 % učinka na mortalitet ličinki zlatice, dok je preporučana doza uzrokovala mortalitet ličinki od 91 %.

Alverde je insekticid iz skupine semikarbazona. Insekticidi iz ove skupine odnosno djelatne tvari djeluju kao blokatori o naponu ovisnih soli (Bažok, 2019). Pripravak Alverde je od svih korištenih sredstava u ovom istraživanju uzrokovao najveći mortalitet. Insekticid primijenjen u pola preporučene doze postigao je 96 % učinkovitosti u posljednjem očitavanju. Učinak preporučene doze na posljednjem očitavanju bio je 100 %.

Zbog već ranije spomenutog problema otpornosti zlatice na insekticide, ali i zbog restrikcija uvedenih direktivom Europske unije, sve je veća potreba za pronalaskom alternativnih dovoljno učinkovitih zamjena za insekticide. Dio seta mjera svakako je i primjena ojačivača bilja (Mešić i sur., 2022). Urođena kemijska obrana biljaka sastoji se od metabolita koji su prisutni u biljnim tkivima i njihova ekspresija nije limitirana prisutnošću herbivora, dok se inducirana obrana aktivira nakon napada herbivora. Kemijska obrana može utjecati na biljojede izravno, putem toksičnih ili repelentnih sekundarnih metabolita ili antinutritivnih proteina (npr. inhibitori proteaze, lektini) i neizravno otpuštanjem hlapljivih organskih spojeva privlačnih ili odbijajućih biljojedima i/ili privlačnih prirodnim neprijateljima. Zaštita koju pružaju te inducirane obrane može se iskoristiti u suzbijanje štetnika primjenom tvari koje potiču ili jačaju obranu biljaka prije biljojeda. Indukcija obrambenih reakcija može se postići korištenjem niza tvari kao što biljni hormoni, kiseline, mikrobi. Znanstvenici vjeruju kako se utjecaj većine danas poznatih biostimulatora na induciranu obranu biljaka tek počinje kvantificirati (Vansconcelos Pereira i sur., 2021).

U ovom istraživanju promatralo se moguće insekticidno djelovanje ojačivača bilja na bazi ekstrakata algi, aminokiselina, mikro i makroelemenata. Korišteni ojačivači pokazali su zadovoljavajuće djelovanje u kombinaciji s insekticidima, posebice s pripravkom Alverde, dok njihova učinkovitost u samostalnoj primjeni nije dostatna za održavanje populacije zlatice ispod ekonomskog praga štetnosti. No, prema postignutim rezultatima primjena ojačivača bilja svakako ima pozitivne učinke na biljke. Omogućuje se korištenje znatno nižih doza insekticida od preporučenih čime se smanjuje negativan utjecaj na okoliš, prirodne neprijatelje, ali se i odgađa razvoj otpornosti zlatice na insekticide, te povećava set mjera za borbu protiv krumpirove zlatice. Za potvrdu hipoteze u ovom radu svakako je potrebno provesti još mnogobrojna istraživanja, posebice u poljskim uvjetima.

8. Zaključci

- Biostimulatori AminoVital, AlgoVital Plus i Folifertil T 24 sata nakon tretiranja pokazali su slabo početno djelovanje.
- Treći dan nakon tretiranja od tri primijenjena biostimuladora najveći mortalitet postigao je biostimulator Folifertil T (učinkovitost 69 %).
- Od tri primijenjena biostimuladora u kombinaciji s insekticidom Alverde primijenjenim u 50 %-tnoj dozi najbolji učinak postignut je kombinacijom Alverda i Folifertil T (učinkovitost 96 %).
- Od tri primijenjena biostimuladora u kombinaciji s insekticidom Mospilan 20 SG primijenjenim u 50 %-tnoj dozi najbolji učinak postignut je kombinacijom Mospilan i AminoVital (učinkovitost 83 %).
- Insekticid Alverde na bazi djelatne tvari metaflumizona očekivano je postigao vrlo visoku učinkovitost i u 50 %-tnoj dozi, kao i u punoj primijenjenoj dozi već drugi dan nakon postavljanja ličinki zlatice na tretirane listove.
- U istraživanju učinkovitost nižih doza insekticida i ojačivača bilja za suzbijanje krumpirove zlatice u laboratorijskim uvjetima ojačivači bilja pokazali su veliki potencijal kao pomoć insekticidima za postizanje visoke učinkovitosti u nižim dozama, no njihovo bi se djelovanje trebalo ispitati i u poljskim uvjetima.

9. Popis literature

1. APRD (2022). Arthropod Pesticide Resistance Database. <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=141> - pristup 17.7.2022.
2. Aylokhin A. (2009). Colorado Potato Beetle Management od Potatos: Current Challenges and Future Prospects. Global Science Books, 10-19.
3. Bažok R. (2013). Krumpirova zlatica - *Leptinotarsa decemlineata* Say. Glasilo biljne zaštite, 13(4): 282-288.
4. Bažok R. (2019). Zoocidi u 2019. Glasilo biljne zaštite, 19 (1-2): 13-112.
5. Bažok R., Čačija M., Lemić D., Virić Gašparić H., Drmić Z. (2017). Rezistentnost krumpirove zlatice na insekticide. Glasilo biljne zaštite, 17(5): 460-468.
6. Bažok R., Gotlin Čuljak T., Grubišić D. (2014). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite, 14(3): 357-390.
7. BASF (2022). <https://www.agro.basf.hr/hr/Products/Pregled/Insekticidi/Alverde.html> - pristup 15.9.2022.
8. Bishop, B.A., Grafius, E. . (1996). Insecticide resistance in the Colorado potato beetle. SPB Academic Publishing, Amsterdam, 355-377.
9. Brown P., Saa S. (2015). Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science, 6: 671.
10. Buturac I. (2013). Gospodarska važnost, hranidbena vrijednost, proizvodnja i potrošnja krumpira u svijetu i u nas. Glasilo biljne zaštite, 13(4): 265-271.
11. Buturac I., Bolf M. (2000): Proizvodnja krumpira. Hrvatski zadružni savez, Zagreb.
12. Calvo P., Nelson W., Kloepper W.J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil, 383: 3-41.
13. du Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, Scientia Horticulturae, 196, 3-14.
14. DZS - Državni zavod za statistiku (2022). <https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10139> - pristup 20.7.2022.
15. Europski parlament i Vijeće (2019). Uredba (EU) 2019/1009 Europskog parlamenta i Vijeća od 5. lipnja 2019. o utvrđivanju pravila o stavljanju gnojidbenih proizvoda EU-a na raspolaganje na tržištu te o izmjenama uredba (EZ) br. 1069/2009 i (EZ) br. 1107/2009 i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 2003/2003, Službeni list Europske unije L 170/1.
16. IRAC - Insecticide Resistance Action Commite (2022). Colorado potato beetle. <https://irac-online.org/pests/leptinotarsa-decemlineata/> - pristup 17.7.2022.

17. FIS (2022). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede. <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> - pristup 16.8.2022.
18. FAOSTAT (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/OCL/visualize> - pristup 15.7.2022.
19. Genera (2022). Folifertil T. <https://genera.hr/proizvodi/folifertil-t/> - pristup 14.8.2022.
20. GDM Solutions, Inc. (2022). ARM Software, Revision 2022.3 July 25, 2022 (B=15099), Brookings, South Dakota, USA.
21. González A, Castro J, Vera J, Moenne A (2013). Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32: 443-448.
22. Hack, H., Gall, H., Klemke, Th., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., Witzgen-Berger, A. (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 45: 11-19.
23. Hadelan L., Jež Rogelj M., Grgić I., Zrakić M. (2016). Scenarijska analiza pokazatelja proizvodnje krumpira. *Glasnik zaštite bilja*, 39(6): 38-45.
24. Hrvatska enciklopedija (2021). Krumpir. Mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=34259> - pristup 9.7.2022.
25. Katonci D. (2007). Bolesti i štetnici krumpira. *Glasnik zaštite bilja*, 30(3): 29-32.
26. Kanisek J., Jurišić M., Bešlić P. (2001). Organizacija i rentabilnost uzgoja krumpira u Slavoniji. *Poljoprivreda*, 7(2): 26-33.
27. Korunek I., Pajić S. (2007). Agrotehnika proizvodnje merkatilnog krumpira, *Glasnik zaštite bilja*, 30(3); 4-11.
28. Maceljki, M. (1964). O rezistentnosti insekata i grinja na pesticide. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 13(12): 880-888.
29. Maceljki, M. (2002). *Poljoprivredna entomologija*. Zrinski d.d., Čakovec.
30. Maceljki, M. (1968). Ispitivanje pojave rezistentnosti krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) na insecticide i efikasnost novijih insekticida na populacije zlatice rezistentne na DDT i lindan. *Zaštita bilja*, 19(100-101): 217-233.
31. Maceljki, M. (1995). Resistance of the Colorado potato beetle in Croatia. *Proceedings of 2. Slovenian Conference on Plant Protection, Radenci*, 47-60.
32. Maceljki M. (1967). Pojava rezistentnosti krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say) u Jugoslaviji. *Agronomski glasnik*, 10: 891-900.
33. Oštrec LJ., Gotlin Čuljak T. (2005). *Opća entomologija*. Zrinski d.d., Čakovec.

34. Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Herak - Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski d.d., Čakovec.
35. 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.
36. Pivovarov V.F., Gins E. M., Baikov A.A. (2019). The effect of leaf treatment (*Solanum tuberosum* L. cv Zhukovsky) with an early leaf extract (*Amaranthus tricolor* L. cv Early splendor) on the photosynthetic indicators of potato plants and the feeding of the colorado beetle larvae. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 395: 1-4.
37. Proecco (2022). Algo Vital Plus <https://www.proeco.hr/proizvod/algovital-plus/> - pristup 14.8.2022.
38. Proecco (2022). AminoVital. <https://www.proeco.hr/proizvod/aminovital/> -pristup 14.8.2022.
39. Püntener W. (1981). Manual for field trials in plant protection second edition. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited.
40. Rotim N. (2010). Skladištenje krumpira. Glasnik zaštite bilja, 33(6): 36-39.
41. Sito S., Džaja V., Kušec V., Ciler K., Palinić B., Glogovšek T. (2015). Suvremena tehnika u proizvodnji krumpira. Glasnik zaštite bilja, 38(5):70-83.
42. 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 nereistoxins in Serbia. Romanian Biotechnological Letters, 17(5): 7599-7609.
43. Yahkin I.O., Lubyayov A.A., Yakhin A.I., Brown P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: Global Perspective. Frontiers in Plant Science, 7(2049): 1-32.
44. Vasconcelos Pereira R., Filgueiras C.C., Doria Y., Penaflor G.V. M.F., Willett D.S. (2021). The Effects of Biostimulants on Induced Plant Defense. Frontiers in Agronomy, 3(630596): 1-9.
45. Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Glosek M., Sienkiewicz S. (2015). Effect of biostimulators on yield and selected chemical properties of potato tubers. Journal of Elementology, 20(3): 757-768.
46. 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.

Životopis

Kristina Šumić rođena je 13. svibnja 1999. godine u Žepču, BIH. Po završetku osnovne škole 2013. godine upisuje poljoprivrednu srednju školu u Katoličkom školskom centru „Don Bosco“ Žepče, smjer poljoprivredni tehničar fitofarmaceut. Agronomski fakultet u Zagrebu upisuje 2017. godine, smjer Zaštita bilja. Preddiplomski studij završava 2020. godine i stječe zvanje prvostupnica inženjerka zaštite bilja. Studiranje je nastavila na diplomskom studiju Fitomedicine na koji se upisala 2022. godine. Na diplomskom studiju postala je član Entomološke grupe. Aktivno se služi engleskim jezikom.