Biološko suzbijanje štetnika u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske

Uglješić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:455876

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

BIOLOŠKO SUZBIJANJE ŠTETNIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA REPUBLIKE HRVATSKE

DIPLOMSKI RAD

Ivana Uglješić

Zagreb, studeni, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Agriculture

Diplomski studij:

Fitomedicina

BIOLOŠKO SUZBIJANJE ŠTETNIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA REPUBLIKE HRVATSKE

DIPLOMSKI RAD

Ivana Uglješić

Mentor:

Prof.dr.sc. Tanja Gotlin Čuljak

Zagreb, studeni, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ivana Uglješić**, JMBAG 0178100991, rođena 16.04.1995. u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

BIOLOŠKO SUZBIJANJE ŠTETNIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA REPUBLIKE HRVATSKE

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 s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Ivane Uglješić**, JMBAG 0178100991, naslova

BIOLOŠKO SUZBIJANJE ŠTETNIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA REPUBLIKE HRVATSKE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo: potpisi:

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

Zahvala

Bogu hvala na:

- g. Franu Bariću koji je nesebično izdvojio svoje vrijeme i ustupio podatke tvrtke Zeleni Hit d.o.o. o navedenoj temi,
- mojoj obitelji (užoj i široj) zbog koje sam postala ono što jesam,
- mojim kolegama (prijateljima) zbog kojih je studiranje bilo zanimljivo,
- svim profesorima koji svojim načinom rada i pristupom potiču studente da ulažu više u sebe i omogućuju im individualnost tijekom studija,
- svim djelatnicima Zavoda za poljoprivrednu zoologiju koji uvijek imaju otvorena vrata i osjećaja za studentske potrebe i ideje,
- svim ljudima koji su mi bili podrška tijekom studija!

Sadržaj

1. Uvod 1
   1.1. Cilj rada 1
2. Biološko suzbijanje štetnika 2
   2.1. Pojam biološko suzbijanje 2
   2.2. Povijest biološkog suzbijanja u svijetu i RH 2
   2.3. Bioinsekticidi – agensi biološkog suzbijanja štetnika 5
      2.3.1. Makrobiološki bioinsekticidi 7
      2.3.2. Mikrobiološki bioinsekticidi 9
      2.3.3. Naturaliti 11
      2.3.4. Botanički insekticidi 12
   2.4. Načini biološkog suzbijanja 13
   2.5. Prednosti i nedostaci biološkog suzbijanja 15
   2.6. Razvoj tržišta bioinsekticida u svijetu i Republici Hrvatskoj 17
3. Primjena bioinsekticida u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske 22
   3.1. Razlozi uvođenja biološke zaštite u suzbijanju štetnika u zaštićenim prostorima 22
   3.2. Opis postupka uvođenja biološke zaštite u zaštićene prostore 23
   3.3. Udio ekološke proizvodnje u ukupnoj proizvodnji u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske i ekonomska analiza troškova suzbijanja štetnika u integriranoj proizvodnji i u ekološkoj proizvodnji 26
4. Globalna perspektiva biološkog suzbijanja 31
5. Zaključci 34
6. Popis literature 35

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Ivane Uglješić**, naslova

BIOLOŠKO SUZBIJANJE ŠTETNIKA U ZAŠTIĆENIM PROSTORIMA REPUBLIKE HRVATSKE

Biološko suzbijanje štetnika primjenjivo je u svim sustavima uzgoja, no najbolji učinci utvrđeni su u zaštićenim prostorima. Razlozi uvođenja bioinsekticida u zaštićene prostore su rezistentnost štetnika na kemijske pripravke, nepostojanje karence, povoljna ekotoksikološka svojstva te mogućnost kontroliranja uvjeta proizvodnje. Za biološko suzbijanje štetnika koriste se mikrobiološki i makrobiološki bioinsekticidi, naturaliti te botanički insekticidi. Razlozi slabije uporabe bioinsekticida su needuciranost proizvođača i visoka cijena pripravaka. Biološka zaštita paprike od kalifornijskog tripsa 11 puta je skuplja od kemijske i kao takva je neisplativa. Na hrvatskom tržištu registrirano je 41 makrobioloških, 9 mikrobioloških pripravaka, 10 pripravaka na osnovi naturalita te 7 pripravaka na osnovi botaničkih insekticida. Globalna perspektiva bioinsekticida ogleda se u novim tehnologijama poput mikrokapsuliranja, tehnologije utišavanja gena te genetičkog inženjeringa. Uz daljnji rast svjetskog tržišta biopesticida od 10% godišnje, u budućnosti se očekuje bolji suživot kemijske i biološke zaštite.

Ključne riječi, biološko suzbijanje, biopesticidi, zaštićeni prostori, trips

Summary

Of the master's thesis – student **Ivana Uglješić,** entitled

BIOLOGICAL PEST CONTROL IN THE GREENHOUSES OF THE REPUBLIC OF CROATIA

Biological pest control is applicable in all breeding systems, but the best effects are identified in greenhouses. The reasons for introducing bioinsecticides into greenhouses are pest resistance to chemical preparations, low waiting period of bioinsekticides, favorable ecotoxicological properties of bioinsecticides and the ability to control production conditions. Microbiological and macrobiological bioinsecticides, naturalites and botanical insecticides are used for biological pest control. The reasons for the lower use of bioinsecticides is the high cost of biological pest control. Biological protection of pepper from Western flower thrips is 11 times more expensive than chemical and as such is not cost-effective. There are 41 macrobiological, 9 microbiological preparations, 10 preparations based on naturalites and 7 preparations based on botanical insecticides registered on the Croatian market. The global perspective on bioinsecticides is reflected in emerging technologies such as microencapsulation, gene silencing technology and genetic engineering. With further growth of the global biopesticide market by 10% annually, a better coexistence of chemical and biological protection is expected in the future.

Keywords: biological pest control, biopesticides, greenhouses, thrips

1. Uvod

U prošlom je stoljeću poljoprivredu obilježila intenzivna i visokoproduktivna proizvodnja u kojoj se nije vodilo računa o ekološkim posljedicama koje takva proizvodnja stvara. Pretjeranim iscrpljivanjem zemljinih resursa i smanjenjem bioraznolikosti, ne samo da je narušen sklad prirode već se u pitanje sve češće dovodi i ljudsko zdravlje. Posljednjih tridesetak godina razvio se otpor prema ekološkim učincima poljoprivredne proizvodnje. Klimatske promjene, atmosfera onečišćena ispušnim plinovima, ostatci sredstava za zaštitu bilja u hrani samo su neki od negativnih ekoloških učinaka intenzivne poljoprivrede koji predstavljaju problem na globalnoj razini. Zabrinutost zbog navedenih, ali i mnogih drugih negativnih posljedica intenzivne poljoprivredne proizvodnje rezultirala je održivim kretanjima u uzgoju poljoprivrednih kultura. Osnivaju se razne organizacije poput organizacije za prehranu i poljoprivredu (FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations) zatim međunarodne organizacije za biološku i integriranu zaštitu (IOBC - International Organisation for Biological and Integrated Control) i mnoge druge koje rade na pronalaženju održivih rješenja za probleme u poljoprivrednoj proizvodnji. Područje poljoprivrede koje, nedvojbeno, predstavlja najveći izazov u procesu proizvodnje kvalitetnih i sigurnih proizvoda jest zaštita usjeva od štetnika. Problemi poput rezistentnosti ili ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i vodama često su rezultat nestručne, a ponekad i nepotrebne primjene istih, stoga se danas sve više pažnje posvećuje razvoju i primjeni ne kemijskih mjera suzbijanja štetnika. U ne kemijske mjere ubrajaju se sve agrotehničke, mehaničke, fizikalne, i biološke mjere suzbijanja štetnika. Biološko suzbijanje neizostavan je dio strategije suzbijanja u ekološkoj proizvodnji koja promiče i unaprjeđuje biološku raznolikost, prirodne biološke cikluse i poboljšava ekološki sklad. Biološko suzbijanje primjenjivo je u svim sustavima uzgoja no, najbolji učinci utvrđeni su pri primjeni u zaštićenim prostorima zbog specifičnih karakteristika takvog načina uzgoja.

1.1. Cilj rada

Cilj rada je prikazati i utvrditi udio površina na kojima se provodi biološko suzbijanje štetnika u zaštićenim prostorima na području Republike Hrvatske te istražiti razloge njegova uvođenja u tehnologiju proizvodnje.

2. Biološko suzbijanje štetnika

2.1. Pojam biološko suzbijanje

Pod pojmom biološkog suzbijanja ili bioloških mjera suzbijanja štetnih organizama podrazumijeva se izravna ili neizravna uporaba različitih organizama i njihovih proizvoda za suzbijanje štetnih organizama. Biološko suzbijanje štetnih organizama osnovni je način izravne borbe protiv štetnika u ekološkoj proizvodnji te čini njen sastavni dio, dok kod integriranog sustava proizvodnje zauzima sve važnije mjesto. Biološko suzbijanje uključuje suzbijanje štetnih organizama prirodnim neprijateljima, drugim korisnim organizmima i biološkim pripravcima na bazi virusa, bakterija ili gljiva. Svaki štetni organizam u prirodi ima svog antagonista čime se održava prirodna ravnoteža - ekosustav. Kamen temeljac održivosti ekosustava jest bioraznolikost. Nasuprot tome, u agroekosustavu narušena je bioraznolikost, a razlog tomu je uzgoj većeg broja jedinki na velikim poljoprivrednim površinama tzv. monokultura. Time se daje prostor štetnim organizmima za nesmetani razvitak populacije u izobilju hrane i nižoj prisutnosti njihovih antagonista tj. prirodnih neprijatelja. Prema Igrc Barčić i Maceljski (2001) glavni i jedini cilj suzbijanja štetnih organizama treba biti sprječavanje šteta, a ne uništavanje štetnika jer uništavanjem štetnika prirodnim neprijateljima uskraćujemo hranu, a time se povećava vjerojatnost njihova izumiranja. Potrebno je naglasiti kako biološke mjere ne eradiciraju štetnika već populaciju drže ispod ekonomskog praga štetnosti, što je ujedno i cilj integrirane zaštite bilja (Holmes i sur., 2016).

2.2. Povijest biološkog suzbijanja u svijetu i RH

Otkako je napušten nomadski način života i promijenio se u sjedilački došlo je do potrebe za ciljanim uzgojem određenih kultura. Takav ciljani i povećani uzgoj jedne vrste na istom mjestu uzrokovao je i porast populacije štetnika te dolazi do potrebe za njihovim suzbijanjem. Biljke s insekticidnim djelovanjem bile su prvi izvor zaštite koji je bio dostupan u ono doba. Rani povijesni izvori tvrde kako su se u Europi aromatične biljke te njihovi ekstrakti koristili prije više od 3000 godina (Pavela, 2016). Prema nekim izvorima prvi insekticidi upotrijebljeni su i ranije, prije 4500 godina, od strane Sumerana koji su za suzbijanje štetnika koristili sumporne spojeve (Unsworth, 2010). Iako povijest primjene insekticida u najranijim vremenima nije dovoljno istražena već navedeni podaci sugeriraju kako je od davnina traženo rješenje za problem, ne samo fitofagnih štetnika, već i različitih molestanata pa i parazita na ljudima. U Perziji su različita biljna ulja korištena za liječenje bolesti uzrokovanih nekim grinjama poput *Sarcoptes scabie* Linnaeus, 1758. Povijesno gledano, uporaba fino mljevenog cvijeta *Chrysanthemum cinerariaefolium* L. najpoznatiji je primjer. Prema sačuvanim pisanim dokumentima, ova biljka je imala vrlo važnu ulogu u suzbijanju ektoparazita kao što su uši i buhe. Postoje izvještaji da se u 400. pr. Kr., za vrijeme vladavine perzijskog kralja Kserksa, postupak liječenja djece provodio prahom dobivenim iz suhog cvijeća navedene biljke (Pavela, 2016). Kasnije su se pojedine biljke počele koristiti i za zaštitu od fitofagnih šetnih

organizama. Kako bi uskladištenu hranu sačuvali od napada štetnika, Perzijanci su aromatične biljke vješali u blizini ulaznih otvora žitnica (Pavela, 2016). U starom Rimu, žitnice su često bile fumigirane različitim aromatičnim biljkama (npr. ružmarin). Prvi komercijalni proizvod - botanički insekticid, korišten kao takav, datira iz 17. stoljeća otkrićem insekticidnih svojstava nikotina dobivenog iz lišća duhana (Pavela, 2016; Dara, 2018; BPIA, 2019).

Istraživanja biološkog suzbijanja štetnika uporabom drugih živih organizama započela su 1835. kada je Agostine Bassi dokazao patogenost gljive *Beauveria bassiana* Bals. Criv., 1912 za kukce (BPIA, 2019). Otkriće navedene gljive bilo je prekretnica u istraživanjima ovog tipa te dolazi do otkrića drugih entomopatogenih gljiva poput *Metarhizium anisopliae* Metchnikoff, 1883 te *Lecanicillium lecanii* R. Zare W. Gams, 2001. Daleko najveći utjecaj na daljnji razvitak industrije biopesticida imalo je otkriće bakterije *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 (*Bt*) 1901. godine od strane japanskog biologa Shigetane Ishiwata (Unshwort, 2010).

Ernst Berliner u Thuringenu, nakon deset godina ponovno otkriva entomopatogena svojstva bakterije *Bt* na gusjenici brašnenog moljca. Početkom 1920-ih Francuzi su počeli koristiti *Bt* kao biološki insekticid, dok neki izvori navode kako se prvi puta u svijetu *Bt* upotrijebio upravo u Republici Hrvatskoj (Bažok, 2017).

Prvi komercijalno dostupan *Bt* proizvod, Sporeine, pojavio se u Francuskoj 1938. godine. No ubrzo dolazi do prve komercijalne uporabe novootkrivenog sintetičkog insekticida DDT-a 1939. godine (EPA, 2019). Samo dvije godine kasnije DDT je uporabljen i u Hrvatskoj. Nove spoznaje i rapidni napredak u otkriću novih insekticidnih spojeva u sklopu Zelene revolucije stavlja istraživanja o biološkom suzbijanju štetnika u drugi plan. U Europi je daljnji razvoj komercijalnih bioloških pripravaka spriječen nakon Drugog svjetskog rata također zbog ekspanzije sintetičkih proizvoda (Unsworth, 2010). Nedugo nakon otkrića prvog insekticida pojavljuju se sumnje oko štetnih učinaka sredstava za zaštitu bilja na zdravlje ljudi i okoliš. U SAD-u 1950-ih godina dolazi do ponovnog interesa istraživača za *Bt* stoga tih godina nastaje veći broj radova na navedenu temu (BPIA, 2019). Dolazi do otkrića drugih izolata navedene bakterije te poboljšanja formulacija. *Bt* od 1911. pa sve do danas ostaje najviše korišteni agens u biološkom suzbijanju štetnika (BPIA, 2019). Sredinom 1990-ih dolazi do naglog rasta industrije bioloških pripravaka (BPIA, 2019).

Iako se već u 16. stoljeću pretpostavljalo da virusi mogu uzrokovati bolesti kukaca tek je 1856. od strane dva talijanska znanstvenika, Maestri i Cornalia (Kalha i sur., 2014) prvi puta opisano virusno oboljenje kukca. Izumom elektronskog mikroskopa (1933.) omogućena su vjerodostojna istraživanja na području virologije te je prvi entomopatogeni virus, virus nuklearne poliedroze, otkriven kasnih 1940-ih.

Predatorstvo i parazitizam kao odnosi između dviju različitih vrsta oduvijek su evolucijski predodređeni održavanju ravnoteže u prirodi. Promatranje procesa i odnosa u prirodi dovelo je do zaključaka o biološkom suzbijanju koje je kasnije nazvano klasično biološko suzbijanje. Mravi su bili prvi organizmi korišteni u biološkom suzbijanju štetnih organizama u poljoprivrednim područjima. Cai i sur. (2005) navode kako je u Kini u nasadima citrusa vrsta

Oecophylla smaragdina Fabricius, 1775 korištena od 200. godine. Navedeni primjer nije samo prva, već je ujedno i najduža primjena prirodnog neprijatelja.

U zapadnim zemljama svijeta, zanimanje za biološko suzbijanje štetnika zabilježeno je kasnije u odnosu na Kinu.

Prema Hörstadius (1974) Carl Linnaeus već 1772. godine predlaže skupljanje grabežljivih kukaca i njihovo ispuštanje u poljoprivredne usjeve. Ranih 1800-ih govori se o korisnosti vrsta iz porodice Coccinelidae te muha iz porodice Syrphidae. Božje ovčice se prikupljaju i prodaju kako bi se suzbili štetnici europskog hmelja.

Prva pisana izvješća o parazitizmu pojavila su se u trećem stoljeću i vezana su za muhu iz porodice Tachinidae koja parazitira dudovog svilca. Tek 1669. u Europi istraživači daju pravo tumačenje životnog ciklusa parazitskih osica (Orr i Lahiri, 2014). Korištenje parazita u biološkom suzbijanju štetnika razvilo se u 19. st kada je Hartig sakupljao parazitirane gusjenice kupusara kako bi imao odrasle ose za kasniju zaštitu. Ovaj koncept je u praksu uveo DeCaux 1880. godine u Francuskoj, koji je sakupio cvjetove jabuke zaražene vrstom *Anthonomus pomorum* L., 1758 i držao ih u kutijama pokrivenim gazama koje su omogućavale izlazak parazitoida koje bi kasnije upotrebljavao (Orr i Lahiri, 2014).

Prvi slučaj interkontinentalne introdukcije prirodnog neprijatelja (klasičan način biološkog suzbijanja) vezan je za narančina crvca - *Icerya purchasi* Maskell, 1878. Godine 1887. obavljen je prvi unos božje ovčice *Rodolia cardinalis* Mulsant, 1850 iz Australije u Kaliforniju te je kroz dvije godine navedeni štetnik uspješno suzbijen (Orr i Lahiri, 2014).

Prvi uspješno unesen parazitoid bila je entomofagna osica *Encarsia formosa* Gahan, 1924 poradi suzbijanja *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856 u staklenicima Velike Britanije što je rezultiralo komercijalizacijom navedenog parazitoida 1960-ih godina (Orr i Lahiri, 2014). Nadalje, 1873. u Francusku je unesena grinja *Ryzogliphus phylloxerae* Riley, 1874 za suzbijanje filoksere.

Na području bivše Jugoslavije 1937. godine protiv vrste *Eriosoma lanigerum* Hausmann, 1802 unesena je vrsta *Aphelinus mali* Haldeman, 1851 što predstavlja prvi unos prirodnog neprijatelja na ovo područje (Tadić, 1962). Godine 1954. osniva se Laboratorij za biološko suzbijanje pri Institutu za zaštitu bilja Narodne Republike Srbije u kojem se provode intenzivnija istraživanja vezana za temu biološkog suzbijanja.

U Republici Hrvatskoj među prvim istraživačima biološkog suzbijanja ističe se profesor Kovačević koji na Institutu za zaštitu bilja u Zagrebu započinje prva istraživanja (Maceljski i Igrc, 1992). Pod njegovim voditeljstvom u razdoblju od 1959. do 1962. godine posebno se istražuju mogućnosti biološkog suzbijanja dudovog svilca, gubara te krumpirove zlatice. U sklopu tih istraživanja po prvi je puta unesena vrsta *Perrilus bioculatus* Fabricius, 1775 za suzbijanje krumpirove zlatice (Tadić, 1962). Prva istraživanja o primjeni pripravaka na osnovi *B. thurngiensis* te pripravaka na osnovi *M. anisopliae* provode se u razdoblju od 1928. do 1931. godine (Maceljski i Igrc, 1992).

U Republici Hrvatskoj je prvi uspješan unos prirodnog neprijatelja realiziran u razdoblju od 1980. do 1983. godine pod voditeljstvom akademika Milana Maceljskog

(Maceljski, 2002). Iako cilj suzbijanja nije bio štetnik već korov *Ambrosia artemisiifolia* Linneaus 1753 te unatoč činjenici da unesena vrsta zlatice *Zygogramma suturalis* Fabricius, 1775 nije riješila navedeni problem, taj je unos bio od velike važnosti za daljnji nastavak istraživanja biološkog suzbijanja. Barić i Ciglar (1999) pokušali su unijeti entomofagnu osicu *Neodrynus typhlocybae* Ashmead kako bi se riješio problem *Metcalfa pruinosa* Say, 1830 u Istri. Prva pokusna suzbijanja maslinine muhe i kukuruznog moljca parazitskom osicom roda *Trichogramma* obavljena su 1970-ih godina (Bažok, 2017).

Prva istraživanja entomopatogenih nematoda kao agenasa u biološkom suzbijanju štetnih organizama započinju krajem 20. stoljeća. Istraživanja preduvjeta za primjenu entomopatogenih nematoda u Republici Hrvatskoj vezana su za potencijalnu primjenu vrste *Steinernema carpocapse* protiv *Cydia pomonella* Linnaeus, 1758 (Grubišić i sur., 2010) te različitih vrsta entomopatogenih nematoda protiv kukuruzne zlatice (Grubišić i sur., 2013).

Prvi mikrobiološki pripravak koji se pojavio na hrvatskom tržištu 1990-ih bio je na bazi gljive roda *Trichoderma*, a korišten je u suzbijanju sive plijesni (Baličević i sur., 2019).

Iako je integrirana poljoprivredna proizvodnja zakonodavni okvir dobila 2010. godine, sami počeci takvog sustava proizvodnje ostvaruju se mnogo ranije (Crnjac, 2018). Profesor Ivan Ciglar sa suradnicima (Ciglar, 1988) daje prve smjernice o integriranoj zaštiti voćnjaka i vinograda. Posebno naglašava važnost očuvanja postojećih prirodnih neprijatelja (konzervacijsko biološko suzbijanje).

U novije vrijeme, u Republici Hrvatskoj uočava se sve veći broj zainteresiranih za uzgoj bilja na ekološki način. Time je stvorena povećana potreba za biološkim načinima suzbijanja štetnika, a samim time i za bioinsekticidima. Augmentacijska metoda sve češće je u uporabi a pristup Europskoj Uniji otvorio je vrata uvoza bioinsekticida čime je olakšan sam proces nabave prirodnih neprijatelja, ali i drugih sredstava za biološku zaštitu.

2.3. Bioinsekticidi – agensi biološkog suzbijanja štetnika

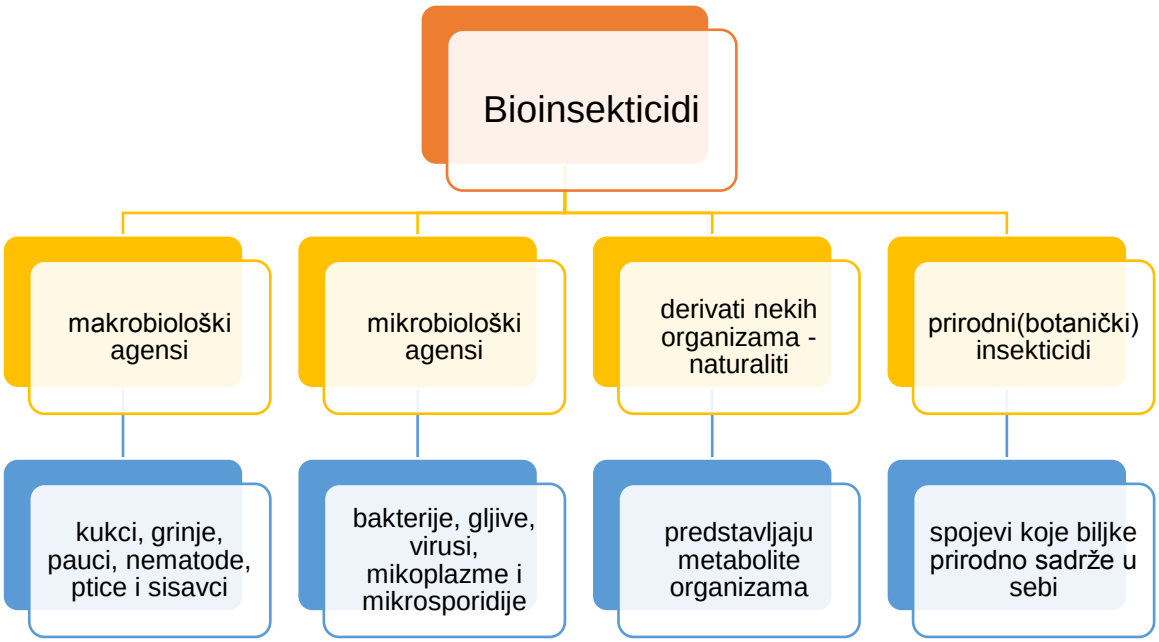
Još uvijek ne postoji univerzalna, međunarodno dogovorena i formalna definicija biopesticida jer postoji nekoliko različitih pristupa koji nastoje objasniti pojam biopesticida. Prema definiciji FAO-a (2019), pojam biopesticidi obuhvaća prirodne organizme ili tvari dobivene od prirodnih organizama koje se koriste u suzbijanju štetnika. Biopesticidi dijele se na biološka sredstva za zaštitu bilja i na biocide. Prvi priručnik o biopesticidima (Copping, 1998) u biopesticide ubraja prirodne proizvode, feromone, živuće sustave, predatore i gene. Uopćeno za bioinsekticide se može reći da su to prirodni neprijatelji štetnih organizama i prirodni pesticidi koji se koriste za biološko suzbijanje štetnih organizama.

U bioinsekticide se ubrajaju prirodni organizmi poput parazita, parazitoida, predatora, entomopatogenih nematoda, mikroorganizama, botanički insekticidi, sekundarni metaboliti organizama i genetički preinačene biljke koje su u Europi slabo ili nikako prihvaćene (Sporleder i Lacey, 2013).

Biocidi, iako pripadaju biopesticidima, ne koriste se za zaštitu bilja već u komunalnoj higijeni, za zaštitu materijala, za osobnu higijenu (Joka, 2018) te ovaj pojam treba strogo razlikovati od pojma bioinsekticidi.

Bioinsekticidi su važni u procesu biološkog suzbijanja štetnih organizama koji uključuje tri osnovna načina: konzervativni, augmentativni i klasični.

U Republici Hrvatskoj pojam bioinsekticidi obuhvaćao je samo pripravke na osnovi bakterije *Bacillus thuringiensis*. Igrc Barčić (2000) navodi kako se u biopesticide treba ubrojiti i makrobiološke pripravke (parazitoidi, grabežljivci), mikrobiološke pripravke (bakterije, gljive, virusi itd.), te insekticidne tvari i derivate prisutne u biljkama i životinjama. Također navodi kako se svuda u svijetu biopesticidi ubrajaju u sredstva za zaštitu bilja te tako podliježu svim ispitivanjima kao i sintetički insekticidi, dok u Hrvatskoj to nije slučaj. Mnogi znanstveni radovi i knjige pod pojmom bioinsekticida navode makrobiološke i mikrobiološke agense, prirodne pripravke i naturalite. Podjela bioinsekticida prikazana je slikom 1. U makrobiološke agense ubrajaju se: kukci, grinje, pauci, nematode, ptice i sisavci. U mikrobiološke organizme ubrajaju se uzročnici bolesti (bakterije, gljive, virusi, mikoplazme i mikrosporidije). Naturaliti podrazumijevaju prijelazni oblik između bioloških i kemijskih pripravaka, no ubrajaju se u biološka sredstva jer su metaboliti organizama. U biopesticide se ubrajaju i spojevi koje biljke prirodno sadrže u sebi – semiokemikalije. (Gotlin Čuljak i sur., 2019).



Slika 1. Podjela biopesticida

Izvor: Gotlin Čuljak i sur. (2019)

2.3.1. Makrobiološki bioinsekticidi

Ovoj skupini pripadaju zoofagne vrste iz sljedećih grupa: kukci, pauci, grinje, nematode, ptice i sisavci (Igrc Barčić i Maceljski, 2001). Pri suzbijanju štetnika najčešće su korištene nematode i kukci koji su, ovisno o načinu života, podijeljeni na predatore, parazite te parazitoide te se često jednim imenom nazivaju prirodni neprijatelji (Mahr i sur., 2008). Prirodni neprijatelji su kao takvi glavni regulatori dinamike populacije svih štetnika. Predatorstvo je oblik odnosa među vrstama koji je pozitivan za jednu, a negativan za drugu vrstu (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Predatori odmah ubijaju svoju žrtvu i njome se hrane. Prema tipu ishrane najčešće su polifagni stoga postoji opasnost od ishrane i nekim korisnim vrstama (Igrc Barčić i Maceljski, 2001). Važnije porodice s pripadajućim vrstama prikazane su u Tablici 2.1.

Tablica 2.1. Važnije porodice i vrste predatora

Predatori		
Red	**Porodica**	**Vrsta**
Orthoptera	Mantidae	*Manthis religiosa*
Neuroptera	Chryspohidae	*Chrysopha carnea*
	Hemerobidae	*Hemerobius humulinus*
Hemiptera	Nabidae	*Himacerus apterus*
	Miridae	*Dicyphus tamaninii*
		Macrolophus caliginosus
		Nesidiocoris tenius
	Anthocoridae	*Antochoris nemorum*
		Orius spp.
	Pentatomidae	*Perillus bioculatus*
	Reduviidae	*Zelus renardii*
Coleoptera	Coccinelidae	*Coccinella septempunctata*
		Adalia bipunctata
		Cryptolaemus montrouzieri
		Hippodamia convergens
	Carabidae	*Calosomasy cophanata*
Thysanoptera	Thripidae	*Scolothrips sexmaculatus*
Acari	Phytoseiide	*Amblyseius andersoni*
		Amblyseius swirskii
		Phytoseiulus persimilis

Izvor: Maceljski, (2002); Malais i Ravensberg, (2003); Pajač i sur., (2010); Franin i Barić, (2011)

Nasuprot tomu, parazitizam je pozitivan, ali i obavezan za jednu, a negativan za drugu vrstu (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Ukoliko parazit odmah usmrti svoju žrtvu i sam ugiba stoga oni žive na račun njega. Paraziti se dijele na ektoparazite i endoparazite. Po izlasku endoparazita nastupa smrt domaćina te ih se zbog toga ne naziva pravim parazitima već parazitoidima. Parazitoidi žive na račun jedne razvojne faze domaćina pa se tako razlikuju jajni parazitoidi, parazitoidi kukuljice ili odraslih oblika (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Parazitoidi su u pravilu visokospecifični za određenog štetnika stoga je veoma mala opasnost od napada na korisne kukce. Najveći broj prema Buchori i Sahari (2008) pripada redu Hymenoptera. Čak 75% vrsta toga reda prema prehrambenim navikama svrstava se u parazitoide. Najvažnije vrste parazitoida prikazane su u tablici 2.2.

Tablica 2.2. Važnije vrste parazitoida

Parazitoidi		
Red	**Porodica**	**Vrsta**
Hymenoptera	Ichneumonidae	*Horogenes punctorius*
	Braconidae	*Aphanteles glomeratus*
		Dacnusa sibiraica
		Aphidius colemani
	Eulophidae	*Diglyphus isaea*
	Trichogrammatidae	*Trichogramma evanescens*
	Aphelinidae	*Aphelinus mali*
		Encarsia formosa
		Eretmocerus eremicus
Diptera	Tachinidae	*Exorista larvarum*
		Voria ruralis
		Lydella thompsoni
	Cecidomidae	*Aphidoletes aphidimyza*

Izvor: Igrc Barčić i Maceljski, (2001); Malais i Ravensberg, (2003); Oštrec i Gotlin Čuljak, (2005)

Nematode koje se koriste u biološkom suzbijanju štetnika nazivaju se entomopatogene nematode. Među vrstama entomopatogenih nematoda postoji razlika u pronalaženju domaćina – od krajnje pasivnih i statičnih vrsta do vrsta koje se aktivno kreću u potrazi za domaćinom. Nematode u tijelo kukca ulaze kroz prirodne otvore kao što su usta, anus ili izravno kroz kutikulu. Entomopatogene nematode u simbiozi su s bakterijama koje napadaju imunološki sustav kukca i time osiguravaju hranu nematodama, koje bakterijama osiguravaju zaštitu od vanjskih utjecaja. Prema Stock i Hunt (2005), postoji 30-ak vrsta entomopatogenih nematoda, ali potencijal za uporabu u biološkom suzbijanju ima samo 7 porodica (Nježić, 2016). Tri najvažnije porodice u biološkom suzbijanju štetnika su Heterorhabditidae, Mermitidae i Steinernematidae (Oštrec, 2001). Pripravci na bazi entomopatogenih nematoda mogu se primjenjivati zalijevanjem ili klasičnim uređajima za tretiranje (Nježić, 2016).

2.3.2. Mikrobiološki bioinsekticidi

Ovoj skupini pripadaju pripravci na osnovi mikroorganizama (gljiva, bakterija, virusa, mikroplazmi i mikrosporidija).

Entomopatogene bakterije

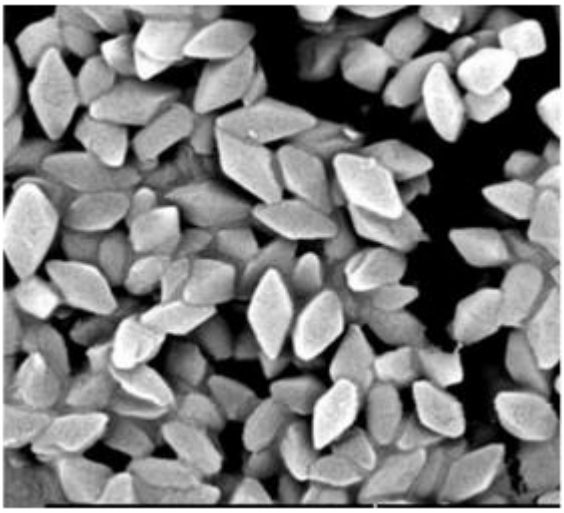
Komercijalno najuspješnijim biopesticidima smatraju se pripravci na osnovi bakterija (Couch i Jurat-Fuentes, 2014). Navedeni agensi gutanjem tj. ishranom dospijevaju u probavni sustav kukca te pritom dolazi do otpuštanja toksina i drugih patogenih faktora koji uzrokuju proliferiraciju probavnog sustava i dovode do septikemije (Glare i sur., 2017). Prvi simptomi su prestanak ishrane, a nakon nekog vremena dolazi do smrti kukca. Bakterije koje se koriste kao bioinsekticidi može se pronaći u svim taksonomskim skupinama (tablica 2.3.)

Tablica 2.3. Vrste bakterija koje su u uporabi kao bioinsekticidi

	Rod	**Vrsta**
Gram pozitivne	*Bacillus*	*B. thuringiensis*
	Lysinibacillus	*L. sphaericus*
	Paenibacillus	*P. popiliae*
		P. larvae
	Brevibacillus	*B. laterosporus*
		B. brevis
	Melissococcus	*M. pluton*
	Enterococcus	*E. faecalis*
	Streptococcus	*S. pernyi*
	Clostridium	*C. brevifaciens*
Gram negativne	*Xenorhabdus*	*X. nematophila*
	Serratia	*S. entomophila*
	Photorhabdus	*P. luminescens*
	Pseudomonas	*P. aeruginosa*
		P. entomophila
	Chromobacterium	*C. subtugae*

Izvor: Jurat-Fuentes i Jackson, (2012)

Osnova svih pripravaka na bazi bakterija jesu spore/kristali koji nastaju tijekom sporulacije bakterija (Vasiljević i Injac, 1974). Najpoznatiji predstavnici ove skupine jesu pripravci na osnovi bakterije *Bacillus thuringiensis*.



Slika 2. Kristali bakterije *B. thuringiensis*

Izvor: http://www.biologicalcontrol.info/bt-and-gmos.html

Produkti ove bakterije nisu toksični za ljude zbog pH probavnog sustava čovjeka. Naime probavni sustav čovjeka kisele je reakcije dok je probavni sastav kukca bazičan. U bazičnom mediju dolazi do razgradnje kristala (slika 2.) i otpuštanja toksičnih proteina (Grabež, 2018) dok u kiselom ne. Danas, ne samo da postoje pripravci na osnovi navedene bakterije već su se razvile i genetski modificirane biljke koje su sposobne proizvesti toksične kristale (Glare i sur., 2017).

Entomopatogene gljive

Prema Igrc Barčić i Maceljski (2001) postoji više od 500 vrsta entomopatogenih gljiva. Ivezić (2008) također navodi entomopatogene gljive kao najraširenije organizme koji se koriste za suzbijanje štetnih kukaca. Pojedine vrste imaju širok raspon domaćina (više od stotinu), dok su, s druge strane, pojedine visokospecifične za određene štetnike (Sinha i sur., 2016). Jedne od komercijaliziranih i najčešće korištenih entomopatogenih gljiva su *M. anisopliae* i *B. bassiana* koje parazitiraju na vrstama iz redova Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Homoptera i Hymenoptera (Sinha i sur., 2016). Osnovni princip prema kojem se odvija proces suzbijanja štetnih kukaca jest sposobnost spora entomopatogenih gljiva da, kada dođu u kontakt s kukcem, klijaju i hifama probijaju kutikulu te tako izazivaju smrt koja je povezana s otpuštanjem toksina (Ivezić, 2008).

Entomopatogeni virusi

Unatoč čestom poimanju virusa u negativnoj konotaciji, zbog njihove sposobnosti uzrokovanja humanih, ali i biljnih bolesti, virusi su više nego dobrodošli u okviru biološkog suzbijanja štetnika. Mnogi štetnici podložni su virusnim infekcijama stoga se oni mogu iskoristiti u biološkom suzbijanju istih (Ibarra i Del Rincón-Castro, 2008). Daleko najznačajniji su virusi koji pripadaju skupini bakulovirusa. Tu se ubrajaju virus poliedrije i virus granuloze (slika 3.).



Slika 3. Gusjenica kupusovog moljca nakon tretmana virusom granuloze

Izvor: https://www.mindenpictures.com/search/preview/a-brassica-pest-the-small-cabbage-white-butterfly-caterpillar-pieris-rapae/0_80103065.html

Iako su potpuno neopasni za čovjeka, još uvijek postoji određeni stupanj zaziranja prema primjeni virusnih pripravaka. Primjena virusa u suzbijanju štetnika zahtjeva, zbog visoke specifičnosti, točnu determinaciju štetnika. Također, zbog fotolabilnosti, preporučuje se primjena pri oblačnom vremenu ili u sumrak (Weinzierl i sur., 1995).

2.3.3. Naturaliti

Naturaliti, odnosno derivati mikroorganizama, skupina su bioloških insekticida čije djelatne tvari potječu iz prirodnih procesa poput fermentacije u bakterijama (Bažok, 2018). Derivati su najčešće dobiveni od mikroorganizama koji su stanovnici tla. Aerobnom fermentacijom aktinomicete *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990 nastaju spojevi spinosini od kojih daljnjom obradom nastaje spinosad, jedan od najkorištenijih naturalita (Glückselig i sur., 2018). Uz spinosad važno mjesto zauzima i abamektin, derivat mikroorganizma *Streptomyces avermitilis* Kim & Goodfellow 2002, koji osim insekticidnog posjeduje i akaricidno djelovanje (Bažok, 2019). Unatoč činjenici da se ubrajaju u neznatno opasna sredstva (spinosad) i da su prirodnog porijekla, a u nekim državama imaju dozvolu i za primjenu u ekološkoj proizvodnji, mogu imati negativan učinak na oprašivače i druge korisne organizme iz reda Hymenoptera (Nasreen i sur., 2000). Zbog otrovnosti spinosina na pčele njihova primjena nije dozvoljena u vrijeme cvatnje te leta pčela (Brett i sur., 1997; Čačija i sur., 2018; Bažok, 2019).

2.3.4. Botanički insekticidi

Biljke su, tijekom evolucije, kako bi se zaštitile od raznih nametnika razvile obrambene mehanizme, a kao nusproizvod kemijskih obrambenih mehanizama nastaju sekundarni kemijski spojevi koje nazivamo sekundarni biljni metaboliti. Znanstvenim je istraživanjima dokazano da neki od tih spojeva imaju insekticidna, akaricidna, nematocidna, fungicidna i druga djelovanja. Prakash i Rao (1997) opisuju 866 različitih biljnih vrsta koje sadrže pesticidne supstance. Predstavnici ove grupe insekticida bili su: piretrin, neem (azadirahtin), rotenon, nikotin, derris, limonen, quassia i camfor (Duke, 1990). Nikotin i rotenon više nisu u uporabi, a najvažniji su neem i piretrin.

Komercijalni registrirani botanički pripravci

Botanički pripravci prolaze zakonski reguliran postupak registracije kao i kemijski pripravci. Danas na tržištu dozvolu kao insekticidi imaju samo pripravci na osnovi aktivne tvari azadirahtin i pripravci iz skupine piretrina. Azadiraktin potječe iz indijske biljke *Azadirachta indica* Juss, 1830, a učinkovit je na oko 200-tinjak vrsta kukaca, grinja i nematoda. Djeluje kao regulator rasta i odbija/smanjuje ishranu kukaca. Piretrini su skupina najstarijih biljnih insekticida. Izolirani su iz cvjetova krizanteme *Tanacetum coccineum* Willd. i *T. cinerariifolium* Trevir. poznatiji kao dalmatinski buhač. Piretrini uzrokuju brzu paralizu štetnika, no štetnici se nakon nekog vremena mogu oporaviti jer su sposobni metabolički razgleaditi manje doze piretrina u organizmu (Gotlin Čuljak i sur., 2019).

Komercijalni neregistrirani botanički pripravci

„„Uradi sam“ botanički pripravci za suzbijanje štetnih organizama, uz svoje pozitivne ekološke strane, imaju i ekonomsku korist za proizvođača jer je njihova proizvodnja jednostavna i ekonomski isplativija od kupnje gotovih komercijalnih pripravaka“ Gotlin Čuljak i sur. (2019).

S obzirom na namjenu, tri su grupe biljaka koje se koriste u zaštiti od štetnika:

- biljke koje ubrzavaju rast drugih biljaka kako bi što brže prošle kroz osjetljivi stadij, a služe i kao gnojivo
- biljke koje djeluju protiv štetnika
- biljke koje djeluju protiv uzročnika biljnih bolesti

Prema Gotlin Čuljak i sur. (2019) postoje tri osnovna recepta za izradu botaničkih pripravaka za suzbijanje štetnih organizama u kućnoj radinosti:

- biljni čaj – dobiva se prelijevanjem svježe ili osušene biljke ili određenog biljnog dijela uzavrelom vodom; takva mješavina se ostavlja pokrivena 10 – 15 minuta nakon čega se sadržaj procijedi,
- biljna juha – dobiva se kada se točno određena i propisana količina biljnog materijala namače u vodi kroz 24 sata nakon čega se sadržaj prokuha te se oko pola sata lagano

kuha na malom plamenu; juha se mora do kraja ohladiti nakon čega se sadržaj procijedi,

- biljni ekstrakt – dobiva se od svježeg ili suhog bilja prethodno namočenog u hladnoj vodi; dobiveni ekstrakt smije stajati do nekoliko sati, a najviše jedan dan pri čemu ne smije doći do razvoja fermentacijskih procesa.

Iako se na internetskim stranicama može naći mnogo recepata za izradu pripravaka za suzbijanje štetnika, treba naglasiti kako ne postoje znanstveno potvrđeni podaci o njihovoj učinkovitosti i mogućnoj toksičnosti za ljude i životinje.

Nadalje, u raznim trgovačkim centrima dostupni su gotovi proizvodi koji nisu prošli postupak registracije i uglavnom im je namjena jačanje otpornosti biljke, a ne cidno djelovanje (Gotlin Čuljak i sur., (2019).

Formulacije bioinsekticida

Formulacije bioinsekticida u većini se slučajeva ne razlikuju od formulacija kemijskih pripravaka. Srž problema pri formuliranju bioinsekticida jest njegova živa priroda. Kako je ranije navedeno bioinsekticidi obuhvaćaju prirodne neprijatelje, nematode, gljive, bakterije i ostale organizme koji moraju biti vitalni kako bi obavili funkciju, tj. kako bi bili u stanju suzbiti štetnika (Teicher, 2017). Bioinsekticidi najčešće su formulirani kao suhi pripravci (prašci, granule...) dok se na tržištu može naći i tekuće formulacije. Tekuće formulacije češće su korištene u proizvodnji pripravaka na osnovi biljnih insekticida, naturalita i slično (Gašić i Tanović, 2013). Prirodni neprijatelji formulirani su u obliku jaja ili kukuljica lijepljenih na različite podloge (kartončiće, trake i slično) ili u pakiranjima raznih volumena. Formulacija bioinsekticida treba omogućiti dugu vitalnost aktivne tvari, jednostavnu primjenu različitim tehnikama te učinkovitost pripravka (Teicher, 2017).

2.4. Načini biološkog suzbijanja

Tri su osnovna načina biološkog suzbijanja štetnih organizama: klasičan, augmentativan i konzervacijski (Igrc Barčić i Maceljski, 2001; Holmes i sur., 2016).

Klasičan način (introdukcija, unošenje)

Klasičan način biološkog suzbijanja štetnika uključuje unošenje prirodnih neprijatelja iz postojbine štetnika na novi lokalitet u kojem prirodno nisu prisutni (Igrc Barčić i Maceljski 2001, Bala Sanda i Sunsui, 2014). Najčešće se primjenjuje kod invazivnih štetnih vrsta zbog neprilagođenosti prirodnog ekosustava na novog člana (u novom okruženju ne postoje prirodni neprijatelji). Cilj je pronalaženje učinkovitog prirodnog neprijatelja i njegovo unošenje u područje u kojem je prisutan štetni organizam, a da pri tome svi uvjeti za razvoj prirodnog neprijatelja budu povoljni kako bi se on u budućnosti mogao održavati u dovoljnoj populaciji bez ili sa minimalnim utjecajem čovjeka (Bala Sanda i Sunsui, 2014). Unosu prirodnog neprijatelja u novo područje prethode strogi testovi utvrđivanja rizika unosa.

Osnovni preduvjet za klasičan način biološkog suzbijanja jest postojanje prirodnog neprijatelja u prirodnoj postojbini štetnog organizma. Prema Harris i Zwölfer (1986) pri unosu prirodnog neprijatelja potrebno je staviti naglasak na njegovu biologiju s posebnim osvrtom na sposobnost vrste da se prilagodi ishrani. Važno je utvrditi biljke domaćine kukaca srodnih onomu kojeg se proučava, te utvrditi mogućnost ishrane drugim organizmima srodnim onima koje želimo suzbijati. Također, važno je utvrditi čimbenike koji su doveli do ishrane drugim organizmima te provesti test izgladnjivanja.

Augmentativan način (augmentacija)

Prema Bala Sanda i Sunsui (2014) augmentativan način biološkog suzbijanja obuhvaća povremeno ispuštanje ili razmještanje postojećih prirodnih neprijatelja. Najčešće ovakav način podrazumijeva uzgoj prirodnog neprijatelja u laboratoriju i njegovo ispuštanje u objekt, sakupljanje prirodnog neprijatelja u nekom drugom okruženju i njegovo donošenje u objekt u kojem se želi obaviti biološko suzbijanje ili pak kupnju prirodnog neprijatelja od ovlaštenog dobavljača tzv. bioinsekticidi. Kod ovog načina opisuju se dva smjera: inokulativna i inundativna augmentacija. Inundativna augmentacija uključuje ispuštanje većeg broja prirodnih neprijatelja kako bi se spriječile štete kada je populacija štetnika veća od ekonomskog praga štetnosti i predstavlja kurativnu mjeru. Ispuštena količina prirodnih neprijatelja najčešće se ne održi u dovoljnoj populaciji kako bi spriječila daljnje štete. Suprotno tome kod inokulativne augmentacije ispušta se mali broj prirodnih neprijatelja dok je populacija štetnika niska te se očekuje razmnožavanje prirodnih neprijatelja te njihova stalna prisutnost. Inokulativna augmentacija sličnija je preventivnim mjerama (Bala Sanda i Sunsui, 2014; Polosky, 2015)

Augmentativan način biološkog suzbijanja najčešće je prisutan u zaštićenim prostorima gdje se na početku proizvodne sezone unose prirodni neprijatelji, a s krajem sezone nestaje štetnika te s njima nestaju i prirodni neprijatelji (zbog nedostatka hrane, domaćina) pa je na početku iduće sezone potrebno ponovno ispuštanje prirodnih neprijatelja. Prema Dreistadt (2014) ključ uspješne augmentacije jest pažljivo planiranje. Važno je praćenje populacije štetnika i određivanje točnog vremena ispuštanja. Ukoliko je populacija štetnika već iznad kritičnog broja, a štete su učinjene, ne može se očekivati visoki učinak augmentacije (Dreistadt, 2014).

Konzervacijski način (očuvanje)

Konzervacijski način podrazumijeva očuvanje i/ili stvaranje povoljnih uvjeta autohtonim prirodnim neprijateljima to jest nastojanje da se svim postupcima koje provodi čovjek što manje šteti prirodnim neprijateljima. Naglasak je na poboljšanju uvjeta koji omogućuju razvoj prirodnih neprijatelja čime se na prvom mjestu postiže veća bioraznolikost što je glavni cilj ekološke, ali integrirane proizvodnje (Igrc Barčić i Maceljski, 2001; Bala Sanda i Sunsui, 2014; Polosky, 2015). Kod ovog načina biološke zaštite najveću ulogu ima način gospodarenja tlom i agrotehničke mjere (Igrc Barčić i Maceljski, 2001). Jedna od glavnih mjera koja pomaže očuvanju prirodnih neprijatelja jest minimalna pokrivenost tla. Igrc Barčić i Maceljski (2001) ističu kako golo tlo smanjuje mogućnost preživljavanja i brojnost prirodnih neprijatelja te da je biljni pokrov mnogo pogodnije stanište za prirodne neprijatelje. Biljni pokrov ne samo da je stanište prirodnim neprijateljima već im služi i kao

izvor hrane jer se mnoge vrste hrane peludom i nektarom. Igrc Barčić i Maceljski (2001) navode kako se u Zapadnoj Europi ostavljanje neobrađenih i nezasijanih pojasa uz rub parcela novčano potiče. Odnedavno je i u Republici Hrvatskoj usvojen takav način gospodarenja u poljoprivredi. Program ruralnog razvoja koji se odnosi na agro-okoliš sastoji se od 22 mjere od kojih 11 ima utjecaj na očuvanje prirodnih neprijatelja. Mjere koje se posebno potiču su: zatravnjivanje trajnih nasada, konzervacijski sustavi obrade tla, sjetva cvjetnih traka i pokrovnih usjeva i tako dalje (Bažok i sur., 2014; NN 21/2019, 2019).

2.5. Prednosti i nedostaci biološkog suzbijanja

Prema Igrc Barčić i Maceljski (2001) za uspješnu primjenu prirodnih neprijatelja važno je zadovoljiti sljedeće uvjete:

- točna identifikacija štetnika,
- točna i pravodobna procjena opasnosti,
- izbor optimalnog agensa s obzirom na konkretne uvjete,
- utvrđivanje optimalnog roka ispuštanja, te broja i rokova ponavljanja,
- poznavanje proizvođača agensa koji jamči kvalitetu i brzu dostavu pošiljke,
- pravilno skladištenje pošiljke do trenutka ispuštanja i
- pripremljen objekt u koji se ispušta prirodni neprijatelj.

Iz navedenog se može zaključiti da je osnovi preduvjet za uspješnu provedbu biološkog suzbijanja znanje. Brojne su prednosti biološkog suzbijanja u odnosu na kemijske načine suzbijanja. Visoka specifičnost bioinsekticida jedna je od glavnih prednosti navodi Chattopadhyay i sur. (2017). Bioinsekticidi pošteđuju prirodne neprijatelje koji su od velike važnosti u suzbijanju štetnika. Iako je visoka specifičnost (parazitoida) jedna od glavnih prednosti, ona ujedno predstavlja i nedostatak. S druge strane pojedini kemijski pripravci imaju širok spektar djelovanja što poljoprivrednu proizvodnju čini jeftinijom. Prema Stevens i sur. (2000) troškovi biološkog suzbijanja stakleničkog štitastog moljca u zaštićenim prostorima do 300% su viši u odnosu na troškove klasičnog kemijskog suzbijanja toga štetnika. Iz navedenog je razvidno zašto poljoprivredni proizvođači imaju slabiji interes za biološko suzbijanje štetnih organizama. Nasuprot navedenom, Bale i sur. (2008) utvrđuju kako je biološko suzbijanje u konačnici isplativije jer troškovi sinteze, toksikološke procjene i marketinga novog insekticida višestruko premašuju troškove istih istraživanja bioloških agenasa. Navode da se važna dobit postiže dugoročno, planiranom i kontroliranom uporabom bioinsekticida.

Kontrolirana uporaba bioinsekticida ključna je u sprječavanju razvoja rezistentnosti štetnih organizama na iste. Unatoč pretpostavkama o nemogućnosti razvoja rezistentnosti na bioinsekticide već 1990-ih godina istraživanja dokazuju rezistentnosti ekonomski važnih štetnika na *Bt* pripravke te genetski modificirane biljke (McGaughey, 1994; Jakka i sur., 2016).

Dugoročan povoljan učinak bioinsekticida očituje se u povoljnim utjecajima na okoliš. Prirodni neprijatelji jednom uneseni sposobni su razmnožavati se u dovoljnom broju kako bi štetnike držali ispod ekonomskog praga štetnosti. Ipak, potrebno je određeno vremensko razdoblje za razvitak populacije prirodnih neprijatelja kako bi učinak bio vidljiv (Bale i sur., 2008). Kod primjene prirodnih neprijatelja u zaštićene prostore važno je da je domaćin stalno prisutan (ispod ekonomskog praga štetnosti) kako bi se populacija prirodnog neprijatelja mogla održati jer se na taj način postiže samoodrživost agroekosustava.

Jedna od glavnih prednosti bioinsekticida jest niska razina rezidua. Primjenom bioloških agenasa rizik od rezidua u hrani, vodi, tlu sveden je na minimum. S obzirom na nepostojanje rezidua perzistentnost bioinsekticida je upitna. U većini slučajeva bioinsekticidi su kratke perzistentnosti stoga je potrebno pojedine agense višekratno unositi. Primjer bioinsekticida kratke perzistentnosti jesu pripravci na osnovi virusa i bakterija. Naime, različiti okolišni čimbenici utječu na učinkovitost navedenih pripravaka zbog njihove žive prirode. Najveći utjecaj na učinkovitost imaju UV zračenje, padaline, temperatura kao i fiziologija same biljke na koju je pripravak primijenjen, stoga je ključno pripravke takvog tipa primijeniti pravilno navode Kalha i sur. (2014).

Velika prednost biološkog suzbijanja jest kratka karenca ili pak njeno nepostojanje. Navedena činjenica daje prednost bioinsekticidima pred kemijskim pripravcima jer nakon primjene bioinsekticida ulaz na/u tretiranu površinu/objekt ne predstavlja rizik za zdravlje (Marrone, 2018).

Bioinsekticidi (posebno prirodni neprijatelji te pripravci na osnovi spora bakterija i gljiva ili pak entomopatogene nematode) često imaju kratak rok trajanja. Do skraćivanja roka trajanja može doći uslijed nepravilnog skladištenja. O'Neill i sur. (2014) naglašavaju kako je temperatura važan čimbenik pri skladištenju biopesticida. Ističu kako većina biopesticida zahtjeva skladištenje na oko 4-8 °C te da je kontakt sa izravnom sunčevom svjetlošću nepoželjan kao i zamrzavanje. Prilikom skladištenja ili primjene bioinsekticida važno je pročitati upute. Pojedini bioinsekticidi ne trpe ponovno korištenje. Jednom otvoreno pakiranje, naglašavaju O'Neill i sur. (2014), treba jednokratno biti iskorišteno. Pri ponovnoj uporabi već otvorenog bioinsekticida može se očekivati smanjena učinkovitost ili njen izostanak.

Nedostatak bioinsekticida je kratak rok skladištenja, no najnovija istraživanja kreću se u smjeru otkrivanja novih formulacija koje će biti prikladnije za dulje skladištenje (Damalas i Koutroubas, 2018).

U konačnici bioinsekticidi trebali bi biti ekonomični za proizvodnju, postojane stabilnosti pri skladištenju i visoke rezidualne aktivnosti. Osim toga trebali bi biti i jednostavni za rukovanje te kompatibilni sa drugim pripravcima, ne samo biološkim već i kemijskim (Gašić i Tanović, 2013).

2.6. Razvoj tržišta bioinsekticida u svijetu i Republici Hrvatskoj

Na razvoj tržišta biopesticida utječu mnogi čimbenici. Svjetska prodaja bioinsekticida 1990. godine bila je procijenjena na 120 milijuna USD, što predstavlja manje od 0,5% tadašnjeg tržišta agrokemikalija. Više od 90% prodaje bioinsekticida zastupljeno je jednom vrstom proizvoda: pripravkom na bazi aktivne tvari *B. thuringiensis*. Već 1995. godine biopesticidi čine 1,3% ukupne svjetske prodaje agrokemikalija te se nastavlja pozitivan trend rasta (Mordor Inteligence, 2018). Saznanja o štetnim učincima kemijskih pripravaka jedan su od najvažnijih pokretača industrije bioinsekticida (Borak, 2019). Štetni učinci ne obuhvaćaju samo problem rezidua pesticida u hrani, vodi, tlu već i problem rezistentnosti koji je nastao zbog nestručne i nerazborite primjene kemijskih pripravaka. Tako je poljoprivreda primorana potražiti druga, ekonomičnija, i za prirodu, prihvatljivija rješenja u suvremenoj zaštiti bilja. Također, konvencionalnu proizvodnju smjenjuje model integrirane proizvodnje koja između ostalog, potiče korištenje kemijskih mjera suzbijanja tek kada su iscrpljene sve druge mogućnosti što biološki način suzbijanja, a time i bioinsekticide, dovodi u prvi plan. Između ostalog, dolazi do promjena u zahtjevima potrošača. Potrošačka svijest o štetnim posljedicama kemijskih pripravaka te težnja ka proizvodima ekološkog porijekla pozitivno utječe na tržište bioinsekticida. Povećanje ulaganja industrijskih giganata u modifikacije tehnika uzgoja potiču udio industrije biopesticida. BioWorks Inc., Syngenta, BASF, Bayer, DuPont, Stoller, Koppert, ADAMA Agricultural Solutions, Valent BioSciences Corporation, Dow, Futureco Bioscience, i Nufarm Limited su neki od ključnih sudionika na tržištu bioinsekticida (Borak, 2019). Trenutno postoji manje aktivnih tvari bioinsekticida registriranih u EU nego u SAD-u, Indiji, Brazilu ili Kini. Pretpostavlja se da je razlog tomu složenija procedura registracije bioinsekticida u Europi nego drugdje u Svijetu. Bioinsekticidi u Europi prolaze jednake parametre procjene kao i kemijski pripravci što zasigurno zahtjeva promjene u postojećem zakonodavstvu (Damalas i Koutroubas, 2018). Složenost propisa pri registraciji bioinsekticida rezultira i relativno niskom stopom istraživanja vezanih za bioinsekticide. Damalas i Koutroubas (2018) ukazuju na potrebu promjene zakona te izradu novih smjernica za registraciju biopesticida u Europi koje bi omogućile daljnji rast europskog tržišta biopesticida. Prema podacima Đorđević (2008), 2008. je u svijetu bilo registrirano 185 bioinsekticidinih pripravaka. Najveći broj pripravaka kao aktivnu tvar sadrži bakterije, zatim po brojnosti slijede pripravci čija su aktivna tvar gljive te pripravci čije su aktivne tvari nematode. Na tržištu SAD-a dostupno je više od 200 proizvoda, dok je na području Europske Unije dostupno svega 60 analognih proizvoda (Damalas i Koutroubas, 2018). Iako se uporaba bioinsekticida na globalnoj razini povećava za gotovo 10% svake godine, prema najnovijim podatcima postoje potrebe za daljnje povećanje toga tržišta.

Hrvatsko tržište biopesticida

Na hrvatskom tržištu bioinsekticida prema Igrc Barčić i Maceljski (2001), 1999. registrirano je bilo 8 pripravaka (većina na bazi *Bt*, jedan na osnovu gljive i dva botanička insekticida). Od tada nije promijenjena zakonska stavka o registraciji bioinsekticida stoga oni još uvijek prolaze jednaku evaluaciju kao i sintetička sredstva za zaštitu bilja. Osim

registriranih bioinsekticida, navode Igrc Barčić i Maceljski (2001), u Hrvatsku je bio omogućen uvoz prirodnih neprijatelja po skraćenom postupku registracije. Danas je na hrvatskom tržištu registriran 41 makrobiološki pripravak (tablica 2.4.), 9 mikrobioloških pripravaka (tablica 2.5.), 10 pripravaka na osnovi naturalita (tablica 2.6.) i 7 pripravaka na osnovi botaničkih insekticida (tablica 2.7.).

Tablica 2.4. Ponuda makrobioloških pripravaka u Republici Hrvatskoj

Aktivna tvar	**Naziv proizvoda**
Aphidius colemani	Aphidius Sistem
	Aphidius mix Sistem
	Aphibank
	Aphipar
Aphidius ervi	Ervi M sistem
	Ervibank
	Ervipar
Amblyseius degenerans	Thripans
Amblyseius californicus	Californicus Sistem
	Spical
Amblyseius swirskii	Swirski sistem
	Swirski Mite
Amblyseius cucumeris	Amblyseius Sistem
	Thripex (Plus)
Diglyphus isaea	Mygliphus
Dacnusa sibirica + Diglyphus isaea	Minex
	Diminex
Dacnusa sibirica	Minusa
Encarsia formosa	Encarsia sistem
	En-Strip
E. formosa/Eretmocermus aeremicus	Enermix
Eretmocermus aeremicus	Eretmocermus i Eretmix sistem
	Ercal
Eretmocermus mundus	Mundus sistem
	Bemipar
Eretmocermus eremicus/mundus	Bemimix
Feltiella acarisuga	Spidend
Heterorhabditis bacteriophora	Nematop
	Nemagreen
Heterorhabditis bacteriophora	Larvanem

Hypoaspis aculifer/miles	Entomite
Hypoaspis aculeifer	Entomite Aculifer
Hypoaspis miles	Entomite Miles
Macrolophus caliginosus	Macrophulus i Macrophulus N sistem
Nesidiocoris tenius	Nesibug
Orius spp.	Orius sistem
	Thripor
Phytoseiulus perisimilis	Spidex
Steinernema feltiae	Mirical
	Entonem
	Nemacel
	Nemaflor
	Nemaplus
	Nemapom
Steinernema carpocapse	Nemastar

Izvor: Zeleni Hit (2019), Kadmo (2019), Colić Trade (2019), ProEco (2019)

Tablica 2.5. Registrirani mikrobiološki pripravci u Republici Hrvatskoj

Aktivna tvar	**Naziv proizvoda**
Verticilium lecanii	Mycotal
Trichogramma brassicae	Tricho-Strip
Bacillus thuringiensis	Dipel
	Baturad WP
	Biobit WP
	Foray 48 B
	Novodor
Cydia pomonella granulovirus	Madex
	Granupom
	Carpovirusine EVO 2

Izvor: FIS (2019)

Tablica 2.6. Registrirani pripravci na osnovi naturalita u Republici Hrvatskoj

Aktivna tvar	Naziv proizvoda
spinosad	Laser
	Success bait
spinetoram	Radiant
	Delegate
abamektin	Vertimec
	Kraft
	VertimecPro
	Apache
emamekitn bezoat	Affirm
	Affirm Opti

Izvor: Zeleni Hit (2019), Kadmo (2019), Colić Trade (2019), ProEco (2019), FIS (2019)

Tablica 2.7. Registrirani pripravci na osnovi botaničkih insekticida u Republici Hrvatskoj

Aktivna tvar	Pripravak
piretrin	Abanto
	Krissant
	Piretro Natura
	Asset
	Asset Five
	Terminator aphicid
	Bio Plantella Flora Kenyatox Verde Plus

Izvor: FIS (2019)

Na hrvatskom su tržištu registrirane sljedeće tvrtke koje se bave nabavom i prodajom bioinsekticida: Zeleni hit d.o.o, Colić Trade d.o.o. i Kadmo d.o.o., Proeco d.o.o., BioInput d.o.o. U Republici Hrvatskoj je trenutno najveća tvrtka koja posluje u okviru distribucije bioinsekticida Zeleni hit. Zeleni hit ekskluzivni je zastupnik za nizozemsku tvrtku Koppert čije se proizvode redovito može naći u ponudi.

Hrvatsko tržište bioinsekticida, prema riječima predstavnika tvrtke Zeleni hit, više je orijentirano na velike proizvođače poput Osatine, Belja i slično. Za primjenu bioinsekticida potrebna je visoka razina znanja što izravno utječe na kretanja tržišta bioinsekticida i učestalost njihove primjene. Činjenica da u Hrvatskoj samo 5% nositelja poljoprivrednih gospodarstava ima osnovno i puno poljoprivredno obrazovanje (Dumančić, 2015) pokazuje zbog čega je tržište biopesticida više orijentirano na velike proizvođače koji zapošljavaju

visokoobrazovane kadrove. Složen postupak unosa i održavanja prirodnih neprijatelja pridodaje slaboj upotrebi bioinsekticida. Ne manje važan razlog slabije zainteresiranosti poljoprivrednih proizvođača za korištenje prirodnih neprijatelja, jest činjenica da kemijska sredstva podliježu PDV-u u iznosu od 13%, dok je PDV za biološku zaštitu 25%.

3. Primjena bioinsekticida u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske

U zaštićenim prostorima Republike Hrvatske najzastupljenija je proizvodnja povrća te ukrasnog bilja. Danas se u proizvodnji u zaštićenim prostorima bioinsekticidi koriste češće nego u drugim sustavima proizvodnje zbog specifičnih uvjeta koji pogoduju razvoju i održavanju bioloških agenasa, a gdje su i prisutni ciljani štetni organizmi. Nadziranje proizvodnje u zaštićenom prostoru jednostavno je, kao i nadziranje gustoće populacije štetnika te samih uvjeta koji pogoduju razvoju prirodnih neprijatelja (Perdikis i sur., 2008).

3.1. Razlozi uvođenja biološke zaštite u suzbijanju štetnika u zaštićenim prostorima

Otkako su kemijski pripravci za suzbijanje štetnih organizama pokazali visoku učinkovitost, njihova uporaba i rad na otkrivanju novih aktivnih tvari naglo je porastao. Česta uporaba kemijskih pripravaka uzrokovala je probleme zbog kojih su biološki načini suzbijanja postali važna strategija suzbijanja štetnika. Najvažniji razlozi uvođenja biološke zaštite u zaštićene prostore su:

- rezistentnost: kod štetnika u zaštićenim prostorima postoji veća mogućnost pojave rezistentnosti zbog povoljnih uvjeta koji omogućuju razvoj većeg broja generacija štetnika. Istraživanje je pokazalo da su populacije kalifornijskog tripsa rezistentne na sve registrirane grupe insekticida u Republici Hrvatskoj (Juran i sur., 2018). Jednak problem postoji kod vrsta *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 te *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856 koji su jedni od najvažnijih štetnika zaštićenih prostora (Mandušić i sur., 2018). Tijekom projekta „Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja“ provedeno je istraživanje i anketiranje poljoprivrednih proizvođača na temu „Moguća pojava rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja“. Anketiranje je pokazalo da 91% ispitanika zna što je rezistentnost, no istovremeno ne razlikuje pojmove ključne za provođenje kvalitetne antirezistentne strategije. Slabiju učinkovitost insekticida uočilo je 38% ispitanika, a kao razlog tomu navode rezistentnost, lošu kvalitetu proizvoda, učestalu primjenu istih aktivnih tvari te neznanje. Pri suzbijanju štetnih organizama 11% ispitanika koristi samo sredstva za zaštitu bilja dok 36% čini što nalaže dobra gospodarska praksa: kombinira sve raspoložive mjere suzbijanja. U cilju smanjenja rezistentnosti, svega 3% ispitanika kombinira različite mjere suzbijanja štetnika, pridržava se propisanih doza te reduciraju broj tretiranja. Smatraju kako je uporaba različitih sredstava istovjetna uporabi različitih aktivnih tvari što ukazuje na potrebu za dodatnim edukacijama kako bi se povećala svijest o navedenom pojmu i tako pravovremenom primjenom antirezistentnih strategija usporila pojava iste (Gotlin Čuljak i sur., 2019).

- Karenca: povrtne kulture beru se u kratkim vremenskim intervalima i u više navrata te se konzumiraju najčešće u svježem stanju zbog čega postoji opasnost od ostataka sredstva za zaštitu bilja u proizvodu ukoliko nije prošao period karence. Pojava štetnika koji čine štete na plodu pred berbu velik je problem ukoliko ih se suzbija kemijskim pripravcima. Biološka zaštita iz tog je razloga u prednosti pred kemijskim pripravcima.
- Ekotoksikološki čimbenici: unatoč koristi od kemijskih pripravaka, negativne ekološke posljedice koje uzrokuje uporaba sredstava za zaštitu bilja sve više utječu na stavove konzumenata poljoprivrednih proizvoda. Onečišćenje podzemnih voda, tla, narušavanje prirodne ravnoteže ekosustava te rezidui sredstava za zaštitu bilja koji ostaju u hrani samo su neki od razloga sve veće upotrebe bioloških načina suzbijanja štetnika u zaštićenim prostorima. S tehnološkim napretkom došlo je do razvoja novih eko-toksikoloških testova koji omogućuju postavljanje strožih kriterija pri ocjenjivanju prihvatljivosti pesticida, stoga su mnogi insekticidi izgubili dozvolu, a pronalazak odgovarajuće zamjene dugotrajan je i skup.

3.2. Opis postupka uvođenja biološke zaštite u zaštićene prostore

Uvođenje biološke zaštite u zaštićeni prostor zahtjeva, poznavanje načina biološkog suzbijanja, poznavanje odnosa među prirodnim neprijateljima kao i dobru organizaciju i planiranje proizvodnje te redovito praćenje štetnika zbog vremena koje je potrebno prirodnim neprijateljima za početak djelovanja.

Pri unosu prirodnih neprijatelja za suzbijanje određenog štetnika važni su sljedeći uvjeti: kompatibilnost s domaćinom, prilagodba klimi, jednostavan masovni uzgoj, visoka stopa reprodukcije i učinkovitosti te niska mogućnost negativnog utjecaja na ne-ciljane organizme.
Za uspješnu provedbu biološke zaštite Messelink i sur., (2014) ističu važnost osiguravanja dodatnih resursa kao što su: alternativna hrana, domaćin, mjesto za odlaganje jaja ili sklonište. Također navodi kako je prednost zaštićenih prostora regulacija klime u korist prirodnih neprijatelja. Osim navedenog, za održavanje prirodnih neprijatelja u zaštićenom prostoru u slučaju niže populacije štetnika potrebno je osigurati dodatnu ishranu. Tvrtke koje prodaju prirodne neprijatelje najčešće u ponudi imaju i hranu za prirodne neprijatelje u obliku proteinskih proizvoda koji se dodaju prema potrebi. Moguće je dodatnu ishranu prirodnih neprijatelja unijeti u obliku štetnika, no za to je potrebno praćenje i poznavanje odnosa populacija štetnika i prirodnih neprijatelja (usmeno: Mesić, 2019).

S obzirom na dostupnost prirodnih neprijatelja na hrvatskom tržištu pri unosu preporuča se kontaktirati neku od hrvatskih tvrtki koje se bave prodajom bioinsekticida.

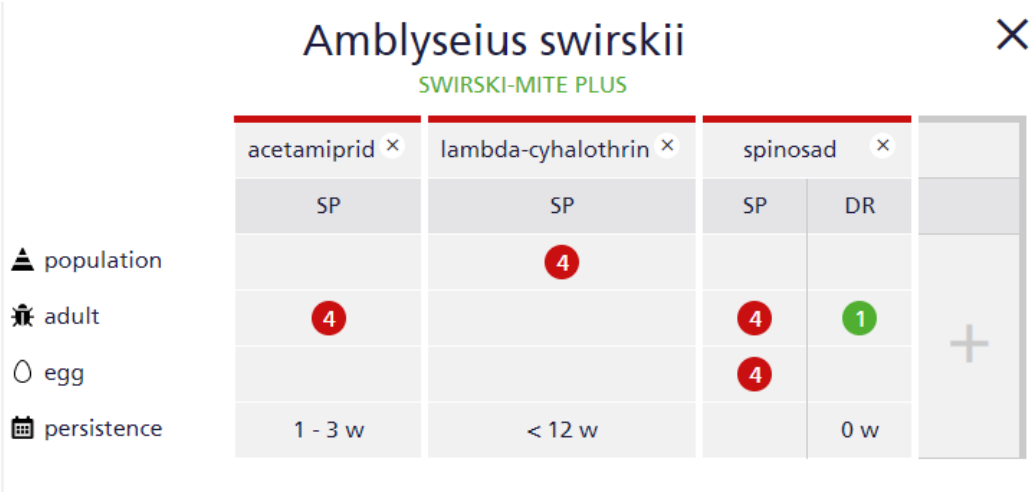
Opis postupka uvođenja prirodnih neprijatelja u zaštićeni prostor opisat će se prema informacijama dobivenima iz tvrtke Zeleni hit.

- Djelatnici tvrtke Zeleni hit prirodne neprijatelje uvoze iz Slovačke u koju odlaze jedanput tjedno.

- Prirodni neprijatelji proizvodi su tvrtke Koppert, a da bi bili svježi odnosno vitalni naručuju se i preuzimaju prema tjednoj potražnji.
- Djelatnici tvrtke Zeleni hit informiraju korisnike o pripravku i načinu primjene putem telefona, a nerijetko su prisutni na terenu provodeći ispuštanje prirodnih neprijatelja u objekte i educirajući korisnike.
- Od velikog je značaja poznavanje kompatibilnosti prirodnih neprijatelja i različitih skupina insekticida

Kako bi se spriječio negativan utjecaj kemijskih sredstava na prirodne neprijatelje, a time i poboljšala njihova učinkovitost, tvrtka Koppert razvila je aplikaciju „*Side effects*“ koja omogućuje korisnicima biološke zaštite jednostavnije planiranje uvođenja biološke zaštite. Cilj aplikacije je upozoriti korisnika na moguću nekompatibilnost prirodnog neprijatelja sa ranije primijenjenim kemijskim sredstvima (Koppert, 2019).

U aplikaciju je potrebno unijeti ime prirodnog neprijatelja te naziv aktivne tvari/pripravka koji je ranije primijenjen (ili kojega se planira primijeniti). Izgled sučelja prikazan je slikom 4.



Slika 4. Sučelje aplikacije „*Side effects*“

Izvor: https://sideeffects.koppert.com/?L=28

Aplikacija predviđa utjecaj primijenjenih aktivnih tvari/pripravaka na pojedine stadije prirodnih neprijatelja (jaje, ličinka, odrasli oblik) te na ukupnu populaciju. Također daje podatke o perzistentnosti sredstva izraženih u tjednima. U aplikaciji brojevima 1-4 označen je stupanj opasnosti za prirodnog neprijatelja. Na sličan način funkcionira i aplikacija tvrtke Biobest istog naziva. Obje aplikacije dostupne su i za mobilne uređaje te zahtijevaju minimalnu razinu znanja o biološkim agensima te poznavanje aktivnih tvari ili naziva pripravaka.

Tvrtka Zeleni Hit oprema tridesetak OPG-a i 6 velikih hidroponskih proizvođača. Tablica 3.1. prikazuje program biološke zaštite tvrtke Zeleni Hit u hidroponskom uzgoju rajčice iz 2018. godine.

Tablica 3.1. Program biološke zaštite rajčice u hidroponskom uzgoju

Datum	Naziv pripravka	Dodatak	Naziv prirodnog neprijatelja	Naziv štetnika
28.03.	Mirical	Entofood	*Macrolophus caliginosus*	*Trialeurodes vaporariorum* *Bemisia tabaci*
11.04.	Mirical	Entofood	*Macrolophus caliginosus*	
23.05.	Mirical	Entofood	*Macrolophus caliginosus*	
06.06.	En-Strip		*Encarsia formosa*	
21.06.	Aphidend		*Aphidoletes aphidimyza*	Aphididae
	Crysopa		*Chrysoperla carnea*	
	Aphilin		*Aphelinus abdominalis*	
04.07.	Apiphar M		*Aphidius colemani*	
	Aphidend		*Aphidoletes aphidimyza*	
	Crysopa		*Chrysoperla carnea*	
	Aphilin		*Aphelinus abdominalis*	
12.07.	Apiphar M		*Aphidius colemani*	
	Aphidend		*Aphidoletes aphidimyza*	
	Crysopa		*Chrysoperla carnea*	
	Aphilin		*Aphelinus abdominalis*	
22.07.	Apiphar M		*Aphidius colemani*	
	Aphidend		*Aphidoletes aphidimyza*	
	Crysopa		*Chrysoperla carnea*	
	Aphilin		*Aphelinus abdominalis*	
25.07.	Enermix		*Encarsia formosa* + *E. eremicus*	*Trialeurodes vaporariorum* *Bemisia tabaci*
16.08.	Enermix		*Encarsia formosa* + *E. eremicus*	
23.08.	Enermix		*Encarsia formosa* + *E. eremicus*	
05.09.	Enermix		*Encarsia formosa* + *E. eremicus*	
12.09.	En-Strip		*Encarsia formosa*	

Izvor: Fran Barić, Zeleni Hit (2019)

Razlog česte primjene prirodnih neprijatelja u navedenom primjeru jest intenzitet hidroponske proizvodnje rajčice u kojem su povoljni uvjeti za razvoj velikog broja generacija različitih štetnika. Pripravak Entofood je pripravak koji se dodaje u početku primjene pripravka Mirical radi dodatne ishrane *Macrolophus caliginosus* Wagner, 1951. U početku primjene brojnost štetnika nije dostatna za održavanje populacije prirodnog neprijatelja kako bi suzbijanje bilo učinkovito Entofood je dodatni izvor hrane kojeg čine jaja *Ephestia kuehniella* i *Artemia* spp. Entofood pripravak kao i pripravke na bazi grabežljivih grinja preporuča se primijeniti pomoću aplikatora Mini-Airbug (Koppert, 2019). Mini-Airbug je prijenosni uređaj koji radi na principu ventilatora koji ravnomjerno raspoređuje pripravak što omogućuje učinkovitije biološko suzbijanje.

3.3. Udio ekološke proizvodnje u ukupnoj proizvodnji u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske i ekonomska analiza troškova suzbijanja štetnika u integriranoj proizvodnji i u ekološkoj proizvodnji

Udio ekološke proizvodnje u ukupnoj proizvodnji u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske

Prema podatcima Državnog zavoda za statistiku (2019) u Republici Hrvatskoj je 2016. godine bilo registrirano 130 264 obiteljskih poljoprivredna gospodarstva, a samo 1 392 poljoprivredna gospodarstva bavila su se ekološkim uzgojem dok je u prijelaznom periodu bilo 2 649 gospodarstava (tablica 3.2.). Broj upisanih ekoloških proizvođača 2016. godine je 3 546 dok je 2018. registrirano 4 374 ekoloških proizvođača (tablica 3.3.). Trend rasta broja ekoloških proizvođača nije u potpunosti u skladu sa potrošnjom biopesticida. Iz tablice 3.4. vidljivo je da je 2013. godine prodano 7,44 kg, 2016. 0,77 kg, a 2017. je prodano 4,43 kg mikrobioloških i botaničkih pesticida. Statistički podaci o količini prodanih makrobioloških pripravaka na osnovi prirodnih neprijatelja nisu poznati stoga nije moguće utvrditi odnos između zastupljenosti integrirane i ekološke zaštite.

Tablica 3.2. Broj poljoprivrednih gospodarstava u Republici Hrvatskoj

	2010.	**2013.**	**2016.**
Poljoprivredna gospodarstva	233 280	157 450	134 459
Poslovni subjekti i njihovi dijelovi	2 210	3 036	4 181
Obiteljska poljoprivredna gospodarstva	231 070	154 400	130 264
Poljoprivreda gospodarstva s ekološkim uzgojem	600	710	1 392
Poljoprivredna gospodarstva u pripremi za ekološki uzgoj	310	1 200	2 649

Izvor: DZS (2019)

Tablica 3.3. Broj ekoloških poljoprivrednih subjekata u Republici Hrvatskoj

	2013.	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**	**2018.**
Poljoprivredni proizvođači	1 608	2 043	3 061	3 546	4 023	4 374

Izvor: DZS (2019)

Tablica 3.4. Prodaja pesticida po kemijskim skupinama

	2013.	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**
Insekticidi mikrobiološkog ili botaničkog podrijetla	7,46	7,10	4,44	0,72	4,43

Izvor: DZS (2019)

Može se pretpostaviti da intenzitet zaštite ovisi o tipu zaštićenog prostora i o tehnologiji uzgoja. Tako hidroponski uzgoj povrća zbog razine intenzivnosti proizvodnje zahtjeva mnogo veća novčana ulaganja od klasičnog plasteničkog uzgoja, a shodno tome veći je stupanj opreza kada je u pitanju zaštita nasada. Kada je riječ o zaštićenim prostorima na OPG-ovima, oni većinom ne prelaze 500 m² dok se hidroponski uzgoj odvija na površinama i po nekoliko hektara, stoga se razlikuje i sam pristup provođenju biološke zaštite u smislu ozbiljnosti pri primjeni prirodnih neprijatelja. Dok se zaštita u manjim plastenicima često svodi na svega 2-3 predatora i manji broj primjena, u hidroponskom uzgoju biološka zaštita je na višem nivou iz razloga što je biljka duži period u plasteniku, a samim time dulji je period izloženosti različitim štetnicima. Hidroponski uzgoj zahtjeva i višu razinu stručnog znanja što s jedne strane olakšava primjenu biopesticida.

Prema Eurostat (2013), u Republici Hrvatskoj 2013. godine, površine pod plastenicima iznose 410 ha. Udio zaštićenih prostora iznosio je 0,031% ukupnog korištenog poljoprivrednog zemljišta. S obzirom na nedostupnost novijih podataka o proizvodnji u zaštićenim prostorima, nije moguće utvrditi odnos između ekološke i integrirane proizvodnje.

Ekonomska analiza troškova suzbijanja štetnika u integriranoj proizvodnji i u ekološkoj proizvodnji

Integrirana zaštita bilja (IZB) sustav je zaštite koji podrazumijeva primjenu fizikalnih, mehaničkih, biotehničkih, te agrotehničkih mjera pri čemu je uporaba kemijskih mjera zaštite ograničena na najnužniju mjeru (FAO, 2019). IZB se kao takva spominje 1956. godine pri osnivanju IOBC-a. Već tada uvidjelo se da je intenzivna uporaba insekticida poremetila prirodnu ravnotežu, uništila prirodno prisutne antagoniste štetnika i omogućila razvoj štetnih organizama (Barić, 2014). Nasuprot tomu, ekološka poljoprivreda kao sustav pojavljuje se

tridesetih godina 19. stoljeća. Od tada, pa do danas, unutar ekološke poljoprivrede razvijeni su brojni smjerovi poput biodinamičke ili amiške poljoprivrede (Žutić, 2018). Načelno, ciljevi obaju sustava poljoprivredne proizvodnje su jednaki: visoka razina bioraznolikosti (poradi samoodrživosti agroekosustava), očuvanje okoliša i visokokvalitetni proizvodi. Glavnu ulogu u oba tipa proizvodnje ima agroekosustav u kojemu se poticanjem bioraznolikosti omogućuje uravnoteženo kruženje hranjiva radi zaštite plodnosti tla (Barić, 2014). Oba tipa proizvodnje naglašavaju važnost ne kemijskih i preventivnih mjera. Međutim, u ekološkoj je proizvodnji uporaba kemijskih sredstva za zaštitu bilja zabranjena, a dozvoljeni su samo biopesticidi, dok se u integriranoj proizvodnji uporaba kemijskih sredstava za zaštitu bilja racionalizira i dozvoljena je kada je prisutna populacija štetnika iznad ekonomskog praga štetnosti.

Kako u ekološkoj proizvodnji dopuštene mjere zaštite bilja često nisu dovoljne da bi spriječile ekonomske štete, niži su i prinosi u odnosu na konvencionalni i integrirani sustav proizvodnje. Međutim, cijena ekološkog proizvoda koji je kontroliran i certificiran ponekad je i nekoliko puta viša u odnosu na isti proizvod iz nekog drugog sustava proizvodnje. Pa su proizvodi iz integrirane ili konvencionalne proizvodnje prihvatljiviji i dostupniji i široj populaciji ljudi, za razliku od ekoloških proizvoda.

Kalifornijski trips (*Frankliniella occidentalis,* Pergande, 1895) važan je štetnik paprike koji razvija do 18 generacija godišnje i zahtjeva velik broj tretiranja u vegetacijskom razdoblju.

Kemijsko suzbijanje kalifornijskog tripsa potrebno je započeti kod početnog napada štetnika. Ekonomskim pragom štetnosti smatra se u prosjeku 10 uhvaćenih tripsa po plavoj ljepljivoj ploči. Tretiranje nasada insekticidima provodi se u razmacima od 3-4 dana, uz 2 do 3 aplikacije nekog od pripravaka djelotvornih na tripsa. U Republici Hrvatskoj je trenutno registrirano 7 pripravka za suzbijanje kalifornijskog tripsa u paprici u zaštićenom prostoru. Pripravci su na osnovi aktivnih tvari abamektina, parafinskog ulja, acetamiprida te spinosada te lambda cihalotrina. Pri primjeni kemijskih pripravaka važno je voditi računa o izmjeni pripravaka na osnovu aktivnih tvari iz različitih insekticidnih skupina kako bi se odgodila pojava rezistentnosti.

Prva pojava tripsa može se dogoditi već u fazi presadnica i tada je potrebno prema predlošku Syngenta-e primijeniti sredstvo Actara u dozi od 0,4-0,8 kg/ha. Tijekom vegetacije preporučena sredstva su Karate Zeon 0,15 l/ha i Vertimec 0,6-1,2 l/ha. Broj tretiranja ovisi o pojavi štetnika. Pretpostavka za izračun troškova jest razvoj 7 generacija štetnika. Prema preporukama za suzbijanje ovog štetnika, tretiranja treba obaviti po uočavanju zaraze i ponavljati ih u razmaku od 3-7 dana ovisno o sredstvu. Razdoblje od sadnje paprike do berbe traje 60-80 dana. Maloprodajna cijena navedenih sredstava je sljedeća: Actara (40 g) 77 kn, Karate Zeon (1 l) 380 kn, Vertimec (1 l) 569 kn, Mospilan (400 g) 368 kn. Tablicom 3.5. prikazani su troškovi kemijske zaštite paprike od kalifornijskog tripsa za površinu od 1 ha.

Tablica 3.5. Troškovi kemijskog suzbijanja kalifornijskog tripsa na 1 ha plastenika

Tretiranje	**Pripravak**	**Aktivna tvar**	**Doza/ha**	**Cijena**
1.	Actara	acetamiprid	0,6 kg/ha	115,5 kn
2.	Vertimec	abamectin	1 l/ha	569 kn
3.	Mospilan	acetamiprid	400 g/ha	368 kn
4.	Karate Zeon	lambda cihalotrin	0,16 l/ha	60 kn
5.	Actara	acetamiprid	0,6 kg/ha	115,5 kn
6.	Vertimec	abamectin	1 l/ha	569 kn
7.	Mospilan	acetamiprid	400 g/ha	368 kn
			UKUPNO	**2 165 kn**

Izvor: Original

S obzirom da su dva od dozvoljenih sedam pripravka na osnovi iste aktivne tvari, pri većoj pojavnosti štetnika u pitanje dolazi mogućnost primjene načela antirezistentne strategije tj. rotiranje sredstava na osnovu različitih aktivnih tvari iz različitih kemijskih skupina. Ukoliko se ne primjenjuju načela antirezistentne strategije, mogućnost pojave rezistentnosti je tim veća što štetnik razvija velik broj generacija godišnje. Uz čimbenik cijene zaštite ovog tipa treba uzeti u obzir negativne učinke kemijskih sredstava na podzemne vode, zdravlje ljudi koji primjenjuju sredstva i konzumiraju proizvode. Dobivenom iznosu treba još pribrojiti cijenu rada radnika i strojeva za primjenu navedenih sredstava.

Podatci o biološkom suzbijanju kalifornijskog tripsa dobiveni su od tvrtke Zeleni hit za plastenik površine 1 ha (tablica 3.6.). Za potpunu zaštitu paprike od kalifornijskog tripsa preporuča se kombinacija dva predatora: grinje *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, 1962 i stjenice *Orius insidiosus* Say, 1832. Grinja se unosi proizvodom komercijalnog naziva "Swirski ulti-mite", a proizvod koji sadrži stjenice naziva je "Thripor".

Standardna količina „Swirskii ulti-mite“ vrećica je jedna na svakih 2,5 m^2 plastenika. Količina se prilagođava ovisno o brojnosti tripsa. U ponudi je pakiranje od 500 vrećica po maloprodajnoj cijeni od 2000 kn. Za površinu od 1 ha potrebno je 8 pakiranja.

Orius insidiosus, koji se standardno unosi u količini od jedne jedinke na kvadratni metar plastenika, pakiran je u pakiranja od 500 odraslih jedinki. Za površinu od 1 ha potrebno je 20 pakiranja po maloprodajnoj cijeni od 450 kn. Na navedene cijene moguće je ostvariti i dodatan popust od 10%.

Tablica 3.6. Troškovi biološkog suzbijanja kalifornijskog tripsa na 1 ha plastenika

Naziv proizvoda	Količina potrebna za 1 ha	Cijena
Swirski ulti-mite 500	8	16 000 kn
Thripor 500	20	9 000 kn
	UKUPNO:	**25 000 kn**

Izvor: Fran Barić, Zeleni hit (2019)

Biološki način zaštite paprike od kalifornijskog tripsa 11 puta je skuplji od kemijskog načina zaštite. Konačni proizvod ekološkog uzgoja na tržištu ne postiže cijenu 11 puta veću naspram proizvoda iz integriranog uzgoja. Iz navedenog može se zaključiti da je biološka zaštita neisplativa ukoliko se u obzir uzima samo parametar cijene konačnog proizvoda. Troškovi biološke zaštite niži su u slučaju pravovremeno započetog praćenja štetnika te pravovremenog ispuštanja prirodnog neprijatelja.

4. Globalna perspektiva biološkog suzbijanja

Idealna strategija suzbijanja štetnika trebala bi biti učinkovita, ekonomična, ekološka i prihvatljiva za poljoprivrednike. Trebala bi biti specifična u svom djelovanju i usmjerena na veliki broj štetnih organizama, bez utjecaja na ne ciljane organizme (Mamta i Rajam, 2017). Primijenjena tehnologija suzbijanja štetnika bi trebala imati alternativni način, u slučaju razvoja rezistentnosti štetnika. Razvojem novih tehnologija stvaraju se nove mogućnosti suzbijanja štetnika. Tako biotehnolozi svakodnevno pronalaze nova rješenja, od otkrivanja novih agenasa za suzbijanje do rada na poboljšanju formulacija postojećih. U procesu stvaranja povoljnog i učinkovitog načina biološke zaštite sve veći značaj ima genetički inženjering. Stvaranje genetski modificiranih organizama (GMO) sa insekticidnim svojstvima, ne samo bakterije *B. thuringiensis* već i drugih organizama poput gljiva i virusa, postaje značajna mjera u suzbijanju štetnika. Transgeni pristupi nude mnoge prednosti u odnosu na tradicionalne načine suzbijanja. Oni su specifičniji u svom djelovanju protiv štetnika i proizvode insekticidne spojeve kontinuirano u velikoj količini u transgenim biljkama. Međutim, uporaba biotehnologije otvara pitanja o mogućem negativnom utjecaju GMO-a na ljude, životinje i okoliš i druge ne-ciljane vrste što predstavlja svojevrsnu prepreku daljnjim istraživanjima. Osim toga brzi razvoj rezistentnosti štetnika protiv insekticidnog toksina, neučinkovitost toksina protiv raznih štetnika, učinak na ne-ciljane organizme i na mikro okolinu glavni su nedostaci postojećih transgenih pristupa (Mamta i Rajam, 2017). Unatoč navedenom, dio društva korištenje genetski modificiranih organizama za suzbijanje sve više prihvaća, a komercijalna proizvodnja postupno dobiva na značaju. U bliskoj budućnosti, prema Kwenti (2017) genetski modificirani organizmi trebali bi postati najčešći komercijalno dostupni agensi za biološko suzbijanje.

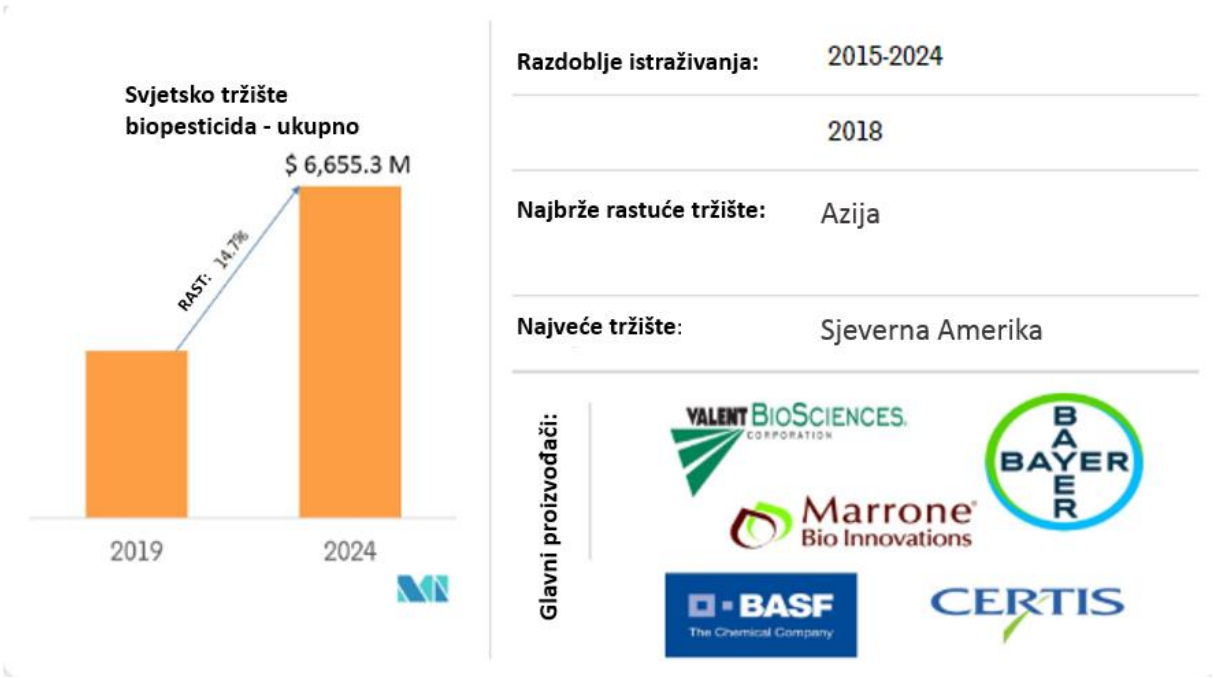
Područje koje u novije doba zauzima sve više prostora u biološkom suzbijanju jest nanotehnologija. Nanočestice se koriste u pripremi novih formulacija insekticida. Nanomaterijali dolaze u različitim oblicima, a osim insekticidnih svojstava mogu poboljšavati repelentna svojstva biljke ili pak imati utjecaj na svojstva formulacije sredstava za zaštitu bilja (Routray i sur., 2017). Osim navedenog, predviđa se da će tehnologija mikrokapsuliranja unaprijediti postojeće formulacije biopesticida, povećati njihovu stabilnost, povećati aktivnost molekula na ciljane organizme te poboljšati kompatibilnost. Za primjer, Kwenti (2017) navodi kako je *Bacillus subtilis* Cohn 1872, koji je naširoko korišten kao biološki agens u poljoprivredi, kratkog roka trajanja što ograničava njegovu uporabu. U studiji u kojoj je *B. subtilis* bio mikrokapsuliran upotrebom maltodekstrina, uočeno je da je srednja stopa preživljavanja *B. subtilis* bila viša od 90%, kada je sušenje raspršivanjem provedeno na 145 °C, uz brzinu protoka od 550 ml h-1 i tlak raspršivanja od 0,15 MPa. Rok trajanja je također bio značajno produljen u usporedbi s WP formulacijama (Kwenti, 2017).

Jedan od najnovijih trendova u području zaštite bilja je tehnologija utišavanja gena tzv. RNA interferencijska (RNAi) tehnologija (Kourti i sur., 2017). Smatra se kako će ova tehnologija ispuniti očekivanja savršenog sredstva za zaštitu bilja zbog visoke specifičnosti i minimalnog utjecaja na ne ciljane organizme, biorazgradivosti te minimalnog utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš. S obzirom da se agensi (ds RNA) proizvode enzimatski in vitro ili u genetski

modificiranim bakterijama, može se smatrati "prirodnim proizvodom" (biološkim sredstvom za zaštitu bilja). Međutim, RNAi tehnologija, kao i kod većine bioloških sredstava za zaštitu bilja, može biti manje učinkovita od konvencionalnih kemijskih pripravaka, a sporije djelovanje može zahtijevati višestruke primjene što uzrokuje više troškove proizvodnje, a zbog biološke prirode rok trajanja može biti niži. Prema Kourti i sur. (2017) RNAi pristup suzbijanja za sada je primjenjiv samo za štetnike iz reda Coleoptera: *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824 i *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868.

Razvoj tržišta bioinsekticida u budućnosti snažno je povezan s istraživanjima novih bioloških agenasa, stoga dolazi do potrebe veće međusobne suradnje velikih proizvođača bioinsekticida i istraživačkih instituta. S obzirom na sve veću svijest o prednostima bioinsekticida, nisu iznenađujuće procjene da će svjetsko tržište biopesticida premašiti rast prihoda od 2,5 milijardi USD do 2024. godine, iako je početna procjena iznosila 1,8 milijardi USD u 2016. godini (Borak, 2019). Predviđena stopa rasta europskog tržišta je 6,2% do 2024. (Borak, 2019).

Također, predviđa se da će uvođenje strožih pravila vezanih za sigurnost hrane uvelike imati utjecaja na navedeno tržište (Borak, 2019). S druge strane, očekuje se stagniranje tržišta sintetičkih proizvoda ili čak njegovo smanjivanje do 2040-ih (Dalamas i Koutroubas, 2018). Najbrži rast imati će azijsko tržište, dok će najveće tržište ipak biti Sjeverna Amerika (slika 5).



Slika 5. Budućnost svjetskog tržišta biopesticida

Izvor: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biopesticides-market-industry

Predviđanja o upotrebi biopesticida na obradivim površinama Europu stavljaju na treće mjesto, nakon Sjeverne Amerike te Azije koja je vodeća zemlja po površinama na kojima se koriste biopesticidi (Mordor Inteligence, 2018)

Unatoč predviđanjima, Dalamas i Koutroubas (2018) tvrde da biopesticidi ne mogu u potpunosti zamijeniti kemijske pripravke pa poljoprivredni sektor može i treba imati koristi od suživota bioinsekticida s kemijskim pripravcima.

Hrvatsko tržište bioinsekticida, unatoč navedenim problemima, nastavlja pozitivan trend rasta. Tako su krajnjim korisnicima sve dostupniji biološki pripravci, a uz njih i stručna pomoć pri aplikaciji te savjeti za daljnje održavanje populacije prirodnih neprijatelja. Većoj upotrebi bioinsekticida zasigurno bi doprinijelo smanjenje stope PDV-a od navedenih 25% na stopu jednaku (ili čak nižu) ostalim pesticidima.

U budućnosti bi kombinacija novih i tradicionalnih tehnologija suzbijanja trebala osigurati učinkovito i povoljno suzbijanje štetnih organizama. Također, uporaba bioinsekticida trebala bi omogućiti proizvodnju hrane konkurentnu i kvalitetom i troškovima.

5. Zaključci

Iz provedenog istraživanja literature može se zaključiti sljedeće:

- biološko suzbijanje obuhvaća izravnu ili neizravnu uporabu različitih organizama i njihovih proizvoda za suzbijanje štetnih organizama;
- u bioinsekticide ubrajaju se makrobiološki i mikrobiološki agensi, naturaliti te botanički insekticidi;
- tri osnovna tipa biološke zaštite su klasičan, augmentativan i konzervacijski;
- prednosti biološkog suzbijanja su visoka specifičnost, kratka karenca, nepostojanje rezidua, niska mogućnost pojave rezistentnosti te neotrovnost za okoliš, a nedostaci su relativno visoka cijena, potrebna visoka razina znanja za primjenu, kratak rok trajanja, kratka perzistentnost;
- razlozi uvođenja bioinsekticida u zaštićene prostore su: rezistentnost štetnika na kemijske pripravke, nepostojanje karence za biološke pripravke, povoljna ekotoksikološka svojstva bioinsekticida i mogućnost kontroliranja proizvodnih uvjeta;
- u europskim je zemljama registrirano manje bioinsekticida nego u drugim zemljama svijeta zbog složenijeg postupka registracije bioloških sredstava;
- tvrtke koje se bave prodajom bioinsekticida u Republici Hrvatskoj su: Zeleni Hit d.o.o., Colić Trade d.o.o., Kadmo d.o.o., ProEco d.o.o. i BioInput d.o.o.;
- na hrvatskom tržištu trenutno je registriran 41 makrobiološki, 9 mikrobioloških pripravaka, 10 pripravaka na osnovi naturalita i 7 pripravaka na osnovi botaničkih insekticida;
- udio ekološke proizvodnje u ukupnoj proizvodnji u zaštićenim prostorima Republike Hrvatske nije moguće utvrditi zbog nepotpunih statističkih podataka;
- biološka zaštita paprike od kalifornijskog tripsa 11 puta je skuplja od integrirane te je kao takva neisplativa ukoliko se gleda samo parametar cijene konačnog proizvoda što je jedan od glavnih razloga (uz nedovoljan stupanj obrazovanja poljoprivrednika) slabije zastupljenosti biološkog suzbijanja u Republici Hrvatskoj;
- smatram da bi idealna mjera poticanja proizvođača na korištenje biološke zaštite bila smanjenje PDV-a sa sadašnjih 25% za biološke pripravke na razinu istovjetnu onoj za kemijske preparate (13%);
- tržište biopesticida povećava se za gotovo 10% godišnje i predviđa se daljnji rast navedenog tržišta kako u svijetu tako i u Republici Hrvatskoj;
- u Republici Hrvatskoj je tržište biopesticida orijentirano na velike proizvođače zbog tehnologije i visokoobrazovanih kadrova što su ključni čimbenici za uspješno biološko suzbijanje štetnika;
- budućnost biološkog suzbijanja ogleda se u razvoju novih tehnologija genetičkog inženjeringa, nanotehnologiji, mikrokapsuliranju i tehnologiji utišavanja gena (RNAi),
- držim da je budućnost zaštite bilja u integriranom pristupu sa naglaskom na biološke mjere te da biološka zaštita nikada neće (ujedno i ne bi trebala) u potpunosti potisnuti kemijske pripravke te da je ključ u pronalaženju novih rješenja boljeg suživota kemijskih i bioloških pripravaka;
- uz navedeno držim važnom konstantnu edukaciju poljoprivrednika te preciznije vođenje statističkih podataka u poljoprivredi.

6. Popis literature

1. **Bala Sanda N., Sunsui M. (2014).** Fundamentals of biological control of pests, International Journal of Chemical and Biochemical Science, Vol. 1, No. 6
2. **Bale J.S., Van Lenteren J.C., Bigler F. (2008).** Biological control and sustainable food production, Philosophical Transactions B, Vol. 363 (1492), str. 761-766
3. **Baličević R., Parađiković N., Besek Z., Kažimir Z., Vrandečić K., Ćosić J., Vinković T., Ravlić M. (2013).** Okolišno prihvatljiva integrirana zaštita bilja, Agriculture in nature and environment protection, str. 62-71
4. **Barić B. (2014),** Načela integrirane zaštite bilja, Glasilo biljne zaštite, Vol. 14, No. 5, str. 352-356
5. **Barić, B., Ciglar, I. (1999).** Biološko suzbijanje medećeg cvrčka introdukcijom *Neodrynus typhlocybae* (Ashmead), Hymenoptera: Drynidae u Hrvatskoj, Fragmenta phytomedica et herbologica, Vol. 26, No. 1-2, str. 95-99
6. **Bažok R. (2017).** Prirodni neprijatelji, prezentacije sa predavanja predmeta Prirodni neprijatelji
7. **Bažok R. (2018).** Zoocidi u 2018, Glasilo biljne zaštite, Vol. 18, No. 1-2, str. 13-110
8. **Bažok R. (2019).** Zoocidi u 2019, Glasilo biljne zaštite, Vol. 19, No. 1-2, str. 69
9. **Bažok R., Gotlin Čuljak T., Grubišić D. (2014**). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse, Glasilo biljne zaštite, Vol. 5, str. 357-386
10. **Borak R. (2019).** Over 6.2% CAGR Europe Biopesticide Market 2024 will to cross the bilion dolar bench mark, https://www.fractovia.org/news/biopesticide-market-share-growth/2981 – pristup 15.05.2019.
11. **BPIA - Biological Products Industry Alliance (2019).** History of biopesticides, https://www.bpia.org/history-of-biopesticides/ – pristup 05.05.2019.
12. **Bret B. L., Larson L. L., Schoonover J. R., Sparks T. C., Thompson G. D. (1997).** Biological properties of spinosad. Down Earth, Vol. 52, str. 6-13
13. **Buchori D., Sahari B. (2008).** Conservation of Agroecosystem through Utilization of Parasitoid Diversity: Lesson for Promoting Sustainable Agriculture and Ecosystem Health. HAYATI Journal of Biosciences, Vol. 15, No. 4, str. 165-172
14. **Cai W., Yan Y., Li L. (2005).** The earliest records of insect parasitoids in China, Biological Control, Vol. 32, No. 1
15. **Chattopadhyay P., Banerjee G., Mukherjee S. (2017).** Recent trends of modern bacterial insecticides for pest control practice in integrated crop management system, 3 Biotech, Vol. 7
16. **Ciglar I. (1988).** Integrirana zaštita voćnjaka i vinograda, Zrinski d.d., Čakovec
17. **Colić Trade (2019).** Ponuda, http://www.colic.hr/- pristup 07.09.2019.
18. **Copping L.G. (1998).** The Biopesticide Manual
19. **Couch T.L., Jurat-Fuentes J.L. (2014).** Commercial Production of Entomopathogenic Bacteria, Mass Production of Beneficial Organisms, Academic Press, str. 415-435

20. **Crnjac M. (2018).** Integrirana poljoprivredna proizvodnja u funkciji održivog ruralnog razvoja, Završni rad
21. **Čačija M., Bažok R., Lemić D., Mrganić M., Virić Gašparić H., Drmić Z. (2018).** Spinosini – insekticidi biološkog porijekla, Fragmenta phytomedica, Vol. 32, No. 2, str. 43-60
22. **Dalamas C.A., Koutroubas S.D. (2018).** Current status and recent developments in biopesticide use, Agriculture, Vol. 8, No. 13
23. **Dara S.K. (2018).** Brief history of botanical and microbial pesticides and their current market, E-journal of entomology and biologycals, https://ucanr.edu/blogs/strawberries-vegetables/index.cfm – pristup 05.05.2019.
24. **Dreistadt S. H. (2014).** Biological control and natural enemies of invertebrates
25. **Duke S.O. (1990).** Natural Pesticides from Plants, Advances in new crops, Timber Press, Portland, Oregon, str. 511-517
26. **Dumančić A. (2015**). Segmentacija stavova mladih u poljoprivredi Republike Hrvatske, str. 11, Završni rad
27. **DZS – Državni zavod za statistiku (2019).** Poljoprivreda, lov, šumarstvo i ribarstvo, https://www.dzs.hr/ – pristup 10.09.2019.
28. **Đorđević S. (2008).** Primena mikroorganizama u organskoj proizvodnji, Organska poljoprivreda, Institut za ratarstvo i povrtlarstvo, Novi Sad, str. 534-539.
29. **EPA - United States Environmental Protection Agency (2019).** DDT - A Brief History and Status**,** https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status – pristup 05.05.2019
30. **Eurostat (2013).** Crops under glass: number of farms and areas by agricultural size of farm (UAA) and size of crops under glass area, http://ec.europa.eu/ eurostat/en/web/products-datasets/-/EF_POGLASS, Pregledano: 10.10.2019.
31. **FAO - Food and Agriculture Organization (2019).** http://www.fao.org/home/en/ – pristup 15.06.2019
32. **FIS -Fitosanitarni informacijski sustav (2019).** https://fis.mps.hr/trazilicaszb/ - pristup 03.9.2019.
33. **Franin K., Barić B. (2011).** Uloga ekološke infrastrukture u biološkom suzbijanju poljoprivrednih štetnika, Glasnik zaštite bilja, Vol. 34, No. 5, str. 14-21
34. **Gašić S., Tanović B., (2013).** Biopesticide Formulations, Possibility of Application and Future Trends, Pesticides & Phytomedicine, Vol. 28, No. 2, str. 97–102
35. **Glare T.R., Jurat-Fuentes J.L., O'Callaghan M. (2017).** Entomopathogenic Bacteria, Microbial Control of Insect and Mite Pests; From Theory to Practice, Academic Press, str. 47-67
36. **Glückselig B., Mandić J., Stipić M. (2018).** Učinkovitost ekološki prihvatljivijih insekticida i metoda u suzbijanju krumpirove zlatice
37. **Gotlin Čuljak T., Juran I., Fabek Uher S., Židovec V., Miličević T., Ševar M., Mrakužić B. (2019).** Urbano biovrtlarstvo, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

38. **Gotlin Čuljak T., Uglješić I., Rozman V., Juran I., Bažok R., Ivić D., Barić K. (2019).** Što poljoprivredni proizvođači znaju u problemu rezistentnosti?, Glasilo biljne zaštite, Vol. 19, No. 4 , str. 452-458
39. **Grabež A. (2018).** Primjena korisne bakterije *Bacillus thuringiensis* u zaštiti vinove loze od štetnika, Diplomski rad
40. **Grubišić D., Gotlin Čuljak T., Juran I. (2010).** Biološko suzbijanje jabukova savijača, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) entomopatogenom nematodom *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae), Entomologia Croatica, Vol. 14, No. 3-4, str. 63-74
41. **Grubišić D., Vladić M., Gotlin Čuljak T., Benković Lačić T.** (2013). Primjena entomopatogenih nematoda u suzbijanju kukuruzne zlatice, Glasilo biljne zaštite, Vol. 13 No. 3, str. 223-231
42. **Harris P., Zwölfer H. (1986).** Screening of phytophagus insects for biological control of weeds, Canadian Entomology 100
43. **Holmes L., Mandjiny S., Upadhyay D. (2016).** Biological control of agricultural insect pests, European Scientific Journal
44. **Hörstadius S. (1974).** Linnaeus, animals and man, Biological Journal, Vol. 6, No. 4, str. 269-275
45. **Ibarra J.E., Del Rincón-Castro M.C. (2008)** Insect viruses diversity, biology, and use as bioinsecticides, Tropical biology and conservation management, Vol. 7
46. **Igrc Barčić J. (2000).** Što su uistinu biopesticidi?, Glasnik zaštite bilja, Vol 1, str. 5-6
47. **Igrc Barčić J., Maceljski M. (2001**). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika, Zrinski d.d., Čakovec
48. **Ivezić M. (2008).** Entomologija - Kukci i ostali štetnici u ratarstvu, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, str. 184 – 185
49. **Jakka S.R.K., Shrestha R.B., Gassmann A.J. (2016).** Broad-spectrum resistance to Bacillus thuringiensis toxins by western corn rootworm (Diabrotica virgifera virgifera), Scientific Reports, Vol. 6
50. **Joka G. (2018)** Biocidi (biocidni pripravci), jučer, danas, sutra?, Sigurnost i zaštita na radu, Vol. 67, No. 9-10, str. 470-472
51. **Juran I., Gotlin Čuljak T., Bažok R., Lemić D., Čačija M., Drmić Z., Virić Gašparić H., Marganić M. (2018).** Osjetljivost kalifornijskog tripsa (paprika i krastavci) na insekticide
52. **Jurat-Fuentes J.L., Jackson T.A. (2012),** Bacterial Entomopathogens, Insect Pathology, Academic Pres, str. 265-349
53. **Kadmo (2019).** Ponuda, http://www.kadmo.hr/ - pristup 13.06.2019.
54. **Kalha C.S., Singh P.P., Kang S.S., Hunjan M.S., Gupta V., Sharma R. (2014).** Entomopathogenic Viruses and Bacteria for Insect-Pest Control, Integrated Pest Management; Current Concepts and Ecological Perspective, Academic Press, str. 225-244
55. **Koppert (2019).** 'Koppert side-effects app is an all-in-one product', https://sideeffects.koppert.com/?L=28 – pristup 11.06.2019.
56. **Koppert (2019).** Mini-Airbug, https://www.koppert.com/mini-airbug/, – pristup 15.09.2019.

57. **Kourti A., Swevers L., Kontogiannatos D. (2017).** Biological Control of Pest and Vector Insects; In Search of New Methodologies for Efficient Insect Pest Control: "The RNAi "Movement",
58. **Kwenti T.E. (2017).** Biological Control of Parasites,
59. **Maceljski M. (2002).** Poljoprivredna entomologija, Zrinski d.d., Čakovec
60. **Maceljski M., (2002).** Istraživanja biološkog suzbijanja korova u Hrvatskoj, Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 68, No. 1, str. 21-25
61. **Maceljski M., Igrc J. (1992).** Primjena integralne zaštite voćaka u Europi, Pregledni članak, Agronomki glasnik, Vol. 6, str. 455-466
62. **Mahr D., Whitaker P., Rigdway N. (2008).** Biological control ofinsects and mites: An introduction to beneficial natural enemies and their use in Pest Menagement, http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A3842.pdf, – pristup 12.06.2019.
63. **Malais M.H., Ravensberg W.J. (2003**). Konwing and Recognizing; The biology of glasshouse pests and their natural enemies, Koppert B.V., str. 69-110
64. **Mamta B., Rajam M.V. (2017).** RNAi technology: a new platform for crop pest control,
65. **Mandušić M., Žanić K., Vitanović E., (2018).** Osjetljivost stakleničkog štitastog moljca na insekticide
66. **Marrone P. (2018).** 7 Reasons Conventional Farmers Consider Biopesticides, https://futureofag.com/7-reasons-conventional-farmers-consider-biopesticides-625d1e63e6d5 – pristup 22.05.2019.
67. **McGaughey W.H. (1994)** Problems of insect resistance to Bacillus thuringiensis, Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol. 49, No. 1, str. 95-102
68. **Messelink G., Bennison J., Alomar O., Ingegno B.L., Tavella L., Shipp L., Palevsky E., Wäckers F.L., (2014).** Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects, Vol. 59, No. 4, str. 377–393
69. **Mordor Inteligence (2018).** Biopesticides market - segmented by product, by formulation, by ingredient, by mode of application and geography - growth, trends, and forecast (2019 - 2024), https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biopesticides-market-industry – pristup 20.06.2019.
70. **Nasreen A., Ashfaq M., Mustafa G. (2000**). Intrinsic toxicity of some insecticides to egg parasitoid *Trichograma chilonis* (Hym. Trichogrammatidae), Bull. Inst. Trop. Agric, Vol. 23, str. 41-44
71. **NN 21/2019 (2019).** Pravilnik o provedbi izravne potpore poljoprivredi i IAKS mjera ruralnog razvoja za 2019. godinu, https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2019_03_21_439.html – pristup 08.04.2019
72. **Nježić, B. (2016).** Entomopatogene nematode u biološkoj zaštiti bilja, Glasnik zaštite bilja, No. 4, str. 10-14
73. **O'Neill T., ADAS, Gwynn R., Biorationale Ltd (2014).** Getting the best from biopesticides, Horticultural Developmetn Company, file:///C:/Users/Ivana/Downloads/18_14%20Getting%20the%20best%20from%20biopesticides.pdf, – pristup 22.05.2019.
74. **Orr D., Lahiri S. (2014).** Biological Control of Insect Pests in Crops, Integrated Pest Management; Current Concepts and Ecological Perspective, Academic Press, str. 531-548

75. **Oštrec Lj. (2001).** Biološko suzbijanje štetnih insekata entomopatogenim nematodama, Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 66, No. 3, str. 179-185
76. **Oštrec Lj., Gotlin Čuljak T. (2005).** Opća entomologija, Zrinski, Čakovec
77. **Pajač I., Barić B., Milošević B. (2010).** Katalog stjenica (Heteroptera: Miridae) Hrvatske, Entomologia Croatica, Vol. 14, No. 1-2, str. 23-76
78. **Pavela R. (2016)** History, Presence and Perspective of Using Plant Extracts as Commercial Botanical Insecticides and Farm Products for Protection against Insects – a Review, Plant Protect. Sci., Vol. 52, No. 4, str. 229–241
79. **Perdikis D., Kapaxidi E., Papadoulis G. (2008).** Biological control of Insects and mite pests in Greenhouses Solanaceous Crops, The European Journal of Plant Science and Biotehnology Vol. 2, str. 125-144
80. **Polosky Z. (2015).** 21st Century Homestead: Biological Pest Control, str. 1-5
81. **Prakash A., Rao J. (1997).** Botanical Pesticides in Agriculture, CRC, Lewis publishers, str. 461
82. **ProEco (2019).** Proizvodi, https://www.proeco.hr/ - pristup 04.10.2019.
83. **Routray S., Dey D., Baral S., Das A.P., Patil V. (2017).** Potential of nanotechnology in insect pest control, Progressive Research – An International Journal, Vol. 11, str. 903-906
84. **Sinha K.K., Choudhary A.K., Kumari P. (2016).** Entomopathogenic Fungi, Ecofriendly Pest Management for Food Security, Academic Press, str. 475-505
85. **Sporleder M., Lacey L.A. (2013).** Biopesticides, Insect Pests of Potato, str. 463 https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/biopesticide – pristup 13.04.2019.
86. **Stevens T. J., Kilmer R. L., Glenn S. J. (2000).** An Economic Comparison of Biological and Conventional Control Strategies for Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in Greenhouse Poinsettias, Journal Of Economic Entomology, Vol. 93, No. 3, str. 623-629
87. **Stock S.P., Hunt D.J. (2005).** Morphology and Systematics of Nematodes used in Biocontrol. In: Grewal, P.S. Ehlers, R.-U. and Shapiro-Ilan, D.I. (eds.) Nematodes as biocontrol agents Wallington: CABI Publishing pp, str. 3-43
88. **Tadić M. (1962).** Aktuelna problematika biološkog suzbijanja štetnih insekata u Jugoslaviji
89. **Teicher H. (2017).** Formulating biopesticides: the labcoat guide to pesticides & biopesticides, https://biocomm.eu/2017/12/11/formulating-biopesticides-labcoat-guide-pesticides-biopesticides/ – pristup 22.05.2019.
90. **Unsworth J. (2010).** History of pesticide use, https://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31 – pristup 05.05.2019.
91. **Vasiljević Lj., Injac M. (1974).** Primena entomopatogenih organizama u suzbijanju štetnih insekata u poljoprivredi i šumarstvu, Agronomski glasnik, Vol. 9-12, str. 529-536
92. **Weinzierl R., Henn T., Koehler P. G., Tucker C. L. (1995).** Microbial Insecticides, https://pdfs.semanticscholar.org/2fdf/063127475fce7bdd378977f24ca653168262.pdf - pristup 04.05.2019.
93. **Zeleni Hit (2019).** Proizvodi, https://www.zeleni-hit.hr/ - pristup 13.06.2019.
94. **Žutić I. (2016).** Organsko – biološka proizvodnja povrća, Interna skripta

Popis tablica

Tablica 2.1. Važnije porodice i vrste predatora, Izvor: Maceljski (2002), Franin i Barić (2011) Pajač i sur. (2010), Malais i Ravensberg (2003)

Tablica 2.2. Važnije vrste parazitoida, Izvor: Oštrec i Gotlin Čuljak (2005), Igrc Barčić i Maceljski (2001), Malais i Ravensberg (2003)

Tablica 2.3. Vrste bakterija koje se u upotrebi kao biopesticidi, Izvor: Jurat-Fuentes i Jackson (2012)

Tablica 2.4. Ponuda makrobioloških pripravaka u Republici Hrvatskoj, Izvor: Zeleni Hit (2019), Kadmo (2019), Colić Trade (2019), ProEco (2019)

Tablica 2.5. Registrirani mikrobiološki pripravci u Republici Hrvatskoj, Izvor: FIS (2019)

Tablica 2.6. Registrirani pripravci na osnovi naturalita u Republici Hrvatskoj, Izvor: Zeleni Hit (2019), Kadmo (2019), Colić Trade (2019), ProEco (2019), FIS (2019)

Tablica 2.7. Registrirani pripravci na osnovi botaničkih insekticida u Republici Hrvatskoj, Izvor: FIS (2019)

Tablica 3.1. Program biološke zaštite rajčice u hidroponskom uzgoju, Izvor: Fran Barić, Zeleni hit (2019)

Tablica 3.2. Broj poljoprivrednih gospodarstava u Republici Hrvatskoj, Izvor: DZS (2019)

Tablica 3.3. Broj ekoloških poljoprivrednih subjekata u Republici Hrvatskoj, Izvor: DZS (2019)

Tablica 3.4. Prodaja pesticida po kemijskim skupinama, Izvor: DZS (2019)

Tablica 3.5. Troškovi suzbijanja kalifornijskog tripsa na 1 ha plastenika, Izvor: Original

Tablica 3.6. Troškovi biološkog suzbijanja kalifornijskog tripsa na 1 ha plastenika, Izvor: Fran Barić, Zeleni hit (2019)

Popis slika

Slika 1. Podjela biopesticida, Izvor: Gotlin Čuljak i sur. (2019)

Slika 2. Kristali bakterija *B. thuringiensis*, Izvor: http://www.biologicalcontrol.info/bt-and-gmos.html - pristup 04.05.2019.

Slika 3. Gusjenica kupusovog moljca nakon tretmana virusom granuloze, Izvor: https://www.mindenpictures.com/search/preview/a-brassica-pest-the-small-cabbage-white-butterfly-caterpillar-pieris-rapae/0_80103065.html - pristup 04.05.2019.

Slika 4. Sučelje aplikacije „*Side effects*“, Izvor: https://sideeffects.koppert.com/?L=28 - pristup 15.07.2019.

Slika 5. Budućnost svjetskog tržišta biopesticida, Izvor: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-biopesticides-market-industry - pristup 11.08.2019.

Životopis

Ivana Uglješić iz Starih Mikanovaca rođena je 16.04.1995. godine u Rijeci. Srednjoškolsko obrazovanje za usmjerenje fitofarmaceut tehničar stječe u razdoblju od 2010. do 2014. u Poljoprivredno šumarskoj školi u Vinkovcima. Godine 2014. upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu smjer Zaštita bilja na kojem stječe titulu sveučilišnog prvostupnika inžinjera zaštite bilja. Obrazovanje nastavlja na Agronomskom fakultetu upisom na smjer Fitomedicina 2017. godine. Tijekom studija aktivan je član Entomološke grupe u sklopu koje sudjeluje u edukacijskim radionicama u Gradskim vrtovima Zagreb te u edukacijskoj radionici „Panda“. U razdoblju od 2018. do 2019. godine sudjeluje u projektu „Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja“, postaje dobitnica Rektorove nagrade za društveno koristan rad u akademskoj i široj zajednici te nagrade „Milan Maceljski“ za izvrstan uspjeh i znanstveno-stručnu aktivnost tijekom studija. Član je Hrvatskog društva biljne zaštite te kao prvi student izlagač sudjeluje na 63. seminaru biljne zaštite, a koautor je i nekoliko stručnih radova objavljenih u Glasilu biljne zaštite kao i nekoliko članaka objavljeni u Gospodarskom listu. Kao izlagač sudjeluje i na 3. poljoprivrednoj konferenciji „Slavonika“ u Osijeku.

U slobodno vrijeme izrađuje zlatovez te pleše/pjeva u folklorom FA SKUD-a Ivan Goran Kovačić u Zagrebu od 2016. godine. Sebe opisuje kao komunikativnu i vedru osobu.