

BIOINSECTICIDES AND POSSIBILITIES OF APPLICATION IN THE CONTROL OF PEST INSECTS

Marija Bajagić

Faculty of Agriculture, University Bijeljina, Bosna and Herzegovina, bajagicmarija@yahoo.com

Vojin Cvijanović

Institute for Science Application in Agriculture, Serbia, cvija91@yahoo.com

Nemanja Stošić

Academy of applied studies Sabac, unit for Agricultural and Business Studies and Tourism,
nemanjastosic87@gmail.com

Milan Blagojević

Academy of applied studies Sabac, unit for Agricultural and Business Studies and Tourism
blagojevicmilan@gmail.com

Milan Glišić

Academy of applied studies Šabac, Unit for Agricultural and Business Studies and Tourism,
milanglisic88@gmail.com

Abstract: The most important branch of the economy is agriculture, the primary goal of which is to produce food that is of good quality and safe for health. With the modernization of society on a global scale, agriculture has managed to produce enough food for the accelerated population growth, which has led to environmental transformation and increasingly intensive exploitation of both renewable and non-renewable natural resources. All this resulted in the excessive and often uncontrolled application of chemical plant protection agents. Sustainable production is a safe, ecologically and health-safe way of producing food, in accordance with natural principles, without the use of agrochemicals and GMO organisms that can lead to serious consequences for the environment and the health of people and other living beings. The meaning of sustainable agriculture is the search for "ecological" solutions, while accepting and correcting the good measures of intensive agriculture. Also, sustainable agriculture is not a return to the old ways, that is, to the agriculture that our ancestors practiced, but on the contrary, it is part of modern agricultural production, trade and agronomic science, which is based on its latest knowledge and achievements. In order to protect the environment, the application of ecologically acceptable methods of plant protection, which are based on the reduced use of standard chemical agents, and the intensification of preventive protection measures and the latest methods of biological measures, is particularly important. Biopesticides represent one of the most significant discoveries of biotechnology, the use of which achieves healthy food production and the reduction of environmental pollution. These are biological preparations for protecting plants from insects, diseases and weeds. The active substance of these preparations is a living organism or the products of its activities. Among biopesticides, bioinsecticides are the most common. Given the intensive conventional agricultural production, which is the most prevalent, as well as unpredictable and uncontrolled climate changes, the conditions for the appearance and sudden increase in the number of insects harmful to agriculture are being created. Their negative impact is reflected in low-quality, reduced yields, and the production of bad products, which implies that insects are an undesirable and threatening element in plant production. On the other hand, the uncontrolled and inadequate application of synthetic pesticides affects the creation of negative side effects, which implied accelerated research and development of bioinsecticides. Bioinsecticides consist of natural substances, from various sources, with the help of which harmful insects are controlled, and are classified into: biochemical insecticides and their derivatives, protective agents built into plants and microbial bioinsecticides. Ideal bioinsecticides should have low toxicity, be easily degraded during wastewater treatment and in the natural environment, be highly effective in small quantities, and affect only the target pests. However, the problem of the production of bioinsecticides is the high financial costs, the shelf life of the preparation, which is extremely short, as well as the need for further research, given that the mechanisms of action are not fully defined. This paper provides an overview of current successes in the research and production of biopesticides, as well as an overview of the current limitations that prevent the widespread use of bioinsecticides and suggests future research directions.

Keywords: organic production, healthy food, biological measures, bioinsecticides

BIOINSEKTICIDI I MOGUĆNOSTI PRIMENE U SUZBIJANJU ŠTETNIH INSEKATA

Marija Bajagić

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet Bijeljina, Bosna i Hercegovina, bajagicmarija@yahoo.com

Vojin Cvijanović

Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Srbija, cvija91@yahoo.com

Nemanja Stošić

Akademija strukovnih studija Šabac, odsek za poljoprivredno-poslovne studije i turizam, Srbija,
nemanjastosic87@gmail.com

Milan Blagojević

Akademija strukovnih studija Šabac, odsek za poljoprivredno-poslovne studije i turizam, Srbija,
blagojevicmilan@gmail.com

Milan Glišić

Akademija strukovnih studija Šabac, odsek za poljoprivredno-poslovne studije i turizam, Srbija,
milanglisic88@gmail.com

Rezime: Najvažnija grana privrede je poljoprivreda čiji cilj je prevashodno da proizvede hranu koja je kvalitetna, a zdravstveno bezbedna. Sa modernizacijom društva na globalnom nivou, poljoprivreda je uspela da proizvede dovoljno hrane za ubrzani rast populacije, što je dovelo do transformacije životne sredine i sve intenzivnijeg iskorišćavanja kako obnovljivih tako i neobnovljivih prirodnih resursa. Sve je to imalo za posledicu prekomernu, a često i nekontrolisanu primenu hemijskih sredstava za zaštitu bilja. Održiva proizvodnja predstavlja siguran, ekološki i zdravstveno bezbedan način proizvodnje hrane, a u skladu sa prirodnim principima, bez upotrebe agrohemijskih i GMO organizama koje mogu dovesti do ozbiljnih posledica po životnu sredinu i zdravlje ljudi i drugih živih bića. Smisao održive poljoprivrede je traganje za „ekološkim“ rešenjima, uz prihvatanje i korekciju dobrih mera intenzivne poljoprivrede. Takođe, održiva poljoprivreda nije povratak na staro, odnosno na poljoprivredu kojom su se bavili naši preci, već naprotiv to je deo savremene poljoprivredne proizvodnje, trgovine i agronomске nauke koja se zasniva na njenim najnovijim saznanjima i dostignućima. U cilju zaštite životne sredine, naročito je značajna primena ekološki prihvatljivih metoda zaštite bilja, koje se zasnivaju na smanjenoj primeni standardnih hemijskih sredstava, a intenziviranju preventivnih mera zaštite i najnovijih metoda bioloških mera. Biopesticidi predstavljaju jedno od najznačajnijih otkrića biotehnologije, čijom se primenom postiže zdravstveno bezbedna proizvodnja hrane i smanjenje zagađivanja životne sredine. To su biološki preparati za zaštitu biljaka od insekata, bolesti i korova. Aktivna materija ovih preparata je živi organizam ili proizvodi njegove aktivnosti. Među biopesticidima, bioinsekticidi su najzastupljeniji. Obzirom na intenzivnu konvencionalnu poljoprivrednu proizvodnju koja najviše zastupljena, kao i nepredvidivih i nekontrolisanih klimatskih promena, stiču se uslovi za pojavu i naglo povećanje broja insekata štetnih za poljoprivredu. Njihov negativan uticaj se ogleda u nekvalitetnom, smanjenom prinosu, ako i dobijanje loših proizvoda, što implicira da su insketi neželjan i ugrožavajuć element u biljnoj proizvodnji. Sa druge strane, nekontrolisana i neadekvatna primena sintetičkih pesticida utiče na stvaranje negativnih nuspojava što je imliciralo ubrzano istraživanje i razvoj bioinsekticida. Bioinsekticidi se sastoje iz prirodnih materija, različitih izvora uz pomoć kojih se kontrolišu štetni insekti, a klasifikuju se na: biohemijski insekticidi i njihovi derivati, zaštitna sredstva ugrađena u biljke i mikrobnii bioinsekticidi. Idealni bioinsekticidi treba da imaju nisku toksičnost, da se lako razgrađuju prilikom prečišćavanja otpadnih voda i u prirodnom okruženju, da budu veoma efikasni u malim količinama i da utiču samo na ciljane štetočine. Međutim, problem proizvodnje bioinsekticida su visoki finansijski troškovi, rok trajanja preparata koji je izuzetno kratak kao i potreba za daljim istraživanjima, obzirom da mehanizmi delovanja nisu potpuno definisani. Ovaj rad daje pregled dosadašnjih uspeha u istraživanju i proizvodnji biopesticida, kao i sagledavanje trenutnih ograničenja koja sprečavaju široku upotrebu bioinsekticida i predlažu se budući pravci istraživanja.

Ključne reči: organska proizvodnja, zdravstveno bezbedna hrana, biološke mere, bioinsekticidi

1. UVOD

Poljoprivreda je važan faktor za modernizaciju civilizacije, obzirom da je pitanje načina proizvodnje hrane tj. kvaliteta ishrane ključan element današnjice (Šeremešić i sar. 2017). Ubrzani razvoj industrije je omogućio intenzivno širenje poljoprivrede zasnovane na ekonomiji i unapređenim tehnološkim postupcima, što je dovelo do porasta broja stanovništva, time i do razvoja ostalih čovekovih aktivnosti i interesovanja. Isti autori navode da

brojne prednosti ostvarene ovakvim vidom poljoprivredne proizvodnje nameću pitanje održivosti takvog poljoprivrednog sistema na globalnom nivou.

Konvencionalna proizvodnja za sobom nosi i meru upotrebe pesticida, koja je često bila prekomerna, te se početak 20. veka smatra prekretnicom u smislu traženja solucije i stvaranja novih pravaca poljoprivredi. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja uz uvođenje novih, prinostnijih sorti i hibrida, nekontrolisana primene mineralnih sintetičkih đubriva i pesticida, kao i mehanizacije omogućile su dobijanje visokih stabilnih prinosa i profita, a sa druge strane niz negativnih efekata na zdravlje ljudi, životnu sredinu i njenu biološku raznolikost (Đukić i sar., 2019). Bajagić i sar. (2022) dodatno navode da intenzivna poljoprivredna proizvodnja uz globalne klimatske promene je nepovoljno uticala na proizvodne sisteme u poljoprivredi koji su se odrazili na ekološke faktore i zdravstveno stanje stanovništva. Sve veći poremećaji u ekosistemu i ugroženost živog sveta, podstiču biološke cikluse, kao što je kruženje ekoloških elemenata i upotrebe novih efikasnih i sigurnih tehnologija (Cvijanović i sar. 2020). Prema Cvijanović i sar. (2013) stalno rastući zahtevi za konzumiranje zdravstveno bezbedne hrane pospešuju širenje održive poljoprivredne proizvodnje među kojima su integralna poljoprivreda i tzv. ekološka odnosno organska poljoprivreda. Prema Cvijanović i sar. (2020) klasična poljoprivredna proizvodnja uz nepovoljne agrotehničke mere koje se primenjuju su uticale na stvaranje budućih tehnika za razvoj poljoprivrede, poput integralne i organske. Damalas & Koutroubas (2018) navode da primena pesticida u konvencionalne svrhe je naglašena mnogim negativnim efektima, uključujući degradaciju životne sredine i otpornost na štetočine. Danas se primenjuje preko 500 različitih pesticida, odnosno aktivnih materija. Međutim, poznato je da svega 1% primenjenog pesticida se nalazi na ciljanoj površini, ostatak (99%) aktivne materije dospe u zemljište, vodu i vazduh. Takođe, podaci Svetske zdravstvene organizacije (WHO), pokazuju da na svetskom nivou u toku jedne godine se otruje 26 miliona ljudi zbog aplikacije pesticida, dok je stopa smrtnosti je oko 8 % (oko 220.000 ljudi). Razlog trovanja je neadekvatna primena pesticida (upotreba nedozvoljenih koncentracija aktivne materije, nefunkcionalna mehanizacija i uređaji, neadekvatna zaštitna oprema lica koja vrši primenu). Iz svega navedenog, javlja se potreba za ubuduće da proizvodnja i aplikacija zaštitnih sredstava moraju biti superefikasni, smanjene ili eliminacija toksičnosti, kao i sprečavanje zagađenja životne okoline. Mali broj proizvoda koji poseduju navedene elemente su biološki preparati – biopesticidi.

Mnogi autori zaključuju da zaštita bilja kao jedna od agrotehničkih mera čini najveću poteškoću u sistemu organske proizvodnje. Razlog tome, je što u organskoj proizvodnji zaštita bilja je zakonski propisana upotrebom preventivnih mera, bioloških mera i preparata koji su dozvoljeni (Glare et al. 2016). Cook and Baker (1983) navode definiciju biološke kontrole, i to da: „Biološka kontrola je redukcija inokuluma ili bolesti, odnosno aktivnosti patogena izvršena od jednog ili više organizama, izuzev čoveka. Korisni organizmi u zaštiti bilja mogu se sagledati kao resursi za savremene biotehničke i biotehnološke metode, ili kao direktni činioci biološke borbe protiv štetnih organizama“. Mnogi autoru navode da uključivanje bioloških mera odnosno korisnih organizama dobija sve veći značaj u novim pravcima proizvodnje. Vuković i Sunjka (2021) navode da suština zaštite bilja čine metode koje se koriste u integralnoj zaštiti uz primenu različitih bioloških sredstava, odnosno biopesticida. Biopesticidi se primenju isključivo ukoliko jedna od mera nije pozitivno uticala.

Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Država (EPA, 2022; www.epa.gov/pesticides/biopesticides) definiše biopesticide kao proizvode za zaštitu bilja na bazi živih organizama, tj. biljnog i životinjskog porekla, kao i od mikroorganizama i njihovih produkata (toksini, kristali, spore, antibiotici, vitamini, enzimi).

Uloga i uticaj insekata u poljoprivrednoj proizvodnji je od izuzetnog značaja, jer u zavisnosti od njihovog prisustva i moći delovanja negativno utiče na prinos, skladištenje i kvalitet proizvedene hrane. Kereši i sar. (2018) navode da svega 2% od ukupnog broja poznatih insekata pripada štetnim insektima, dok ostatak čine korisne vrste. Prema Mingbo et al. (2022) upotreba insekticida garantuje adekvatno snabdevanje hranom za ljude, posebno u vremenima sve većeg gubitka zemljišta usled suše i zasljanjivanja. Međutim, pokazalo se da su mnogi sintetički insekticidi toksični ili kancerogeni zagađivači u lancu ishrane i životnoj sredini. Insekti poseduju veliku moć mutacije i adaptibilnosti na životnu sredinu, te samim tim upotrebom različitih insekticida dolazi do njihove rezistentnosti na iste, što implicira sve veći pritisak javnosti za bezbednijim insekticidima.

Bioinsekticidi su obećavajući izbor jer se veruje da imaju nizak rizik po životnu sredinu, zanemarljivu toksičnost za sisare, visoku selektivnost vrsta (tj. bezbednost za neciljne organizme kao što su pčele), nizak rizik od razvoja otpornosti i nisku štetnost podzemnih voda (Haddi et al. 2020).

Cilj rada je pregledni izveštaj materijala i podataka istraživanja sprovedenih u praksi i dati teorijski, kako bi se definisali bioinsekticidi, njihov sastav i mehanizam delovanja kako na primarnu metu odnosno štetnog insekta, tako i na potencijalnu opasnost po čoveka, životinje i životnu okolinu.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Za istraživanje je primenjena odgovarajuća metodologija rada i to istorijski model koji se koristi za proučavanje pojava i događaja koji su se desili u prošlosti i koji se uglavnom realizuju preko tehnike proučavanja dokumenata gde se pojave i događaji proučavaju onakvi kakvi jesu. Deskriptivne metode i metod komparacije su korišćene za potrebe izvođenja zaključka. U osnovi rad je zasnovan na metodu istraživanja za stolom (*desk research*), što podrazumeva prikupljanje, prikazivanje i analizu već postojećih informacija i podataka koji su prikupljeni i prikazani u raznim izvorima štampane literature, a koji se odnose na posmatranu problematiku. Pojedini podaci preuzeti su iz stručnih i naučnih radova i analiza objavljenih na internet prezentacijama. Izvori podataka korišćeni u radu navedeni su na kraju rada u spisku literature.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Najčešće priznata definicija mnogih autora je da su: “Bioinsekticidi sredstva koja se primenjuju za suzbijanje štetnih insekata u različitim sistemima poljoprivredne proizvodnje, pri čemu ne predstavljaju opasnost za ljude, životinje i životnu sredinu”. Primena jedinjenja prirodnog porekla za suzbijanje insekata je zabeležena u XVII veku I to maceracijom lišća duvana, koji sadrži alkaloid nikotin (0,05 – 10% po listu) i dobijanju biljnog ekstrakta koji se primenjuje protiv šljivinog tvrdokrilca (*Conotrachelus nenuphar*) i biljnih vašiju u poljoprivredi (BPIA, 2017). Zatim, 1835. godine počinju istraživanja efikasnosti primene gljive *Beauveria bassiana* u cilju suzbijanja štetočina iz reda *Lepidoptera* (O’neal et al., 2018), a početkom XX veka obeležila je primena bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Chandler et al. (2011) navode da aktivna supstanca bioinsekticida čini živi organizam ili produkt tog organizma. Živi organizam može biti mikroorganizam (gljiva, bakterija, virus, aktinomicete) ili njihovi produkti poput toksina, kristala ili antibiotika, kao i biljni ekstrakti i etarska ulja, parazitoidi, nematode i drugi. Sve navedene aktivne žive komponente preparata kao mehanizam delovanja može biti direktno u cilju suzbijanja insekata ili da utiču na povećavanje otpornosti biljke.

Bioinsekticidi se mogu podeliti u zavisnosti od stadijuma razvoja insekata na koji ispoljavaju primarno delovanje (najčešće je larvicidno i adulticidno, a ređe ovicidno i pupicidno delovanje). Zatim podela prema načinu delovanja na insekte: kontaktno, digestivno delovanje i inhalaciono delovanje, zatim kao repelenti i regulatori razvoja. Većina preparata ima repelentan mehanizam delovanja, što utiče na eliminisanje pojave insekata i na preventivnu zaštitu gajene culture, dok nekolicina bioinsekticida ima mehanizam delovanja takav da dovodi do prestanka ishrane, paralize i uginuća štetočine.

Generalno, bioinsekticidi su kategorisani u tri grupe: mikrobnii biopesticidi, biohemijski biopesticidi i sredstva za zaštitu biljaka (Plant-Incorporated-Protectants – PIPs) (Liu et al., 2019; EPA, 2022).

1. Mikrobnii biopesticidi su preparati na bazi mikroorganizama (bakterija, gljiva, virusa ili protozoa) ili njihovih metabolita (toksini, kristali, spore i antibiotici).

Mikrobnii biopesticidi na bazi bakterija – smatraju se najuspešnijim i najviše zastupljenim biopesticidima i to podvrste i sojevi bakterije *Bacillus thuringiensis* (Bt). Svaki soj ove bakterije produkuje kristalne protein - endotoksine različite toksičnosti, koji ubija jednu ili nekoliko srodnih vrsta larvi insekata. Mehanizam delovanja bakterije, kako navode Glare et al. (2017), počinje proizvodnjom toksina u vidu kristalnih proteina, prilikom sporulacije bakterije. Toksini deluju tek u momentu ulaska u organizam ishranog insekta, gde protein iz toksina rastvaranjem prelazi u pro-toksine, dolazi do aktiviranja toksina koji uzrokuju proliferaciju digestivnog trakta, gubitka osmoregulacije, raspadanju crevnog trakta i sadržaj se izliva u telo insekta. Prvi simptomi su sepsa, paraliza, larva prestaje da se hrani i umire od posledica efekta izgladnjivanja ili bakterijske infekcije tokom perioda od 2-3 dana. Larve mlađih stupnjeva razvića su osetljivije od starijih larvi. Ovi biološki insekticidi imaju visoku selektivnost, netoksični su za životinje i ljude i ne postoji štetni uticaj na pčele.

Vrste iz roda *Bacillus* koje imaju sposobnost stvaranja proteina za razarajući ishod po insekta su izolati Bt *kurstaki*, *aizawai*, *morrisoni* - se koristi u borbama protiv larvi *Lepidoptera* (kukuruzni plamenac - *Ostrinia nubilalis*, kupusni moljac - *Plutella xylostella*, sovice (*Spodoptera sp.*, *Heliothis sp.*), pamukova soвица - *Helicoverpa sp.* i kupusari - *Pieris sp.*). Izolat Bt *israelensis* - efikasan u suzbijanju larvi komaraca reda *Diptera*, Bt *tenebrionis* - za larve *Coleoptera* (krompirova zlatica - *Leptinotarsa decemlineata*), *Baccillus sphaeriscus* - suzbijanje larvi *Culicidae*, *Bacillus popilliae* - protiv *Carabida* (*Popillia japonica*). Bt *japonensis* soj Buibui je efikasan protiv insekata koji nastanjuju zemjište iz reda *Coleoptera* (Gonçalves, 2021).

Mikrobnii biopesticidi na bazi gljiva - Entomopatogene gljive, više od 500 vrsta, čine najrasprostranjenije organizme za suzbijanje štetnih insekata. Sinha et al. (2016) navode da pojedine gljive se mogu koristiti za više različitih štetnih insekata, dok pojedine gljive su visokospecifične za određene štetne vrste. Najčešće se koriste parazitne gljive na vrstama iz redova *Coleoptera*, *Lepidoptera*, *Diptera*, *Homoptera* i *Hymenoptera*. Osnovni mehanizam delovanja je sposobnost spora gljiva prilikom kontakta s insektom, da kličaju i produkuju enzime koji utiču na raspadanje

kutikule, a hifama prodiru u kutikulu te tako izazivaju smrt nastala otpuštanjem toksina i hraneći se unutrašnjim tkivima.

Najviše zastupljene gljive su: *Beauveria bassiana* – izolat je ekstrahovan iz zaraženih larvi kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis*). Koristi se za suzbijanje kukuruznog plamenca, muva, tripsa, vaši, gundelja, krompirove zlatice i drugih insekata. *Metharhizium anisopliae* – izolovana iz mrtve skočibube *Nilaparvata lugens*, vrlo efikasan u suzbijanju štetnih vrsta iz reda Coleoptera i Lepidoptera, kao i za suzbijanje termite i bubašvaba. *Paecilomyces fumosoroseus* – izolovana iz *Phenacoccus solani* Ferris - štetočine pamuka, *Tetranychus urticae* – običnog paučinara i drugih zaraženih insekata. Namenjen za bprbu protiv bele leptiraste vaši (*Trialeurodes vaporariorum*) i leptiraste vaši duvana (*Bemisia tabaci*). *Lecanicillium lecanii* (*Verticillium lecanii*) – izolat izvučen iz vaši (*Macrosiphoniella sanborni*), bele leptiraste vaši (*Trialeurodes vaporariorum*) i lisnih vaši (*Aphis gossypi* i *Bemisia tabaci*), ujedno se upotrebljava za njihovo suzbijanje.

Mikrobni biopesticidi na bazi virusa - Izolati virusa su dobijeni ekstrakcijom zaraženih larvi insekata, a dele se prema načinu napada i uginuća domaćina. Veliki broj virusa inficira domaćina, dok neki virusi mogu da budu preneti procesom metamorfoze ili preko jaja. Infektivni proces zavisi od vrste virusa, a unosi se ishranom larvi, gde dolaze do rastvaranja proteinskog omotača virusa u crevnom traktu. Potom dolazi do oslobađanja čestica virusa, koje napadaju ćelijske komponente domaćina. Na taj način se umnožavaju i šire, dok ne ispune potpunu unutrašnjost domaćina. Domaćin, prestaje a ishranom, dolazi do paralyze, promene boje kutikule i uginuća. U primeni su virusi iz familije **Baculoviridae** koji se koriste protiv *Lymantria dispar*, *Helicoverpa armigera*, *Hyphantria cunea*, *Mamestra brassicae* i *Spodoptera litoralis*, *Cydia pomonella*, *Plodia interpunctella* i dr.

Mikrobni biopesticidi na bazi protozoa – Protozoe proizvode spore, koje se razvijaju u crevu insekta domaćina, klijajuće spore napadaju ćelije domaćina, izazivajući infekciju i oštećenje organa i tkiva. Tipičan primer za kontrolu mnogih vrsta skakavaca je protozoa *Nosema locustae*.

2. Biohemijski pesticidi su jedinjenja prirodnog porekla, iz biljaka, životinja, minerala, insekata koje kontrolišu štetočine netoksičnim mehanizmima (Kumar, 2012). Bioinsekticidi životinjskog porekla obično se odnose na hormone, semiohemikalije i životinjske toksine. Mikrobni biohemijski bioinsekticidi uključuju avermektine, endotoksine *Bacillus thuringiensis* (Bt) i spinozine, kao i sekundarne metabolite kao što je okaramin. Bioinsekticidi biljnog porekla se mogu koristiti kao regulatori razvoja insekata i za ometanje ishrane insekata. Najzastupljenija su etarska ulja iz biljaka neem, ruzmarina, mente, kao i ekstrakti biljaka u vidu sekundarnih metabolite biljaka koji imaju insekticidno dejstvo kao što su: piretrin, azadirachtin, rotenon, nikotin, limonen i dr.

3. Biotehnologijom u užem smislu genetskim inženjeringom, odnosno manipulacijom genetskog sastava organizma dodavanjem specifičnih gena drugih organizama nastaju genetski modifikovani organizmi/usevi koji se dele u dve kategorije: tolerantne na herbicide i **sredstva za zaštitu od biljaka (plant-incorporated protectants, PIPs)**. PIP-ovi se proizvode inkorporacijom gena (obično bakterija) za određeni pesticidni protein u genetski materijal ciljane biljke/useva. Ovo omogućava biljci/usevu da proizvede pesticidne supstance tako što biljka kontinuirano eksprimira pesticidni protein koji ubija štetočine kada se hrani biljkom i na taj način stvara sopstveni dodatni biološki pesticid i poboljša svoju zaštitu. Dodatno, PIP biljke/usevi mogu pomoći u smanjenju primene proizvoda za zaštitu useva, delujući na specifične vrste štetočina i očuvanju korisnih insekata, a smanjujući rizik po ljudsko zdravlje. Insekticidni molekuli koji se koriste u PIP tehnologiji su najčešće *Bacillus thuringiensis* (Bt) Cry i Cyt proteini, proteini toksičnog kompleksa (Tc) iz *Xenorhabdus* i *Photprhabdus*, inhibitori a-amilaze, proteaza iz Baculovirusa, dvolančana ribonukleinska kiselina (dsRNA) i dr. (Ganapathy et al. 2021). Takođe, mogu se uključiti proteini bakterija *Photorhabdus temperate*, *Bacillus cereus*, *Lisinibacillus sphaericus* i *Vibrio parahemoliticus*. Ovaj metod zaštite od štetočina se primenju prilikom napada Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera i Diptera.

4. ZAKLJUČAK

Sve strožiji zahtevi za kvalitetnijom i zdravstveno bezbednom hranom utiču na sve veću upotrebu biopesticida. Izuzetna sposobnost insekata da mutiraju i da se adaptiraju na promene u sistemima proizvodnje, utiču na stvaranje novih vrsta, na pojavu rezistentnosti na preparate i na neadekvatne procene prenamnoženja. Dodatno, treba napomenuti da proizvodnja bioinsekticida je veoma skup proces. Zbog svega navedenog ne postoji mogućnost kompletnog isključivanja upotrebe hemijskih sredstava. Iznalaženje rešenja se ogleda u sinergiji primene biopreparata i hemijskih preparata i njihovo uključivanje u integralni sistem proizvodnje, odnosno u integralni sistem zaštite bilja. Time se pozitivno može uticati na ekološke elemente, na smanjenje pojave rezidua u proizvodima i štite se korisni organizmi, na što su pčele.

LITERATURA

- Bajagić, M., Cvijanović, G., Cvijanović, V., Stošić, N., & Rašković, V. (2022). Effect of microbiological preparation on number and weight of nodulas in different soybean genotypes in sustainable production system, *XXXV International Scientific Conference Knowledge Without Borders*, 1-3.March, V. Banja, Serbia, 51.3, 471-476.
- BPIA (2017). *Biological products industry alliance*. History of biopesticides. <http://www.bpia.org/history-of-biopesticides/>.
- Chandler, D., Bailey, A.S., Tatchell, G.M., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, W.P. (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 366, 1573, 1987–1998.
- Cook, R. J., & Baker, K. F. (1983). The nature and practice of biological control of plant pathogens. *American Phytopathological Society*, St. Paul, MN.
- Cvijanović, G., Dozet, G., & Cvijanović, D. (2013). *Menadžment u organskoj biljnoj proizvodnji*, Monografija, Institut za ekonomiku poljoprivrede Beograd.
- Cvijanović, M., Đukić, V., Miladinov, Z., Cvijanović, V., Dozet, G., & Đurić, N. (2020). Mogućnost primene nekih tehničko tehnoloških metoda u suzbijanju korova u održivoj proizvodnji. *Zbornik radova naučnog skupa sa međunarodnim učešćem „Selo i poljoprivreda“*, 30. Septembar, Univerzitet u Bijeljini, R. Srpska, 106-119.
- Damalas, A., & Koutroubas, D. (2018). Current status and recent developments in biopesticide use. *Agriculture*, 8, 13.
- O'neal, M., Bio, M., & Dara, S. (2018). *Brief history of botanical and microbial pesticides and their current market*, E-journal of entomology and biologicals. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=26249>
- Đukić, V., Balešević-Tubić S., Miladinović, J., Miladinov, Z., Marinković, J., Dozet, G., & Eltreki A. (2019). Značaj proizvodnje mahunarki u zaštiti životne sredine, *Zbornik radova: Održiva poljoprivredna proizvodnja: Uloga poljoprivrede u zaštiti životne sredine*, Fakultet za biofarming, Megatrend univerzitet, Beograd, 18. oktobar, Bačka Topola, 35-46.
- EPA (2022). *Biopesticides*. Available online: www.epa.gov/pesticides/biopesticides (preuzeto 02. novembar 2022).
- Ganapathy, S., Parajulee, M.N., San Francisco, M., Zhang, H., & Bilimoria, S.L. (2021). Novel-iridoviral kinase induces mortality and reduces performance of green peach aphids (*Myzus persicae*) in transgenic Arabidopsis plants. *Plant Biotechnol. Rep.* 15, 13–25. doi: 10.1007/s11816-020-00659-w
- Glare, T.R., Gwynn, R.L., & Moran-Diez, M.E. (2016). Development of biopesticides and future opportunities. In: *Microbial Based Biopesticides*. Humana Press, New York, NY. 211-221.
- 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*, 47-67.
- Gonçalves, A. L. (2021). The use of microalgae and cyanobacteria in the improvement of agricultural practices: a review on their biofertilising, biostimulating and biopesticide roles. *Appl. Sci.* 11:871. doi: 10.3390/app11020871
- Haddi, K., Turchen, L.M., Viter, i Jumbo, L.O., Guedes, R.N., Pereira, E.J., Aguiar, R.W., & Oliveira, E.E. (2020). Rethinking biorational insecticides for pest management: unintended effects and consequences. *Pest Management Science*, 76(7), 2286–2293.
- Kereši, T., Sekulić, R., & Konjević, A. (2018). *Posebna entomologija 1 (deo – Insekti u ratarstvu)*. Univerzitet Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *J. Biofertil. Biopestic.* 3, 1–3. doi: 10.4172/2155-6202.1000e107
- Liu, X., Cao, A., Yan, D., Ouyang, C., Wang, Q., & Li, Y. (2019). Overview of mechanisms and uses of biopesticides. *Int. J. Pest. Manag.* 67, 65–72. doi: 10.1080/09670874.2019.1664789
- Mingbo, Q.U., Merzendorfer, H., Moussian B., & Yang, G. (2022). Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: opportunities and challenges. *Front. Agr. Sci. Eng.* 9(1): 82–97 <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021404>
- Sinha, K.K., Choudhary, A.K., & Kumari, P. (2016). Entomopathogenic fungi, ecofriendly pest management for food security, *Academic Press*, 475-505.
- Šeremešić, S., Vojnov, B., Manojlović M., Milošev, D., Ugrenović, V., Filipović, V., & Babec, B. (2017). Organska poljoprivreda u službi biodiverziteta i zdravlja, *Letopis naučnih radova, Ann. Agron*, 41(2), 51-60.
- Vuković, S., & Šunjka, D. (2021). *Biopesticidi*, Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.