

MONOGRAFIJA

IZAZOVI I TRENDOVI
U ORGANSKOJ POLJOPRIVREDNOJ
PROIZVODNJI

Dragana Šunjka i Slavica Vuković

UREDNICI

UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

**IZAZOVI I TRENDOVI U
ORGANSKOJ POLJOPRIVREDNOJ
PROIZVODNJI**

MONOGRAFIJA

Dragana Šunjka i Slavica Vuković
Urednici

Novi Sad, 2025. godina

EDICIJA MONOGRAFIJA

Osnivač i izdavač edicije

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet
Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8
Godina osnivanja 1954.

Glavni i odgovorni urednik edicije

dr Nenad Magazin, redovni profesor
Dekan Poljoprivrednog fakulteta

Članovi komisije za izdavačku delatnost

dr Marica Petrović, vanredni profesor – predsednik
dr Zorica Srđević, redovni profesor – član
dr Dejan Beuković, vanredni profesor – član
dr Ksenija Mačkić, vanredni profesor – član

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

338.43:631.147

IZAZOVI i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji
[Elektronski izvor]: monografija/urednice Dragana Šunjka i Slavica
Vuković. - Novi Sad: Poljoprivredni fakultet, 2025. - (Edicija
Monografija)

Način pristupa (URL):

http://polj.uns.ac.rs/sites/default/files/udzbenici/Monografija_Izazovi_i_trendovi.pdf. - Opis zasnovan na stanju na dan 28.1.2025. - Nasl. s
naslovnog ekrana. - Str. 325: Predgovor / Urednice. - Napomene i
bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svako poglavlje.

ISBN 978-86-7520-614-9

a) Органска пољоприведна производња

COBISS.SR-ID 161865481

Urednici

dr Dragana B. Šunjka, vanredni profesor
dr Slavica M. Vuković, redovni profesor

Glavni i odgovorni urednik

dr Nenad Magazin, redovni profesor
Dekan Poljoprivrednog fakulteta

Recenzenti

dr Ferenc Bagi, redovni profesor
dr Željko Vaško, redovni profesor
dr Željko Milovac, viši naučni saradnik

Naslovna fotografija

Dragan Močević

Izdavač

Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad
Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava
izdavač.

Štampanje ovog udžbenika je odobrilo
Nastavno-naučno veće Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu
na sednici od 14. januara 2025. godine
Broj odluke: 21/2/7

Mesto i godina štampanja

Novi Sad, 2025.

ISBN 978-86-7520-614-9

AUTORI

- **Dr Vladimir FILIPOVIĆ**
Naučni savetnik
Institut za multidisciplinarna istraživanja
Univerzitet u Beogradu
Republika Srbija

- **Dr Snežana DIMITRIJEVIĆ**
Naučni saradnik
Institut za multidisciplinarna istraživanja
Univerzitet u Beogradu
Republika Srbija

- **Dr Olivera NIKOLIĆ**
Redovni profesor
Fakultet ekološke poljoprivrede
Univerzitet Edukons Novi Sad
Republika Srbija

- **Dr Slavica VUKOVIĆ**
Redovni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerziteta u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Dragana ŠUNJKA**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerziteta u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Dejana STANIĆ**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Republika Srpska – Bosna i Hercegovina

- **Dr Dragana BOŠKOVIĆ**
Istraživač saradnik
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Mila GRAHOVAC**
Redovni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Dragana BUDAKOV**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Marta LOC**
Docent
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Milena POPOV**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Nataša SAMARDŽIĆ**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Bojan KONSTANTINOVIĆ**
Redovni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

- **Dr Siniša BERJAN**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Republika Srpska – Bosna i Hercegovina

- **Dr Mirela TOMAŠ SIMIN**
Vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet
Univerzitet u Novom Sadu
Republika Srbija

Za originalnost napisanog odgovorni su autori poglavlja.

PREDGOVOR

Monografija je nastala sa ciljem da čitaocima pruži uvid u najnovija istraživanja u ovoj oblasti i otvori mogućnosti za unapređenje organske poljoprivredne proizvodnje. Izazovi koji su postavljeni pred organsku poljoprivredu su često teško rešivi, te smo na ovaj način pokušali, svako u svom segmentu, da predložimo određena rešenja odnosno mere koje bi značajno doprinele prevazilaženju problema sa kojima se najčešće susrećemo u ovoj proizvodnji.

Zasnovana na višegodišnjem naučno-istraživačkom iskustvu i rezultatima autora, kao i relevantnoj literaturi u svetu i kod nas, monografija predstavlja sintezu aktuelnih istraživanja i predlaže nove strategije i tehnologije održivog razvoja. Autori poglavlja analiziraju različite aspekte ovog integrisanog sistema poljoprivrede, uključujući strategije za poboljšanje kvaliteta biljne proizvodnje, metode za poboljšanje plodnosti zemljišta i prednosti korišćenja organskih đubriva, inovativne pristupe u zaštiti bilja, te uticaj organske poljoprivrede na ekonomski i socijalni razvoj. Posebno smo želeli da ukažemo na značaj primene biopesticida i drugih bioloških mera, kao alternative hemijskim sredstvima za zaštitu bilja, kako u organskoj, tako i u integralnoj i konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Publikacija je namenjena široj naučnoj i stručnoj javnosti zainteresovanoj za razumevanje savremenih tendencija u oblasti organske poljoprivredne proizvodnje, a posebno studentima različitih usmerenja iz oblasti agronomije.

Zahvaljujemo svim autorima na izuzetnom doprinosu, i recenzentima na korisnim sugestijama koje su doprinele poboljšanju rukopisa. Zahvaljujemo izdavaču, Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu. Neizmerno hvala autorima čije su fotografije upotpunile ovu publikaciju. Nadamo se da smo na ovaj način, svi zajedno, doprineli prevazilaženju izazova sa kojima se organska poljoprivreda danas suočava.

Urednici

Izvod iz recenzije

„Ova monografija predstavlja originalnu naučnu sintezu. Imajući u vidu veliko iskustvo autora, te da je tekst rukopisa zasnovan na naučnim i stručnim činjenicama, monografija značajno doprinosi unapređenju znanja iz ove oblasti.”

Prof. dr Ferenc Bagi

„Prema mojim saznanjima, ovo je prva publikacija na srpskom jeziku sa ovako širokim obuhvatom organske poljoprivredne proizvodnje kao predmeta istraživanja, tretirajući istovremeno tehničko-tehnološke i socio-ekonomske aspekte te proizvodnje iz ugla različitih naučnih disciplina.”

Prof. dr Željko Vaško

„Publikacija je namenjena širem spektru čitalaca bez obzira na nivo predznanja, od poljoprivrednih proizvođača do naučnika koji se bave datom oblašću, praktično za svakog ko je uključen u lanac organske proizvodnje.”

Dr Željko Milovac

SADRŽAJ

UVOD	1
1. BIOAGROTEHNIČKE METODE U ORGANSKOJ BILJNOJ	
PROIZVODNJI – Vladimir Filipović, Snežana Dimitrijević	6
<i>Primena biopreparata (pripravaka) na bazi lekovitog bilja, povrća i korova kao sredstva za zaštitu, ishranu bilja i oplemenjivanje zemljišta, kao i u procesu kompostiranja</i>	8
<i>Cvetni pojasevi (polinarske trake ili eko-koridori)</i>	12
<i>Izolacioni pojas</i>	17
<i>Združeni ili međuusevi</i>	19
<i>Zelenišno đubrenje</i>	22
<i>Pokrovni usevi</i>	26
<i>Izbor i upravljanje pokrovnim usevima</i>	31
<i>Kompostiranje</i>	33
<i>Malčiranje</i>	37
<i>Primena rizobakterija koje poboljšavaju rast i kondiciju biljaka</i>	40
2. POKAZATELJI EFIKASNOSTI ISHRANE BILJAKA U KONTEKSTU ORGANSKE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE – Olivera Nikolić	51
<i>Održiva poljoprivreda: principi, prakse i budući pravci razvoja</i>	54
<i>Pokazatelji efikasnosti ishrane strnih žita</i>	59
<i>Umesto zaključka</i>	70
3. ZAŠTITA BILJA U ORGANSKOJ POLJOPRIVREDNOJ	
PROIZVODNJI – Slavica Vuković, Dragana Šunjka	76
<i>Biopesticidi i druga sredstva za zaštitu bilja dozvoljena u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji</i>	80
<i>Sredstva za zaštitu bilja sa dozvolom za primenu u organskoj</i>	87
<i>Potencijalni izvori bioaktivnih jedinjenja</i>	94
<i>Napredak u formulacijama biopesticida</i>	98
<i>Rizici primene biopesticida</i>	104
<i>Perspektive u zaštiti bilja u organskoj proizvodnji</i>	105
4. NAČINI SUZBIJANJA ŠTETOČINA U ORGANSKOJ PROIZVODNJI –	
Dejana Stanić	112
<i>Indirektne (preventivne) mere suzbijanja</i>	113
<i>Direktne mere suzbijanja</i>	125

	<i>Suzbijanje puževa, glodara i ptica u organskoj biljnoj proizvodnji</i>	135
5.	BIOINSEKTICIDI KAO POTENCIJAL ZA EKOLOŠKI	
	PRIHVATLJIVO SUZBIJANJE ŠTETOČINA – Dragana Bošković ..	143
	<i>Mikrobiološki bioinsekticidi</i>	146
	<i>Transgene biljke – Plant-incorporated protectants (PIP)</i>	153
	<i>Biohemijski bioinsekticidi</i>	154
	<i>Bionematocidi i bioakaricidi</i>	157
	<i>Makrobiološki bioinsekticidi</i>	158
	<i>Umesto zaključka</i>	160
6.	INOVATIVNE ZELENE STRATEGIJE KONTROLE BILJNIH	
	BOLESTI – Mila Grahovac, Dragana Budakov, Marta Loc	166
	<i>Pojava i značaj biljnih bolesti u poljoprivrednoj proizvodnji</i>	169
	<i>Raspoložive inovativne, zelene strategije zaštite biljaka od bolesti</i>	171
	<i>Primeri zelenih pristupa u zaštiti biljaka od bolesti</i>	183
7.	MOGUĆNOSTI KONTROLE KOROVA U ORGANSKOJ	
	PROIZVODNJI – Milena Popov, Nataša Samardžić, Bojan	
	Konstantinović	226
	<i>Preventivne mere kontrole korova u organskoj proizvodnji</i>	228
	<i>Mehaničke mere kontrole korova u organskoj proizvodnji</i>	235
	<i>Biohemijske mere kontrole korova u organskoj proizvodnji</i>	243
	<i>Biološke mere kontrole korova u organskoj proizvodnji</i>	253
	<i>Nove tehnologije u kontroli korova koje mogu naći primenu u organskoj</i>	259
8.	ORGANSKA POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA U FUNKCIJI	
	ODRŽIVOG RURALNOG RAZVOJA – Siniša Berjan	279
	<i>Uloga organske poljoprivrede u ruralnom razvoju</i>	282
	<i>Organski turizam</i>	286
	<i>Perspektive razvoja ruralnih područja u zemljama Zapadnog Balkana</i>	291
9.	EKONOMSKA DIMENZIJA ORGANSKE BILJNE PROIZVODNJE –	
	Mirela Tomaš Simin	298
	<i>Tržište organskih proizvoda</i>	302
	<i>Ekonomski aspekti organske proizvodnje</i>	309
	<i>Umesto zaključka</i>	321

UVOD

Kao odgovor na posledice konvencionalne poljoprivrede, često nekontrolisane i nestručne upotrebe agrohemikalija, rastuću zabrinutost za bezbednost hrane i svesti potrošača o značaju održivih sistema i očuvanja prirodnih resursa, te njihovu spremnost za kupovinu proizvoda iz takvih sistema, poslednjih decenija se povećavaju površine pod organskom poljoprivrednom proizvodnjom.

Organska poljoprivreda predstavlja proizvodni sistem koji integriše zdravlje zemljišta, ekosistema i ljudi, i temelji se na ekološkim procesima, biodiverzitetu i proizvodnim ciklusima prilagođenim lokalnim uslovima, umesto na upotrebi inputa sa neželjenim efektima.¹ Ovaj oblik proizvodnje je model održive poljoprivrede koji se zasniva na strogoj primeni ekoloških principa, uključujući racionalno korišćenje prirodnih resursa, upotrebu obnovljivih izvora energije, očuvanje prirodne raznolikosti i zaštitu životne sredine. Glavni cilj organske poljoprivrede je proizvodnja hrane visokog kvaliteta uz očuvanje ekosistema i održavanje plodnosti zemljišta.

Površine u svetu pod organskom poljoprivrednom proizvodnjom u 2022. godini iznosila je 96 miliona hektara, broj organskih proizvođača dostigao je 4,5 miliona, dok je vrednost prodaje organske hrane dostigla skoro 135 milijardi evra. Organska poljoprivreda beleži sve veće prisustvo i u Evropskoj uniji, gde su tokom 2020. godine površine pod organskom proizvodnjom procenjene na 14,7 miliona hektara, što čini 9,1% ukupnih poljoprivrednih površina², dok je 2022. godine 16,9 miliona hektara bilo pod organskom proizvodnjom. Ove površine obuhvataju kako sertifikovane parcele, tako i one u procesu konverzije. Prema poslednjim dostupnim podacima, Austrija ima najveći udeo površina pod organskom poljoprivredom sa oko 25,3%, dok je najmanji udeo Malte sa 0,6%. U

¹ <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>

² <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240619-3>

najvećoj meri to su površine pod livadama i pašnjacima, zatim pod krmnim biljem, žitaricama i višegodišnjim zasadima, kao što su voće, masline i vinogradi.

U regionu Balkana, površine pod sertifikovanom organskom poljoprivredom čine samo 0,39% ukupne poljoprivredne površine. Prema poslednjem popisu iz 2022. godine, organska proizvodnja u Republici Srbiji pokriva 25.035 hektara, što predstavlja značajan rast u odnosu na 19.318 hektara zabeleženih u 2020. godini³. Srbija ima izuzetne ekološke i klimatske uslove da, pored tradicionalne proizvodnje bobičastog i ostalog voća, proizvodi povrće, žitarice i uljarice iz organskog sistema proizvodnje koje su veoma tražene na međunarodnom tržištu. Ovom u prilog idu i činjenice da svetsko tržište organskih proizvoda beleži konstantan rast, potražnja za organskim proizvodima raste u mnogim zemljama, a poslednjih godina su se otvorila nova tržišta za ove proizvode. U skladu sa rastom proizvodnje, udvostručila se i maloprodaja organskih proizvoda. Najveće tržište je u Nemačkoj i Francuskoj, dok su najveći potrošači organskih proizvoda Švajcarci. Zahvaljujući pre svega stimulativnim merama vlade i ceni koja je za proizvode iz organske proizvodnje 25-30% veća u odnosu na one konvencionalno proizvedene, najveći udeo ovih proizvoda na tržištu ima Danska, sa ciljem da celokupnu poljoprivrednu proizvodnju prevede u organsku i biodinamičku. Ovom doprinosi i činjenica da su organski proizvodi zdravstveno bezbedni, bez prisustva hemijski-sintetizovanih supstanci.

Danas, razvoj organske proizvodnje zavisi od stručnog znanja, svesti o značaju očuvanja prirodnih resursa i životne sredine, kao i od ekonomskih faktora, tržišnih uslova i dostupnosti podsticajnih sredstava. Proizvodi koji se dobijaju primenom principa organske poljoprivrede postaju sve popularniji na globalnom nivou i zauzimaju sve veće površine u proizvodnji. Bitno je naglasiti da se poljoprivredna proizvodnja u ruralnim područjima, u okviru organske proizvodnje, odvija uz relativno niske nivoe inputa, što rezultira smanjenjem ili potpunim eliminisanjem zagađenja zemljišta, vode i vazduha.

Nemoguće je govoriti o trendovima u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, a ne spomenuti biodinamičku poljoprivredu. Biodinamička poljoprivreda je poseban oblik organske poljoprivrede, razvijen od strane Rudolfa Štajnera, austrijskog naučnika i filozofa, s početka dvadesetog veka. Po njemu, osnova biodinamičke poljoprivredne proizvodnje ogleda se u prisustvu „životne sile“ u biljkama i zemljištu, koje se upotrebom

³ <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/publikacije/publication/?p=15431>

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

pesticida i veštačkih đubriva smanjuju i gube, a podstiču gajenjem biljaka i životinja na način koji prati ustaljene prirodne tokove. Biodinamička poljoprivreda deli mnoge aspekte sa organskom poljoprivredom, s obzirom da oba sistema brinu o zemljištu, izbegavajući sintetička đubriva i hemijske pesticide. I dok je polazna osnova za biodinamički uzgoj uvek organski, glavna razlika između biodinamičke i organske poljoprivrede je u tome što biodinamika uzima u obzir ritam prirode. U biodinamičkoj poljoprivredi duhovnost igra važnu ulogu, s obzirom da su ovi proizvođači posebno svesni nematerijalnih sila koje deluju u prirodi - od efekata kretanja sunca i meseca do međusobne povezanosti svih stvari ispod i iznad površine tla.

Organska proizvodnja ima dvostruku društvenu funkciju. S jedne strane, zadovoljava specifičnu tržišnu potražnju za ekološkim proizvodima, dok s druge strane doprinosi zaštiti životne sredine, dobrobiti životinja i ruralnom razvoju⁴.

Poseban izazov u organskoj poljoprivredi predstavlja zaštita bilja od fitopatogenih organizama, štetnih insekata, korova i drugih štetnih agenasa. Upravo je nedostatak efikasnih strategija za zaštitu useva jedan od ključnih faktora koji ograničavaju širenje organske poljoprivredne proizvodnje. Klimatske promene i prisustvo invazivnih vrsta štetočina poslednjih godina povećavaju rizik od gubitka useva i otežavaju ionako zahtevnu proizvodnju. Usled globalnih putovanja i trgovine, štetni organizmi se pojavljuju ranije u sezoni i dalje od svog izvornog okruženja, gde nisu prirodno uneti, a prisutni u novim staništima, nanose veliku štetu autohtonim biljnim vrstama i životnoj sredini, otežavajući zaštitu bilja.

Svakako da primaran izbor u zaštiti bilja, kada je reč o organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, predstavljaju preventivne mere. Širok spektar ovih mera nastoji da populaciju štetnih organizama održi ispod praga ekonomske štetnosti. Biopesticidi, kao i hemijska sredstva za zaštitu bilja dozvoljena za primenu u organskoj proizvodnji, koriste se tek u slučaju kada za to postoji opravdan razlog i neophodnost. Međutim, na tržištu je dostupan vrlo ograničen broj ovih preparata. Glavni uzroci ovakvog stanja leže pre svega u komplikovanim postupcima registracije biopesticida, ograničenog izbora bioaktivnih agenasa, ali i dalje u neadekvatnim rešenjima kada su u pitanju formulacije ovih preparata.

⁴ Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. Official Journal of the European Union, L 189/1.

Sve veća zabrinutost za bezbednost hrane i zaštitu životne sredine, prisustvo rezistentnih populacija štetnih organizama i degradacija biodiverziteta usled upotrebe hemijskih pesticida, doprinose rastu trenda organske poljoprivredne proizvodnje, ali istovremeno predstavljaju i ključne izazove savremene nauke.

Ova monografija na sveobuhvatan način pruža uvid u izazove i trendove savremene organske poljoprivrede, od proizvodnje do ekonomskih i društvenih aspekata i daje niz konkretnih studija slučaja o održivom razvoju organske proizvodnje. Takođe, ona istražuje različite aspekte organske i održive poljoprivrede i predstavlja kritičku ocenu dostignuća i ograničenja sistema organske poljoprivredne proizvodnje, ističući nedavne inovacije u ovoj oblasti.

Nastala u svetlu aktuelnih propisa kojima se upotreba hemijskih pesticida nastoji smanjiti za 50% i istovremeno povećati udeo zemljišta pod organskom poljoprivrednom proizvodnjom na 25% do 2030. godine⁵, monografija pruža smernice za realizaciju navedenih ciljeva i poboljšanje održivosti poljoprivredne proizvodnje. Kako bi se navedeno realizovalo, neophodno je prvenstveno podstaći poljoprivredne proizvođače na organski način proizvodnje. Time bi se doprinelo povećanju potrošnje organskih proizvoda i jačanju poverenja na tržištu, o čemu govore i podaci da potrošači sve više cene organske proizvode, smatrajući organsku hranu zdravijom. U prilog tome govori i činjenica da je organska poljoprivreda utvrđena brojnim specifičnim pravilima o dostupnim sredstvima za zaštitu i ishranu bilja, te da su dobijeni proizvodi ekološki prihvatljiviji i pogodniji za dobrobit svih činilaca uključenih u proces proizvodnje.

Međutim, pored neophodnog finansijskog ulaganja, organska poljoprivreda zahteva znanje, čime bi se sistem proizvodnje dodatno unapredio, učinio odzivijim i produktivnijim. S tim u vezi, Evropska komisija namerava da opredeli najmanje 30% budžeta za aktivnosti istraživanja i inovacija u oblastima poljoprivrede, šumarstva i ruralnog razvoja, relevantne za organski sektor.

Poznato je da organska poljoprivreda doprinosi zaštiti životne sredine i klime, dugoročnoj plodnosti zemljišta, visokom nivou biodiverziteta i standardima opšte dobrobiti. Međutim, važno je istražiti nove i poboljšane načine proizvodnje organske hrane uz najmanji mogući uticaj na životnu sredinu. Potrebno je dodatno poboljšati doprinos organskog sektora održivosti i ekološkim izazovima, fokusiranjem na klimatski i

⁵ Green deal – Farm to Fork strategy, https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ekološki otisak, povećanje genetskog biodiverziteta i prinosa, kao i razvoj alternativa spornim inputima uz što efikasniju eksploataciju dostupnih resursa.

Autori poglavlja analiziraju različite aspekte ovog integrisanog sistema poljoprivrede, uključujući strategije za poboljšanje kvaliteta biljne proizvodnje, metode za poboljšanje plodnosti zemljišta i prednosti korišćenja organskih đubriva, inovativne pristupe u zaštiti bilja, te uticaj organske poljoprivrede na ekonomski i socijalni razvoj. S obzirom na značaj zaštite bilja u savremenoj organskoj proizvodnji, a imajući u vidu brojne izazove sa kojima se suočava, u knjizi se na sveobuhvatan način razmatraju mogućnosti njihovog prevazilaženja i daju smernice za poboljšanja, kako sa praktičnog, tako i sa zakonodavnog aspekta. Poseban akcenat stavljen je na značaj primene biopesticida i drugih bioloških mera, kao alternative hemijskim sredstvima za zaštitu bilja, ne ograničavajući se samo na organsku poljoprivrednu proizvodnju. U knjizi se, prateći trendove, sagledava i uticaj organske poljoprivrede na ruralni razvoj i ekonomiju u celini, ističući značaj ove delatnosti za ekološki, ali i društveni rast.

BIOAGROTEHNIČKE METODE U ORGANSKOJ BILJNOJ PROIZVODNJI

Vladimir Filipović, Snežana Dimitrijević



^{1,2}Metode koje se primenjuju u organskoj proizvodnji su odavno poznate i njihova primena je u stalnom rastu, zbog čega se kao takve sve više usvajaju od strane šire poljoprivredne, ali i urbane zajednice. Pored fizičkih i mehaničkih mera i klasičnih agrotehničkih metoda, u prethodnom periodu se sve više koriste biološke i njihova kombinacija, tzv. bioagrotehničke metode (mere). Njihovom primenom može se lakše prilagoditi neizbežnim klimatskim promenama uz poštovanje i očuvanje biodiverziteta, održavanje kvaliteta zemljišta, poboljšanje uslova životne sredine, te zaštite zdravlja i dobrobiti ljudi i domaćih životinja, a u cilju da proizvedena hrana osigurava zdravlje i zaštitu životne sredine, kao i da po mogućstvu poseduje i visoki nutritivni kvalitet.

Posledice učestalog i neadekvatnog korišćenja agrohemikalija (pesticida i mineralnih đubriva), a pre svega zagađenje voda, vazduha i zemljišta, smanjena biološka aktivnost, smanjena mikrobiološka brojnost i aktivnost u zemljištu, te spora razgradnja plastika, više su nego zastrašujuće (Bao et al., 2024). Takav odnos može naštetiti prvo ciljanim, a potom i neciljanim biljkama, insektima, pticama, sisarima i vodozemcima, a u krajnoj meri divljim i domaćim životinjama, kao i ljudima. S tim u vezi, da bi se sačuvao ekosistem, preciznije agroekosistem, Evropska Komisija je u decembru 2019. godine, usvojila *Evropski zeleni plan* i nekoliko strategija koje uređuju ovu oblast. Prva je Strategija Evropske unije za zemljište koja postavlja niz ambicioznih i neophodnih ciljeva za obnavljanje zemljišta u EU. Ova strategija se do 2030. godine u velikoj meri „oslanja“ na *Evropski zeleni plan* i usko je povezana sa ostalim strategijama koje čine osnovu ovog plana: „Od njive do trpeze - za pravedan, zdrav i ekološki prihvatljiv prehrambeni sistem“ COM (2020) 381, strategijom „Za bioraznolikost do 2030. godine sa ciljem vraćanja prirode u naš život“ COM (2020) 380 i „Strategijom održivosti u oblasti hemikalija - Prelazak na netoksičnu sredinu“ COM (2020) 667. Navedene strategije se međusobno dopunjuju i udružuju prirodu, poljoprivrednike, preduzeća i potrošače u potrazi za konkurentno održivom budućnošću (Filipovic et al., 2024a).

Uzimajući u obzir napred navedeno, pored primarne upotrebe organskih metoda u organskoj proizvodnji, one se koriste i u biodinamičkoj i urbanoj, ali sve više i u konvencionalnoj proizvodnji (naročito u delu

¹Dr Vladimir Filipović, naučni savetnik

Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Republika Srbija
Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje "Serbia Organika", Beograd,
Republika Srbija

²Dr Snežana Dimitrijević, naučni saradnik

Institut za multidisciplinarna istraživanja Univerziteta u Beogradu, Republika Srbija

povrtarske i voćarske proizvodnje), pre svega zbog sve strožijih uslova, koje nameću kako domaće, tako i inostrana tržišta (Filipović et al., 2021a). U cilju boljeg razumevanja koje su to bioagrotehničke metode koje omogućavaju bolji i održiviji razvoj kada je organska (ali i urbana, biodinamička, regenerativna, konvencionalna, integralna,...) proizvodnja bilja u pitanju, neophodno je navesti neke od njih, kako bi se shvatila uloga i značaj kroz dobrobiti koje svojom primenom za agroekosistem svaka od njih pruža:

- biopreparati (pripravci) na bazi biljaka;
- cvetni pojasevi (ili eko-koridori);
- izolacioni pojas;
- združeni (ili međuusevi);
- zelenišno đubrenje;
- pokrovni usevi;
- kompostiranje;
- malčiranje i
- rizobakterije koje poboljšavaju rast i kondiciju biljaka.

Pored odabranih, isto tako važno mesto u organskoj, ali i ostalim sistemima proizvodnje bilja zauzimaju i druge metode, kao što su plodored, biljke prijatelji, zeleni ugar, zatravnjivanje međuprostora u višegodišnjim zasadima, održivo upravljanje livadama i pašnjacima, primena predatora i njima slične metode.

Primena biopreparata (pripravaka) na bazi lekovitog bilja, povrća i korova kao sredstva za zaštitu, ishranu bilja i oplemenjivanje zemljišta, kao i u procesu kompostiranja

Pored postojećih, Liste registrovanih sredstava za zaštitu bilja i Liste registrovanih sredstava za ishranu bilja i oplemenjivača zemljišta koja se mogu koristiti u organskoj proizvodnji, a koje su formirane na osnovu Pravilnika o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje (Službeni glasnik RS, broj 95 od 3. jula 2020, 24 od 19. marta 2021.) odnosno njihovih Priloga (Prilog 1 i 2) u praksi, ali i u istraživanjima sve se više koriste tzv. pripravci na bazi lekovitog bilja, povrća i korova (Filipović i sar., 2022). Tačnije, početkom dvadesetog veka uvođenjem do tad nepoznatih proizvodnih metoda (biodinamičkih i organskih) intenziviran je rad na polju upotrebe ovih vrsta bilja u različitim vrstama biljne proizvodnje (ratarska, povrtarska, voćarska, vinogradarska i ostale), ali i u proizvodnji različitih pripravaka odnosno prirodnih sredstava za ishranu i zaštitu bilja, kompostu i njemu sličnim proizvodima.

ored industrijski proizvedenih preparata, u organskoj proizvodnji se u velikoj meri koriste biljni preparati napravljeni na samom gazdinstvu.

Ovi pripravci deluju insekticidno, baktericidno i fungicidno. Pored zaštitne uloge, veliki broj ovih pripravaka se koristi i za ishranu gajenih biljaka. Prirodni preparati se proizvode od lekovitih, aromatičnih, začinskih biljaka, povrća, korova i ostalog bilja. Poznati su od davnina. U poslednje vreme se sve više koriste pre svega zbog negativnih posledica, koje su izazvala sintetički proizvedena hemijska sredstva za zaštitu i ishranu bilja. Pravilno upotrebljeni, osiguravaju zdrav i kvalitetan prinos, odnosno prihvatljivu i održivu proizvodnju za čoveka i okolinu. Primera radi, sa jedne strane korišćenje pripravka na bazi koprive koji je bogat azotom, fosforom, kalijumom, sumporom, kalcijumom, gvožđem i ostalim hranljivim elementima i sa druge strane neko sintetičko đubrivo (Filipović et al., 2011). Korišćenjem koprive, koristi se resurs sa sopstvenog imanja, ne kontaminira se ni zemljište ni biljka, ali i ne pravi trošak koji nastaje kupovinom nekog sintetičkog đubriva, čijom se primenom rizikuje kontaminacija zemljišta neželjenim teškim metalima, i ostalim štetnim sintetičkim jedinjenjima, ugrožava plodnost tj. biogenost (biološku aktivnost), te u određenoj meri utiče i na njegovu strukturu i pH vrednost.

S tim u vezi, a kako bi se skrenula pažnja na značaj upotrebe pripravaka, u nastavku se navode samo ona uputstva za pripremu pripravaka koja su potvrđena u istraživačkom i praktičnom radu. Treba napomenuti da prilikom sakupljanja biljaka (ukoliko nisu gajene) za izradu prirodnih preparata moraju biti ubrane daleko od zagađenih područja ili područja koja su pod uticajem intenzivne (konvencionalne) poljoprivrede. Biljke ili delovi biljaka za pripremu pripravaka, beru se po suvom i sunčanom vremenu od marta do novembra, u zavisnosti od vrste koja se sakuplja (Filipović et al., 2021b). Sledeće vrste pripravaka moguće je proizvesti u domaćoj radinosti, to jest na sopstvenom imanju:

Čaj se spravlja od svežih ili suvih delova biljke koji se preliju kipućom vodom i čaj se ostavi da odstoji oko 20 minuta. Potom se procedi i ohladi i u zavisnosti od upotrebjene vrste odmah koristi ili se razredi sa vodom (najpoželjnija kišnica ili odstajala bunarska voda) i onda koristi.

Uvarak (čorba) se priprema kada se usitnjeni delovi odgovarajuće biljke preliju hladnom vodom i ostave 24 časa. Posle toga čorba se kuva 15-30 minuta, zatim se ohladi, procedi i dobijena tečnost (čorba) se koristi za tretiranje (prskanje – najčešće razređena).

Tabela 1.1. Različite vrste biljnih pripravaka za zaštitu, ishranu bilja i oplemenjivanje zemljišta i za primenu kao tzv. „kompostni čajevi“ u procesu kompostiranja

Narodni naziv	Biljna vrsta	Deo koji se koristi	Vrsta pripravka	Svrha korišćenja*
kamilica	<i>Chamomilla recutita</i> L.	cvet	čaj	PZB, PIBOZ, KČ
velika kopriva	<i>Urtica dioica</i> L.	nadzemni deo; lišće	macerat, fermentisani ekstrakt	PZB, PIBOZ, KČ
gavez	<i>Symphytum officinale</i> Wallwort	lišće	fermentisani ekstrakt	PIBOZ, KČ
maslačak	<i>Taraxacum officinalis</i> Weber	nadzemni deo, koren	čaj, macerat, fermentisani ekstrakt	PZB, PIBOZ, KČ
beli luk	<i>Allium sativum</i> L.	nadzemni deo	čaj, fermentisani ekstrakt	PZB, KČ
njivski rastavić	<i>Equisetum arvense</i> L.	nadzemni deo	čaj, uvarak, fermentisani ekstrakt	PZB, KČ
vrtič	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	cvet	čaj	PZB
hajdučka trava	<i>Achillea millefolium</i> L.	nadzemni deo	uvarak, macerat	PZB, PIBOZ, KČ
neven	<i>Calendula officinalis</i> L.	cvet	macerat	PZB, KČ
odoljen	<i>Valeriana officinalis</i> L.	cvet, nadzemni deo	macerat	PIBOZ, KČ
kadifce	<i>Tagetes</i> sp.	cvet	čaj, macerat	PZB
čičak	<i>Arctium lappa</i> L.	lišće	macerat	PZB, KČ

*Napomena: PZB - pripravak za zaštitu bilja, PIBOZ - pripravak za ishranu bilja i oplemenjivanje zemljišta i KČ - „kompostni čaj“

Macerat nastaje tako što se isitnjeni delovi biljke preliju hladnom vodom (najbolje kišnicom) i ostave da odstoje 24 časa. Macerat se procedi i tečnost se koristi.

Fermentisani ekstrakt nastaje kada se sveži (najbolje) ili suvi biljni delovi preliju hladnom vodom i ostave napolju sve dok ne započne vrenje. Masa se u toku 7-12 dana povremeno meša. Fermentacija je završena kada biljni delovi padnu na dno posude, a tečnost izbistri. Ekstrakt se obavezno pre tretiranja biljaka razređuje vodom (najčešće je to odnos jedan deo ekstrakta i 10, 20 ili 50 delova vode).

U praksi postoje primeri gde se izrađuju pripravci sa delovima većeg broja biljnih vrsta tzv. višekomponentni pripravci. Najčešće se mešaju kopriva i beli luk, kopriva i gavez, kopriva i rastavić i sl. (Filipovic et al., 2024a). Ipak, najčešće se izrađuju pripravci u zavisnosti od namene (prisustvo određenih bolesti i štetočina, potrebe za određenom mineralnom ishranom pojedinih biljaka ili pak u procesu kompostiranja). Primer jednog od recepata za pripremu pripravka na bazi lekovitog bilja, a koji se može koristiti za zaštitu i ishranu bilja - fermentisani ekstrakt od koprive i gaveza - usitniti po 1 kg nadzemne mase koprive i gaveza pa ih potopiti u 10 litara vode (kišnica ili odstajala voda iz vodovoda) u PE bure zapremine od 20 do 50 litara. Kada masa prestane da peni tj. za nekoliko dana, pripravak se procedi i razblaži u odnosu 1:10 sa kišnicom ili odstajalom vodom iz vodovoda. Prilikom primene zaliva se zemlja oko biljaka, i to jednom nedeljno odnosno četiri puta mesečno. U zaštiti bilja se najčešće koristi protiv biljnih vaši, a u ishrani bilja kao pripravak koji je bogat azotom i kalijumom, odnosno koristi se kao „prirodno“ azotno i kalijumovo đubrivo (Filipović and Ugrenović, 2018). Sadržaj biljkama dostupnih oblika hraniva u ovako pripremljenom tečnom pripravku koprive je 0,005% ukupnog N, 0,0019% P₂O₅ i 0,015% K₂O.

U dosadašnjem praktičnom i istraživačkom radu prilikom upotrebe različitih vrsta pripravaka na bazi lekovitog bilja, povrća i korova ostvareni su značajni rezultati, kako u pogledu smanjenja prisutnosti ekonomski značajnih bolesti i štetočina, tako i u pogledu mineralne ishrane tretiranih useva, što je značajno uticalo na povećanje produktivnosti i kvaliteta gajenih biljaka. Prilikom primene fermentisanog ekstrakta rastavića (*Equisetum arvense* L.) u cilju suzbijanja prouzrokovala plamenjače paradajza (*Phytophthora infestans* (Mont.)), nakon šest nedelja od prvog tretmana, odnosno četiri tretmana biljaka sa fermentisanim ekstraktom rastavića, zabeleženo je najmanje prisustvo patogena (Filipović et al., 2023b). U usevu pšenice u kome je korišćen veći broj pripravaka, najveći mortalitet lisnih vaši dobijen je nakon primene pripravaka na bazi duvana (57,9%) i na bazi belog luka (57,91%). Zadovoljavajuća antifungalna svojstva u grupi od 24 botanička

pripravka na pojavu gljive *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pokazali su pripravnici na bazi belog luka i čička (Rongai et al., 2015). Jedna od mnogobrojnih lekovitih vrsta koja se može koristiti za izradu pripravaka je rimska kamilica, a koja je i tržišno sve atraktivnija. Ona se može takođe koristiti za suzbijanje nekoliko ekonomski štetnih gljiva, kao što su *Aspergillus candidus*, *A. niger*, *Penicillium* sp. i *Fusarium culmorum* (Filipović et al., 2024b).

Cvetni pojasevi (polinatorske trake ili eko-koridori)

Cvetni pojasevi (cvetne trake, polinatorske trake, eko - koridori i sl.) su jedno-, dvo- ili višegodišnji pojasevi posejani uz ivicu parcele i služe kao staništa za oprašivače (polinatore), druge korisne insekte i ptice, doprinose poboljšanju biodiverziteta, zatim sprečavaju eroziju zemljišta i služe za unapređenje ruralnog ambijenta (Filipović i sar., 2023). Najčešća primena cvetnih pojaseva je u područjima gde je dominantan intenzivni tip poljoprivredne proizvodnje sa velikim oraničnim površinama (Filipović et al., 2011a). Pozicije na kojima se zasnivaju cvetni pojasevi su u najvećem delu na ivicama (rubovima) parcela, mada ima i onih kojih se seju unutar same parcele, kako bi se efekat koji oni stvaraju dodatno pojačao. Postoji veliki broj različitih cvetnih smeša koje se razlikuju prema upotrebi, sastavu, terminu setve, dužini trajanja i slično. Jednogodišnji cvetni pojasevi uglavnom „prate“ intenzivne jednogodišnje ratarske useve, višegodišnji „prate“ višegodišnje zasade od voćnih, preko vinove loze do krmnih zasada.

Prethodne, ali i nova zajednička poljoprivredna politika (2023–27) EU ima za cilj da poveća njihov udeo usmeravanjem jedne četvrtine direktnih plaćanja na subvencionisanje agroekoloških šema, kakvo je i subvencionisanje uvođenja cvetnih pojaseva (Szitár et al., 2022). U dosadašnjoj praksi u zavisnosti od namene cvetnog pojasa, može se primetiti da postoji veliki broj različitih cvetnih mešavina koje čine ovu bioagrotehničku metodu. Od, na primer, mešavina za unapređenje postojećeg biodiverziteta koji se koristi kao stanište i izvor hrane za korisne insekte i oprašivače, do mešavine za sprečavanje erozije zemljišta ili mešavina koje se pored svoje agro-ekološke funkcije mogu koristiti i kao dodatak jelima i salatama. Da bi bilo lakše sagledati formu i strukturu cvetnih pojaseva, nekoliko biljnih vrsta se izdvojilo po svojim ekofiziološkim, morfološkim, fenološkim i biohemijskim osobinama i one kao takve u najvećem broju slučajeva su sastavni deo najvećeg broja komercijalnih i smeša koje se istražuju.

Što se tiče odabira cvetajućih vrsta bilja, u zavisnosti od vrste insekta u cvetnom pojasu biramo i sastav cvetne smeše. Tako na primer, broj

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

bumbara se povećava ukoliko u cvetnoj smeši ima više biljaka iz familije Fabaceae, a njihov broj se smanjuje kod biljaka iz familije Apiaceae. Broj osolikih muva je veći ukoliko u mešavini ima više biljaka iz familije Apiaceae. Jedno od primenjivih istraživanja realizovano je od 2018, pa sve do 2024. godine u okviru projekta pod nazivom „Stacking of ecosystem services: mechanisms and interactions for optimal crop protection, pollination enhancement, and productivity” (EcoStack), Horizon 2020, Grant No. 773554, na kome su iz Srbije učestvovali istraživači sa Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, i kao podrška istraživači sa Instituta za proučavanje lekovitog bilja “Dr Josif Pančić” iz Beograda i Instituta za zemljište iz Beograda, a centralno mesto su zauzimala istraživanja vezana za cvetne pojaseve (Ugrenović et al., 2020a; Angelovski, 2022; Raičević et al., 2024).



Slika 1.1. Rad na realizaciji projekta iz Programa Horizon 2020, na kome su centralno mesto zauzimala istraživanja vezana za cvetne pojaseve (foto: Filipović)

Kako je u navedenim istraživanjima i potvrđeno, neke od biljnih vrsta iz nekoliko familija su u velikom broju cvetnih mešavina neophodne (neke od njih su i zakonski propisane kroz minimalni udeo u mešavini) da svojim učešćem budu sastavni deo cvetnih mešavina. Neke od ovih familija su Hydrophyllaceae (učešće od 5 do 35%), Polygonaceae (od 5 do

20%), Fabaceae (zbog svojih višestrukih pozitivnih osobina preporučuje se učešće minimalno od 3 do 5 vrsta sa ukupnim učešćem od 5 do 40%), Brassicaceae (od 5 do 15%), Asteraceae (od 5 do 15%), Lamiaceae, Apiaceae, Boraginaceae, Malvaceae i dr. Jedna od familija koja gotovo sigurno u svakoj cvetnoj mešavini ima svoje predstavnike je svakako familija Fabaceae, čije vrste su posebno omiljene kod medonosnih pčela, te se iz tog razloga veliki broj ovih biljnih vrsta i nalazi na listama biljnih vrsta koje su odobrene za zasnivanje cvetnih pojaseva. Jedna od najprisutnijih vrsta u cvetnim mešavinama je facelija (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) iz familije Hydrophyllaceae. Pored njene dobro poznate karakteristike da je odlična pčelinja paša, ona čisti zemljište od nematoda, ali i od ambrozije (Popović et al., 2024). S tim u vezi, pojedine kompanije za proizvodnju i preradu šećera ugovaraju sa proizvođačima i setvu cvetnih pojaseva u čijim smešama facelija zauzima posebno mesto.

Druga vrsta koja se nalazi u velikom broju cvetnih smeša je heljda (*Fagopyrum esculentum* Moench). Ova jednogodišnja vrsta pripadnica familije Polygonaceae poseduje nekoliko osobina koje je svrstavaju u red „poželjnijih“ vrsta koje ulaze u sastav cvetnih smeša. Heljda je biljka skromnih zahteva prema uslovima spoljašnje sredine, gaji se i na siromašnim zemljištima. Takvo mesto zaslužuje zbog svoje kratke vegetacije i visoke medonosnosti i kao takva predstavlja odličnu pčelinju pašu tokom letnjeg i jesenjeg perioda, kada nema drugih medonosnih biljaka. Još jedna jednogodišnja zeljasta vrsta zauzima posebno mesto kada su cvetne smeše i cvetni pojasevi u pitanju. Bela slačica (*Sinapis alba* L.) pripada familiji kupusnjača (Brassicaceae) i ona svojim biološkim, agrotehničkim i medonosnim karakteristikama često pored cvetnih pojaseva nalazi mesto i kao usev za zelenišno đubrenje, pokrovne useve, međuuseve, pčelinju pašu (Ugrenović et al., 2019).

Veliki je agrotehnički značaj bele slačice, kao useva guste setve zato što ostavlja zemljište dobrih fizičkih osobina, nezakorovljeno, ali zbog toga što ispušta nematofobne materije i koristi se za suzbijanje nematoda šećerne repe i drugih korenasto-krtolastih biljaka (Filipović, 2022). Zajedno sa ovsem se može koristiti kao pokrovni usev čime se proširuje plodored i povećava agrobiodiverzitet u vremenu i povećava broj ukupne mikroflore, amonifikatora, aktinomiceta, *Azotobacter* sp. u zemljištu (Ugrenović et al., 2024). Navedena istraživanja i praktično iskustvo su doprineli u potvrdi značaja nekoliko biljnih vrsta koje su i u nekim prethodnim radovima navedene kao pogodne za sastav cvetnih smeša, ali i neke koje nisu ili su bile manje pominjane, kao što su prikazane u Tabeli 1.2.

Primer cvetne smeše (Gotlin Čuljak i sar., 2016) koju je kreirala kompanija Syngenta, a koja je razvijana u okviru programa „Operacija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

polinator“, je mađarska mešavina sastavljena od sledećih biljnih vrsta: *Phacelia tancetifolia* 5% (Hydrophyllaceae), *Fagopyrum esculentum* 15% (Polygonaceae), *Trifolium alexandrinum* 7%, *Lotus corniculatus* 3%, *Medicago sativa* 12%, *Trifolium pratense* 23%, *Trifolium repens* 5%, *Onobrychis viciifolia* 15%, *Trifolium incarnatum* 10% (Fabaceae) i *Sinapis arvensis* 2% (Brassicaceae). “Operacija polinator” se pokazala kao velika pomoć poljoprivrednim proizvođačima da uspešno razvijaju i upravljaju biološko raznovrsnim staništima na ključnim lokacijama oko poljoprivrednog imanja, uz istovremeno značajno poboljšanje životnih uslova populacije insekata oprašivača. Na osnovu nezavisnih posmatranja potvrđeno je da stvaranje staništa za oprašivače u roku od tri godine povećava broj bumbara za čak 6 puta, broj leptira 12 puta i drugih insekata za više od 10 puta. Povećanjem broja prirodnih oprašivača pozitivno se utiče na povećanje prinosa i kvalitet mnogih useva.

Tabela 1.2. Neke od preporučenih biljnih vrsta za zasnivanje cvetnih pojaseva za teritoriju Južnog Banata

Naziv familije	Narodni naziv biljne vrste	Latinski naziv biljne vrste
Glavočike (Asteraceae)	• hajdučka trava	• <i>Achillea millefolium</i>
	• neven	• <i>Calendula officinalis</i>
	• razlićak	• <i>Centaurea cyanus</i>
	• artičoka	• <i>Cynara scolymus</i>
Slezovi (Malvaceae)	• beli slez	• <i>Althaea officinalis</i>
	• korijander	• <i>Coriandrum sativum</i>
Štitonoše (Apiaceae)	• anis	• <i>Pimpinella anisum</i>
	• šargarepa	• <i>Daucus carota</i>
	• morač	• <i>Foeniculum vulgare</i>
	• bela slačica	• <i>Sinapis alba</i>
Kupusnjače (Brassicaceae)	• gorušica	• <i>Sinapis arvensis</i>
	• repica	• <i>Brassica napus</i>
	• crni kim	• <i>Nigella sativa</i>

U praksi, faktori kao što su tip zemljišta, prvobitno korišćenje zemljišta, način setve i vremenski uslovi, snažno utiču na uspeh uspostavljanja cvetnih traka, dok se dalji uspeh ogleda u toku vegetacije najviše kod intenziteta cvetanja, produktivnosti i kvaliteta glavnog useva, zbog čega se u najvećoj meri i same cvetne trake zasnivaju. Od odabira pojedinih cvetnih mešavina će zavisiti i prisustvo/odsustvo pojedinih insekata, ali i agrohemijske, te vodno-vazdušne i mehaničke promene u zemljištu na

kome su zasnovane cvetne trake. Sve vrste agrotehničkih mera (npr. plodored, selekcija i odabri sorti, primena različitih vrsta plodoreda, đubrenje organskim đubrivima i dr.) imaju za cilj stvaranje povoljnih hranidbenih i sanitarnih uslova zemljišta kao i povećanje otpornosti biljaka na bolesti i štetočine. Kako bi se zadovoljili sve striktniji uslovi u proizvodnji hrane i zaštitu životne sredine, dozvoljeno je primenjivati samo jedinjenja prirodnog porekla, sa aktivnim materijama namenjenim za eliminisanje ili suzbijanje određenih prouzrokovaca oboljenja i/ili štetočina. S obzirom da Evropska unija namerava da do 2030. godine smanji ukupnu upotrebu hemijskih pesticida i rizika od njihove primene za 50%, kao i smanjenje upotrebe đubriva za 20%, potrebna je alternativa u ishrani i zaštiti bilja i zemljišta. Jedna od alternativa u paketu mera u većem ili manjem procentu je i uvođenje cvetnih pojaseva koji pored primarne uloge, mesta za privlačenje polinatora i predatora, svojim učešćem u poljoprivrednim područjima mogu koristiti kao prirodni metod oblikovanja poljoprivrednog pejzaža i uvećanja efikasnosti bioloških metoda suzbijanja bolesti i štetočina (Szitár et al., 2022). Upotreba odgovarajućih cvetnih pojaseva kao bioagrotehničke metode je postao popularniji poslednjih godina i sada je važan alat u kontroli bolesti i štetočina, kao i deo strategije u vezi očuvanja agrobiodiverziteta. Zbog svog pozitivnog delovanja na useve/zasade, te na zemljište, kao i na veće prisustvo polinatora i predatora, poljoprivredni proizvođači se sve više podstiču da koriste cvetne pojaseve u prvom redu da bi se sprečilo smanjenje raznovrsnosti vrsta u agroekosistemu.

Svojim konceptom i pristupom proizvodnji hrane organska proizvodnja može dodatno doprineti poboljšanju proizvodnih uslova ali i da održi visoku funkcionalnu raznovrsnost osobina biljaka povezanih sa očuvanjem biodiverziteta, plodnosti kako zemljišta tako i agroekosistema u celini. U sadejstvu sa cvetnim pojasevima, organska proizvodnja može biti još bolja opcija za održavanje različitih zajednica oprašivača i njihovih usluga (Kowalska et al., 2022). U svojoj meta-analizi, Tuck et al. (2014) su otkrili da je organska proizvodnja povećala sveukupno bogatstvo vrsta za 30%, pri čemu su najviše koristi imale biljke. Insekti oprašivači takođe profitiraju od organske proizvodnje (Happe et al., 2018).

Što se tiče zasnivanja samih cvetnih traka, njih treba posejati uz ivicu ili unutar parcele širine najmanje 3 m, maksimalno 15 m, imajući na umu da udaljenost između traka mora biti najmanje 50 m. Ukupna dužina traka na parceli mora biti najmanje 200 m po hektaru. Dozvoljeno je menjati svake godine mesto na kome se trake usejavaju. Trake trebaju sadržati najmanje pet cvetnih vrsta koje naizmenično cvetaju tokom cele vegetacione sezone. Lista cvetnih vrsta koje su pogodne za setvu je

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sastavni deo dokumenata o direktnim subvencijama i kao takve se razlikuju od države do države, odnosno od regiona do regiona. Kako bi korisni insekti imali dovoljno polena i nektara za ishranu, trake treba ostaviti na parceli što duže pa se mogu zaorati najranije 1. oktobra. Obzirom na važnost i razlog njihovog zasnivanja, ne smeju se koristiti kao prolaz ili put. Za ovu meru u Republici Hrvatskoj su u toku 2022. godine poljoprivredni proizvođači bili subvencionisani sa 985,74 EUR/ha, dok je za istu meru podsticaj za njeno zasnivanje u 2016. godini bio 346 EUR/ha. Ovo nije lako implementirati, ali poljoprivrednik treba da razmotri potencijalne prednosti ovog pristupa. Prirodni pritisak životne sredine promoviše ravnotežu između različite grupe organizama. Nažalost, intenziviranje poljoprivrede može dovesti do naglog pada biodiverziteta i slabljenje ovog pritiska. Raduje i činjenica da će Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije u okviru IPARD III programa za period 2021-2027. godine u okviru Mere 4 „Agro-ekološko-klimatska mera i organska proizvodnja“ sufinansirati Operaciju 3 „Uspostavljanje i održavanje polinatorskih traka“ za obradivo zemljište a prema predloženim iznosima od 264,65 EUR/ha za jednogodišnje i za 333,77 EUR/ha za višegodišnje zasade na nivou kalendarske godine.

Izolacioni pojas

Jedna od preporučenih mera u organskoj proizvodnji, naročito u krajevima gde je prisutna intezivna konvencionalna proizvodnja je uspostavljanje tzv. izolacionih pojaseva odnosno prostornog razgraničenja između organske i konvencionalne proizvodnje. U takvim uslovima može doći do kontaminacije, nekim od sintetičkih sredstava (mineralna đubriva, pesticidi i druga), ”organskih” njiva. Ukoliko ne postoji neka vrsta prirodne izolacije (putevi, živice, kanali,...), potrebno je napraviti prostorno razgraničenje, odnosno živi pojas oko ”organske” parcele. Iz tog razloga Pravilnikom o organskoj proizvodnji definisano je da ako proizvođač istovremeno primenjuje konvencionalnu proizvodnju i organsku proizvodnju mora da obezbedi prostorno razgraničenje, odnosno da postavi živi pojas ili drugu fizičku prepreku kojom se obezbeđuje razgraničenje. U okviru prostornog razgraničenja, živog pojasa, proizvodnja se mora odvijati u skladu s organskim metodama. Dobijeni proizvod sa tog dela parcele nije organski i za njega se po tom osnovu ne može ostvariti dodata vrednost, odnosno viša cena na tržištu. Sve to opterećuje organsku proizvodnju u kojoj su troškovi poslovanja visoki. Jedno od važnih načela organske proizvodnje je očuvanje i unapređenje biodiverziteta. Intenziviranje poljoprivrede u poslednjim

decenijama izrazito je negativno uticalo na biodiverzitet. Neprimerena upotreba pesticida i ostalih sintetičkih sredstava uticala je na gubitak medonosnih pčela i ostalih korisnih insekata.

Gubitak prirodnih oprašivačkih zajednica može da izazove dramatične promene u ekosistemu. Zasnivanjem prostornog razgraničenja – živim pojasem u organskoj biljnoj proizvodnji, može se u određenoj meri poboljšati stanje bioraznolikosti u postojećim agro-ekosistemima. Prostorno razgraničenje doprinosi zaštiti i unapređenju biodiverziteta koji se manifestuju povećanjem brojnosti korisnih insekata, polinatora i predatora.

Jedna od biljaka koja svojim biološkim, agrotehničkim, ekonomskim i ekološkim karakteristikama ispunjava uslove za zasnivanje izolacionog pojasa je višegodišnja lekovita biljka morač (*Foeniculum vulgare* Mill). Pogodnosti koje „pruža“ zasnivanje morača kao višegodišnjeg izolacionog pojasa su višestruke (Ugrenović i sar., 2012). Prednosti ovako postavljenog živog pojasa sadržane su u činjenici da je morač višegodišnja biljka, tako da imamo troškove osnovne obrade, predsetvene pripreme i setve samo u prvoj godini, odnosno prilikom zasnivanja zasada (Ugrenović i sar., 2014). Robustna nadzemna biomasa čini ovu biljnu vrstu jakim suparnikom u odnosu na korove. Mere nege u borbi protiv korova neophodne su samo u godini zasnivanja zasada. U narednim godinama biljke u rano proleće obrazuju nadzemna stabla, a već u drugoj dekadi aprila zatvaraju međuredni prostor i bujna nadzemna biomasa sprečava porast korova između redova.



Slika 1.2. i 1.3. Insekti polinatori na cvastima morača (foto: Ugrenović) i izolacioni pojas između konvencionalnog i organskog useva (foto: Filipović)

Korišćenje jednogodišnjih gajenih biljnih vrsta (kukuruz, suncokret i slično) nije pogodno jer se proizvodnja mora zasnivati svake godine. Izražen je problem i s korovima u usevu, pa se sve to odražava na povećanje troškova organske proizvodnje. Morač cveta dugo, od jula do

oktobra, a svojim žutim cvetovima i karakterističnom aromom privlači veliki broj korisnih insekata. Velikom produkcijom polena privlači medonosne pčele, koje sakupljaju nektar ili polen. Ovo je naročito važno zato što pri kraju cvetanja morača postoji mali broj medonosnih biljaka. Morač predstavlja i pogodno stanište za predatore i parazitske ose koje uništavaju lisne vaši i gusenice (Ugrenović i sar., 2021b).

Zahvaljujući ovim osobinama morač doprinosi zaštiti i unapređenju biodiverziteta koji se ogledaju u povećanju brojnosti korisnih insekata, polinatora i predatora, a time utiču i na biokontrolu u agroekosistemima (Ugrenović i sar., 2015). Uspostavljanje prostornog razgraničenja u organskoj biljnoj proizvodnji usevom višegodišnjeg morača u skladu je sa važećim Zakonom i Pravilnikom o organskoj proizvodnji (Filipović, 2022). Ovo rešenje pokazalo se kao višestruko korisno, a troškovi proizvodnje koji su inače veliki u organskoj proizvodnji nisu povećani.

Združeni ili međuusevi

Združeni ili međuusevi (eng. *intercropping*) podrazumevaju gajenje dva ili više useva zajedno u kome biljne vrste imaju pozitivan kompetitivni odnos, sa ciljem povećanja produktivnosti po jedinici površine. Setvom združenih useva postižu se dobri rezultati u borbi protiv korova, štetočina i bolesti pri organskom načinu proizvodnje. Ipak, u združenom usevu, često su prinosi useva pojedinačno nešto manji u odnosu na čist usev, ali je njihov ukupan združeni prinos veći. Ako združene vrste imaju komplementarne potrebe, efikasnije se koriste resursi (svetlost, voda i hranljive materije) nego u čistom usevu i manje ih preostaje za korove. Takođe, združivanjem pravih žita sa mahunarkama, dobija se veći prinos proteina, nego u pojedinačnom usevu pravih žita. Mahunarke mogu da obezbede azot i za druge biljne vrste u združenom usevu. Ostaci nakon berbe dva useva, imaju izbalansiraniji hranljivi sastav, nego što je to od jednog useva – povoljniji je C:N odnos. U združenim usevima smanjuje se problem sa štetočinama, jer im je i lociranje useva i kretanje kroz njega otežano. Pored navedenih povoljnih efekata, združivanje useva doprinosi i povećanju raznolikosti proizvoda na farmi, a takođe i sigurnost proizvodnje, jer nepovoljni uslovi mogu da utiču na jedan usev više nego na drugi, pa onaj koji nije ugrožen obezbeđuje željeni prihod. Koristeći razlike u biološkim i morfološkim osobinama različitih vrsta, kombinujući prednosti na primer trava i mahunarki, možemo da ostvarimo postavljene ciljeve zasnivanja združenog useva. Grahorica u združenom usevu sa pravim žitima dobija oslonac, tako da može da dobije više svetla, pa je i fiksacija azota veća.

Održiviji poljoprivredni sistemi su takođe neophodni u razvijenim zemljama kako bi se izbegli rizici po životnu sredinu sa dramatičnim posledicama po stanovnike ruralnih područja pa i gradova. Takve tehnologije uključuju upotrebu integrisanih praksi upravljanja plodnošću zemljišta (ISFM) koje promovišu međusobnu obradu žita sa mahunarkama kao jednu od njenih glavnih komponenti (Mucheru-Muna et al., 2010). Ova praksa može biti atraktivna strategija za male farmere u cilju povećanja plodnosti i produktivnosti po jedinici površine raspoloživog zemljišta (Seran and Brintha, 2010). Štaviše, usevi žita sa mahunarkama zadržavaju ogroman kapacitet u obnavljanju mineralnog azota u zemljištu kroz sposobnost biološkog fiksiranja atmosferskog azota i u smanjenju smetnji koje se mogu pripisati korovima i drugim štetnim organizmima (Giller, 2001). Međusobno usejavanje žita sa mahunarkama prihvaćen je kao uobičajen sistem useva u semiaridnim oblastima, a posebno u mediteranskim zemljama. Združena setva žita sa mahunarkama poboljšava očuvanje zemljišta (Anil et al., 1998), favorizuje kontrolu korova (Banik et al., 2006), obezbeđuje bolju otpornost na poleganje (Anil et al., 1998), stabilnost prinosa (Lithourgidis et al., 2006), negu sena i očuvanje krme (preko čistih mahunarki) i može povećati procenat sirovih proteina, optimalan period žetve u odnosu na useve trava (Qamar et al., 1999). Istraživanja pokazuju da se združivanjem useva kukuruza i soje mogu proizvesti značajne količine kvalitetne voluminozne hrane u postrnoj setvi (Terzić i sar., 2017). Nekoliko faktora može uticati na rast vrsta koje se koriste u međusobnoj proizvodnji, uključujući selekciju sorte, odnos semena i konkurenciju između komponenti smeše (Carr et al., 2004).

Takođe prilikom odabira vrsta za združenu setvu, potrebno je paziti da ne budu u konkurentskom odnosu, odnosno da jedni drugima ne sprečavaju prijem sunčeve svetlosti, oduzimaju prostor za rast, smanjuju pristupačnost hranljivih materija i dr. Kod združivanja useva kombinuju se usevi koji nisu srodni (žita sa mahunarkama ili žita sa širokolisnim usevima), što dovodi do većeg ispoljavanja povoljnih efekata. Koriste se biljne vrste tolerantne na zasenjivanje, kao što su: bela detelina, jednogodišnji ljulj, raž, maljava grahorica, krimson detelina, crvena detelina, slatka detelina i druge. Združeni usevi se mogu gajiti u naizmeničnim redovima (npr. uljana repica i ječam, kukuruz i soja, kukuruz i pasulj, ovas i bela slačica i dr.), sa istim ili različitim međurednim rastojanjem. Jedan od načina je i gajenje u naizmeničnim pojasevima (strip-intercropping), širine radnog zahvata mehanizacije, što omogućava da se svaki usev posebno seje, neguje i bere. Združivanje useva se može vršiti i tako što se drugi usev podsejava u postojeći, naknadno ili odloženom setvom drugog useva u već postojeći kao primer

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

tzv. smenskog združivanja (eng. relay intercropping). Crvena detelina ili lucerka mogu da se poseju u ozimu pšenicu u proleće, a travne vrste u usev višegodišnjih mahunarki u jesen, što poboljšava pokrivenost zemljišta i obezbeđuje azot. Jedna od češće korišćenih kombinacija združenih useva je kombinacija pšenice i soje. Tom prilikom je međuredni razmak useva pšenice 15 cm, a između redova se seje soja. Soja „obezbeđuje“ azot zemljištu i onemogućava rast korova koji su karakteristični za gajenje pšenice. U proizvodnji povrća je česta kombinacija združenih useva paradajza i kadifice (*Tagetes* sp.) koja odbija nematode koje prave veliku štetu kod paradajza. Takođe, uobičajena je združena setva/sadnja nekog luka (crni, praziluk ili beli luk) i šargarepe koja odbija lukovu, a luk šargarepinu muvu. Pri proizvodnji praziluka, u uslovima njegove združene setve sa celerom dobijaju se dobri rezultati u borbi sa korovskom vrstom obični staračac (*Senecio vulgaris* L.).



Slika 1.4. i 1.5. Izgled združenog useva - bela slačica i ovas i unošenje tanjiranjem istog (foto: Ugrenović) i Proizvodnja paradajza u plasteniku sa posađenom kadificom (foto: Filipović)

Ovo su samo neki od primera združivanja različitih ali komplementarnih biljnih vrsta, kojih svakim danom ima sve više. Združivanje različitih vrsta useva se izvodi pre svega sa ciljem da se poboljšaju produktivnost i pruže ekološki prihvatljive usluge za ekosistem zemljišta, te da se obezbedi široka prilagodljivost sveprisutnijim ekstremnim klimatskim uslovima, ali i da svojom ulogom i funkcijom obezbede proizvodnju visokokvalitetnih proizvoda u različitim agroekološkim i pedoklimatskim uslovima. Već duže vreme, uticaj klimatskih promena kontinuirano smanjuje kapacitet agroekosistema da održe rastuću svetsku potražnju za hranom. S tim u vezi, posvećuje se posebna pažnja primeni i ulozi združenih useva kako na praktičnom, tako i na istraživačkom nivou. Združeni usevi predstavljaju jedan od tradicionalnih poljoprivrednih sistema koji farmeri u Kini praktikuju više od 2.000 godina a uz poštovanje različitih ekoloških principa. Prethodne studije su pokazale da se primenom združenih useva

povećava ne samo produktivnost useva, već i efikasno korišćenje resursa, kako iznad tako i ispod zemlje. Jedan od ključnih rezultata korišćenja združenih useva je npr. povećano fiksiranje azota (N_2) iz vazduha. Druga značajnost ovakve vrste useva je oslobađanje iz korena različitih vrsta biljaka značajnih jedinjenja koji u velikoj meri unapređuju odvijanje pojedinih biohemijskih procesa. Tako npr. koren boba oslobađa karboksilate ili protone koji pomažu u rastvaranju jedinjenja fosfora, koren leblebije oslobađa fitazu ili fosfate koje razgrađuju organski fosfor u zemljištu i povećavajući njegovu dostupnost i sl. (Li, 2016). Uvođenje bioagrotehničkih metoda kao što su združeni usevi prepoznato je od strane Evropske Komisije i njenog *Evropskog zelenog plana*. Povećanje raznovrsnosti i broja useva koji se proizvode na jednoj farmi je neophodno kako bi se stvorila ekološka i ekonomska otpornost na promenljivu klimu koja obuhvata korišćenje jednogodišnjih, dvogodišnjih i višegodišnjih useva i zasada. Ovo uključuje raznolikost u prostoru i vremenu, koristeći mešavinu praksi koje uključuju međuseve, raznovrsne plodorede, agrošumarstvo i diverzifikaciju useva na farmama. U istraživačkom projektu Diverfarming (www.diverfarming.eu) testiran je eksperiment diverzifikacije u oblasti jugoistočne Španije uvođenjem združenih useva sa rotacijom boba zimi i grahorice i ječma u proleće, u cilju poboljšanja kvaliteta zemljišta i biodiverziteta, da bi se olakšala infiltracija i smanjila stopa erozije. U ovim istraživanjima, ostvareni su više nego pozitivni rezultati koji pomažu pri prelasku na održive ili ekološke sisteme intenziviranja „zelenih mera“ a u svrhu postizanja ciljeva gorenavedenih strategija Evropske Komisije (Boix-Fayos and de Vente, 2023).

Zelenišno đubrenje

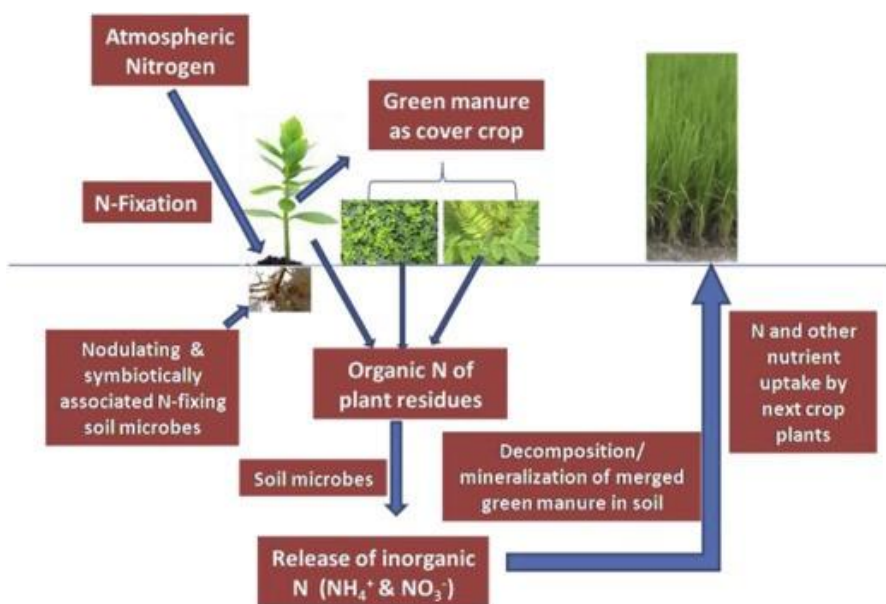
Zelenišno đubrivo predstavlja bilo koji usev u sistemu plodoreda, čija se nadzemna masa unosi u zemljište da bi se povećala organska materija, azot i ostali hranljivi sastojci. Uopšte govoreći, zelenišno đubrenje popravljiva strukturu zemljišta. Pored navedenih osobina, zelenišna đubriva mogu imati i druge namene, na primer: kao pokrivač (malč) zemljišta koji ga štiti od erozije, kao biljke koje usvajaju raspoložive hranljive sastojke iz zemljišta i time smanjuju njihov gubitak ispiranjem („catch crops“), kao biljke koje „presecaju“ životni ciklus štetočina, korova i bolesti, pojedine od biljaka za zelenišno đubrenje kontrolišu korove zasenjivanjem i ugušivanjem. Generalno, zelenišna đubriva uvek obavljaju više funkcija na farmi (Simić i sar., 2017).

Ipak, osnovna uloga zelenišnog đubrenja je gajenje biljaka radi zaoravanja, a u cilju obogaćivanja zemljišta organskom materijom i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

azotom (N). Primera radi, ako je cilj da se u zemljištu poveća organska materija gajiće se za zelenišno đubrenje bela slačica, proso, heljda, uljana repica, neke od kupusnjača ili sirak, a ako je cilj povećati sadržaj N u zemljištu, gajiće se neka od jednogodišnjih ili višegodišnjih mahunarki (leguminoza) kao što su lupine, soja, bob, grahorice, stočni grašak, deteline i druge (Filipovic et al., 2011b).

Sideracija, ili zelenišno đubrenje ima višestruki značaj za organsku poljoprivredu. Zaoravanjem biljaka odabranih da posluže kao organsko đubrivo, osim tog primarnog efekta, postiže se da tokom njihovog gajenja siderati služe i kao pokrovni usev, i kao živi malč (Milenković, 2015). Znajući da često nema dovoljno drugih kvalitetnih organskih đubriva upotrebljivih za organsku poljoprivredu, jer stajnjak mora biti iz organskog stočarstva, a komposti treba da budu pažljivo pripremljeni od biljnih ostataka koji ispunjavaju sertifikacijom proceduralno zadate kriterijume, zelenišno đubrenje u velikoj meri može biti jedno od mogućih rešenja. Njegov značaj se ogleda i u činjenici da su biljke koje se biraju kao siderate najčešće jednogodišnje leguminoze, koje će osim biljne mase, koja će se razložiti nakon zaoravanja, agrobiotopu obezbediti i azot poreklom iz vazduha, zahvaljujući simbiozi korena mahunarki i bakterija iz roda *Rhizobium*. Obzirom da se unosenje zelene mase u zemljište obavlja nakon cvetanja, gajenjem siderata obezbeđuje se još jedna pčelinja paša, kao i prirodno stanište za druge korisne insekte.



Slika 1.6. Uloga useva zelenog đubriva u upravljanju azotom u zemljištu (Sanaullah et al., 2022)

Da bi se određena biljna vrsta koristila za zelenišno đubrenje mora da ispuni nekoliko uslova. Kao prvo mora da vezuje atmosferski azot (pravilo je da u sisteme zelenišnog đubrenja budu uključene biljne vrste iz grupe mahunarki), kao drugo mora da ima razvijen korenov sistem i da koristi teže pristupačne elemente, kao treće mora da brzo raste i da ima veliku masu, kao četvrto mora da ima kratak period vegetacije i kao peto mora da uspeva na siromašnim tipovima zemljišta. Količina biljne mase koja se na ovaj način dobija iznosi u proseku 15 - 30 t/ha, kod pojedinih vrsta u zavisnosti od godine i 40-50 t/ha, od čega je procenat suve materije oko 20%. Ove biljke se zaoravaju na 10-15 cm dubine. Poželjno je da u toku zaoravanja zemljište bude vlažno kako bi razlaganje bilo bolje. Kao biljke za zelenišno đubrivo možemo da iskoristimo i korove pod uslovom da nisu u fazi semena. Kao vid zelenišnog đubrenja smatra se i zaoravanje žetvenih ostataka koji obogaćuju zemljište organskom materijom. Prema Simić i sar. (2017), prilikom izvođenja ove metode treba primeniti npr. neki od oplemenjivača zemljišta koji svojim delovanjem pozitivno utiče na povećanje nivoa humusa u zemljištu. Ova sredstva za oplemenjivanje zemljišta služe kao zemljišni aktivatori-regeneratori, kako ne bi došlo do azotne depresije u zemljištu. Organske materije ne bi trebalo zaoravati na jako kiselim zemljištima jer se tada slabo razlažu. Usevi i zasadi za zelenišno đubrenje imaju naročit ekološki, agrotehnički i ekonomski značaj. Mnogi od njih zapravo deluju ekološki, pokrivajući zemljište u vreme kada bi bilo izloženo dejstvu nepovoljnih agroekoloških činilaca. Popravljaju zemljišne karakteristike sprečavajući degradaciju i eroziju, smanjuju zakorovljenost. Na kraju, usevi za zelenišno đubrenje daju ekonomski efekat i sigurnost, kroz proizvodnu dobit od prinosa i poboljšanja kvaliteta zemljišta.

U Propisima koji su relevantni za bioodrživo snabdevanje hranljivim materijama poljoprivrednih useva u regulativi EC 834/2007 (EU 2007), se navodi da se „Plodnost i biološka aktivnost zemljišta održavaju i povećavaju višegodišnjim plodoredom, uključujući mahunarke i druge useve zelenišnog đubrenja i primenom stajskog đubriva ili nekog drugog organskog materijala, po mogućnosti kompostiranog, pod uslovom da potiče iz organske proizvodnje“ (Løes et al., 2017). S tim u vezi, jedno od potpoglavlja „Bioagrotehničke metode u organskoj biljnoj proizvodnji“ se odnosi upravo na kompostiranje i kompost, te će u narednim pasusima ukratko biti predstavljen značaj i uloga mahunarki i azotofiksacije u organskoj poljoprivredi, koja je itekako značajna za obezbeđenje azota iz atmosfere na prirodan način. Elementarni azot (N₂) je najveći sastojak vazduha (oko 78% po zapremini), ipak azot može biti asimilovan i pretvoren u biomasu pomoću biljaka i mikroorganizama u zemljištu samo u mineralnom obliku. Najvažniji prirodni proces je vezivanje azota u

zemljištu pomoću bakterija azotofiksatora. One ili žive slobodno u zemljištu ili u simbiozi sa pojedinim biljnim familijama, koje sadrže simbiozne bakterije u čvorićima svog korenovog sistema. Ove azotofiksatorne bakterije čvorića korena su razvile veoma efikasan način da pretvore elementarni azot (N_2) iz atmosfere u amonijak (NH_3), ili amonijum jone (NH_4^+). Zbog toga što ova reakcija zavisi od anaerobnih uslova, bakterijama treba posebno stanište koje su pronašle u čvorićima stvorenim u korenima simbioznih biljaka. Mahunarke su jedina porodica biljaka koja stvara čvoriće korena i ima korist od bakterija koje vezuju azot. Pojedine pripadnice familije leguminoza, gore spomenuto, koriste se i kao zelenišno đubrivo. Biljne vrste kao što su: lucerka, deteline, stočni grašak, lupine i grahorice su važni usevi zelenišnog đubrenja. Biljke zelenišnog đubrenja gaje se određeni period, a potom se zaoru. Biološka fiksacija N predstavlja značajnu ekonomsku uslugu od strane živog sveta zemljišta, naročito u poljoprivrednim ekosistemima (Filipović and Ugrenović, 2012). Pojedine mahunarke mogu da vežu više od 100 kg N/ha/godišnje (Ugrenović et al., 2020b). Pored biološke fiksacije azota u zemljištu, zemljišta dobijaju azot i u obliku azotnog oksida, koji je proizveden kroz ogromnu energiju munje koja cepa molekule gasovitog azota (N_2) prisutne u atmosferi i formira okside azota. Azotni oksidi proizvedeni i od strane munja i unutrašnjim sagorevanjem talože se na površinu zemljišta pomoću padavina u procesu nazvanom atmosfersko taloženje azota.

Postoji fundamentalna interakcija između zemljišnog biodiverziteta i gasovitih elemenata vazduha - kiseonika, azota i ugljendioksida - ove interakcije su od vitalnog značaja za organizme u zemljištu i obrnuto (Ugrenović i sar., 2018). Efikasna azotofiksacija između zemljišnih bakterija tzv. rizobijuma (Rhizobiaceae) i leguminoznih biljaka tj. mahunarki (Fabaceae) obezbeđuje oko 50% od ukupne količine azota koji se fiksira na Zemlji što čini ovu simbioznu zajednicu najefikasnijim agrikulturnim sistemom za biološku fiksaciju azota na Zemlji. Veštačka inokulacija semena ili zemljišta pred setvu rizobijalnim inokulantom kao mikrobiološkim azotnim (N) đubrivom predstavlja važnu agrotehničku meru u poljoprivrednoj proizvodnji leguminoza, koja se primenjuje u cilju poboljšanja azotofiksacionog potencijala zemljišta ili nadoknađivanja odsustva autohtonih sojeva rizobijuma.

U proizvodnji mahunarki primena inokulacije je opravdana iz više razloga (Ugrenović i Filipović, 2012):

- Kvržične bakterije mahunarki su u zemljištima Republike Srbije malobrojne, što se posebno odnosi na zemljišta sa kiselom reakcijom;

- Unošenjem efektivnih i acidorezistentnih sojeva ovih bakterija prilikom setve pasulja i lucerke, povećava se azotofiksacija i omogućava gajenje ovih biljnih vrsta i na manje plodnim zemljištima;
- Kvržične bakterije graška su brojne u poljoprivrednim zemljištima, ali autohtoni sojevi često nisu dovoljno aktivni, što se može videti po mnogobrojnim sitnim i bledim kvržicama na korenu graška;
- Primenom efektivnih sojeva povećava se prinos i sadržaj azota u zrnu, a na centralnom korenu se formiraju krupne i crvenkaste kvržice;
- Uz pomoć kvržičnih bakterija, leguminoze same sebe obezbeđuju, najvećim delom, potrebnim količinama azota, odnosno inokulacijom se smanjuje upotreba azotnih mineralnih đubriva što ima ekonomski i ekološki značaj;
- U našoj zemlji se već dugi niz godina vrše istraživanja opravdanosti primene inokulacije u proizvodnji povrtnarskih i krmnih leguminoza.

Pokrovni usevi

Pokrovni usevi se primenjuju kao bioagrotehnička metoda u sistemu organske poljoprivrede, a mogu se definisati kao usevi koji se obično ne gaje u komercijalne svrhe, a pri tom imaju višestruku ulogu u plodoredima (Ugrenović and Filipović, 2017). U organskoj biljnoj proizvodnji pokrovni usevi mogu povoljno da utiču na povećanje prinosa, smanjuju potrebu za korišćenjem sertifikovanih đubriva i biopesticida, utiču na redukciju upotrebe mehanizacije, a svim tim i na povećanje ekonomskog i ekološkog profita. Međutim, pokrovni usevi mogu doneti i niz drugih agronomskih pogodnosti, važnih u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, kao što su:

Kontrola erozije – Zasnivanje pokrovnih useva sa velikom produkcijom biomase u delu godine kada je zemljište golo, ono se može efikasno zaštititi od erozije. Biljke u pokrovnom usevu svojim korenovima vezuju čestice zemlje, a nadzemnom biomasom sprečavaju ispiranje ili oduvavanje vetrom finih čestica sa površine zemljišta. Gusti višegodišnji usevi pospešuju zadržavanje i upijanje vode u zemljište i smanjuju površinsko oticanje, a nadzemni delovi biljaka smanjuju uticaj kišnih kapi. Nakon uništavanja pokrovnog useva, na površini zemljišta, od suve nadzemne biomase formira se malč, koji obezbeđuje zaštitu od erozije. Trave i travne smeše pružaju najbolju zaštitu od erozije, a ozima žita i

ozime kupusnjače su pogodne jer u zimskom periodu dobro pokrivaju zemljište.

Povećanje sadržaja organske materije – Pokrovni usevi ostavljaju biljne ostatke i time utiču na povećanje sadržaja organske materije u zemljištu. Povećanje zavisi od količine formirane biomase u pokrovnom usevu i odnosa ugljenika i azota u biljnim ostacima (odnos C:N, Tabela 1.3.), a na ovaj odnos utiče biljna vrsta i vreme kada je pokrovni usev uništen. Biljni ostaci pokrovnih useva sa niskim odnosom C:N – mahunarke (Fabaceae), se razgrađuju brže od onih sa visokim odnosom - trave (Poaceae). Biljke iz familije trava moćnim korenom nakupljaju hraniva, naročito azot, koja ostaju u zemljištu posle žetve. Međutim ova hraniva sporije postaju pristupačna za biljke, pa travni pokrovni usevi više utiču na povećanje sadržaja organske materije u zemljištu. Sa druge strane, biljni ostaci mahunarki brzo se razgrađuju u zemljištu, zbog nižeg odnosa C:N, pa manje povećavaju sadržaj organske materije u zemljištu od travnih pokrovnih useva. Za razgradnju biljnih ostataka kod kojih je odnos C:N iznad 30, mikroorganizmi dodatno troše azot (imobilizacija azota), pa se time privremeno stvara nedostatak za naredni usev.

Združivanjem više različitih biljnih vrsta iz različitih familija (mahunarke i trave) u pokrovnim usevima, može se smanjiti odnos C:N ukupne proizvedene biomase i na taj način ubrzati razgradnja. Raspolaganjem sa ovim osobenostima pojedinih pokrovnih useva mogu se usmeravati procesi u zemljištu u pravcu postavljenog cilja, da li nam je potrebna organska materija ili pristupačan azot za naredni usev.

Tabela 1.3. Odnos ugljenika i azota (C:N) u biljnim ostacima

Organska materija	C:N odnos
Mlade biljke raži	14:1
Zrele biljke raži	40:1
Stabljika kukuruza	60:1
Maljava grahorica	10:1 do 15:1
Inkarnatska detelina	15:1
Piljevina	200:1

Poboljšanje strukture zemljišta - Korenovi biljaka u pokrovnim usevima vezuju čestice zemljišta, dok se prilikom njihovog razlaganja u zemljištu oslobađaju organski molekuli. Najbolji efekti za poboljšanje zemljišne strukture se postižu zasnivanjem pokrovnih useva koji formiraju moćan žiličast korenov sistem, poput travnih vrsta. Korenovi ovih vrsta vezuju

zemljište, i prodiru kroz njega. Vrste sa vretenastim, repastim korenom (kupusnjače) prodiru u dublje slojeve zemljišta, pa omogućavaju narednom usevu da korenovima lakše prodiru u dublje slojeve, odakle koriste vodu i hraniva. Biljne vrste sa moćnim korenovim sistemom takođe mogu da posluže u ublažavanju sabijanja zemljišta. Primećeno je da usevi: kukuruza, sirka, sudanske trave, prosa, ljulja i raži ublažavaju efekte sabijanja. Pokrovni usevi koji rastu tokom zime su pogodni za probijanje sabijenih slojeva u zemljištu, jer oni mogu da prodru kroz te slojeve kada su oni omekšani obiljem vode u tom periodu (ovo je manje verovatno u letnjem periodu).

Pokrovni usevi sa niskim odnosom C:N, prilikom razlaganja oslobađaju velike količine organskih molekula, kao što su polisaharidi, koji poboljšavaju strukturu zemljišta. To je razlog zašto je zemljište rastresito u proleće nakon nekog useva mahunarki (leguminoza ili leptirnjača). Ovaj efekat se očekuje da traje samo onoliko dugo koliko postoje razgradivi ostaci. Pokrovni usevi sa visokim odnosom C:N će imati sporije oslobađanje polisaharida, što strukturu zemljišta sporije poboljšava, nego kod pokrovnih useva sa niskim odnosom C:N.

Sa većinom gajenih biljnih vrsta (osim sa kupusnjačama) u simbiotskom odnosu žive mikorizne gljive. Biljke obezbeđuju energiju ovim gljivama, a gljive proširuju zonu korenovog sistema, mogu da pomognu u apsorbovanju vode i hranljivih materija kao što je fosfor (P). Mikorize naseljavaju ćelije vrhova korena, pa kako koren raste, one izumiru pri čemu se oslobađa glomalin. Upravo taj odbačeni glikoprotein doprinosi boljoj strukturi zemljišta. Vidovi prakse koji stimulišu stvaranje mikoriza, a time i glomalina, obuhvataju: primenu konzervacijske obrade zemljišta, kontinuirano zauzimanje zemljišta živim korenovim sistemima na kojima se mogu nastaniti mikorize, kao i izbegavanje prekomernog đubrenja fosforom. Prema tome, zasnivanjem pokrovnih useva u delu godine kada je zemljište bez glavnog useva pozitivno utiče na formiranje populacija mikoriza.

Fiksacija atmosferskog azota - Poznato je da veliki broj biljnih vrsta živi u različitim simbiotskim odnosima sa mikroorganizmima. Ovoj grupi biljaka pripadaju sve jednogodišnje i višegodišnje mahunarke, ali i mnoge druge vrste (većina žita) kod kojih se na korenovima razvijaju mikroorganizmi (bakterije ili gljive) azotofiksatori. Na korenovima mahunarki (Fabaceae) nalaze se zemljišne bakterije azotofiksatori (Rhizobiaceae) koje atmosferski azot vezuju u jedinjenja dostupna biljkama, pa se tako u određenoj meri smanjuje potreba za dodatnom ishranom gajenih biljaka mineralnim azotnim hranivima. Intenzitet azotofiksacije zavisi od agroekoloških i zemljišnih uslova, a na

siromašnijim zemljištima on je značajno veći. Da bi se osigurala fiksacija azota, seme ovih biljaka tretira se biološkim preparatima koji sadrže kulture korisnih mikroorganizama kako bi se što pre razvili simbiotski procesi. Ove simbiotske zajednice posebno su upotrebljive u pokrovnim usevima. Za zasnivanje pokrovnih useva u proleće i leto pogodne su crvena detelina, bela detelina, grašak i esparzeta, a posebno treba istaći veliki značaj nekoliko vrsta jednogodišnjih lupina. U aridnijim područjima (veći deo Balkanskog poluostrva) najpodesnija je bela lupina jer bolje podnosi sušu. Za ozimu setvu pogodne su inkarnatska detelina, maljava grahorica i ozimi grašak. Dokazano je da maljava grahorica povećava prinos kukuruza u toj meri da opravdava primenu pokrovnog useva, dok ozimi grašak, grahorica i lucerka u pokrovnom usevu mogu da obezbede i do 100% azota za naredni usev krompira. Združivanjem mahunarki sa glavnim usevom, prenos azota može biti značajan, a te vrednosti se mogu kretati od 30 do 50%, od ukupne fiksacije. Takođe, pokrovni usevi mogu usvajanjem smanjiti gubitke azota u zemljištu i na taj način ga sačuvati za naredni usev. Kako se biljni ostaci mahunarki brzo razlažu u zemljištu i oslobađaju veće količine azota u vlažnim prolećima može doći do njegovog ispiranja u dublje slojeve, pa to treba imati u vidu prilikom upravljanja takvim pokrovnim usevom. Ove pojave mogu se sprečiti zasnivanjem mešavina mahunarki i trava u pokrovnom usevu, kada se razlaganje biljnih ostataka odvija sporije.

Upravljanje zemljišnom vlagom - Pokrovni usevi troše vodu, a nakon njihovog uništavanja, biljnim ostacima sprečavaju isparavanje vode iz zemljišta. Takođe, biljni ostaci sprečavaju površinsko oticanje vode i pospešuju njeno upijanje u zemljište. Ovi pozitivni efekti upotrebe pokrovnih useva izraženi su u potpunosti samo ako su biljni ostaci ostavljeni na površini zemljišta kao malč, dok se njihovim unošenjem u zemljište taj efekat manje ispoljava. Potrebe za malčom u glavnom usevu naročito su izražene ako prethodni usev nije ostavio biljne ostatke (kukuruz za silažu). Strnjika pokrovnih useva može da zadržava sneg, naročito ako je ostavljena u pojasevima različite visine.

Da bi se izbegla većina problema sa nedostatkom vode u proleće, pokrovni usev treba uništiti najmanje dve nedelje pre setve glavnog useva, kako ne bi trošio vodu. Na previše vlažnim zemljištima, formirani malč od biljnih ostataka pokrovnog useva sprečava da se zemljište prosuši pa je zasnivanje glavnog useva otežano. U takvim situacijama uništavanje pokrovnog useva treba odložiti, jer živi pokrovni usev troši vodu pa može uticati da se višak vlage u zemljištu smanji.

Dobri primeri su travni pokrovni usevi, kao što su, raž koja povećava organsku materiju i štedi vlagu, sirak ili sudanska trava čiji koren prodire

duboko, pa povoljno utiče na fizičke osobine zemljišta, kao i ljuljevi koji kod previše vlažnog zemljišta stabilizuju međuredni prostor u usevima, zasadima, na uvratinama parcela i nepoljoprivrednim površinama. Stočna rotkva formira veliki koren, pa time utiče na lakšu infiltraciju vode u zemljište. Ksenofitne mahunarke, žuta lucerka i sočivo efikasno koriste vodu i u pokrovnom usevu, štede zemljišnu vlagu bolje nego na golom neobrađenom zemljištu (Glamočlija i sar., 2015).



Slika 1.7. Uništavanje pokrovnog useva bele slačice (foto: Ugrenović)

Kontrola korova i drugih štetnih organizama - Pokrovni usevi suzbijaju korove, utiču na smanjenje oštećenja od patogena, insekata i nematoda, a mehanizmi delovanja su mnogobrojni. Kada su u pitanju korovi, pokrovni usevi deluju fizički i alelopatski. Fizičko delovanje odnosi se na konkurentske odnose koji se manifestuju u zasenjivanju, usled čega se menja frekvencija svetla u usevu, pa seme korova ne može da klija i niče ili u mehaničkom gušenju korova od strane useva velike pokrovnosti (žita, heljda, kupusnjače).

Pokrovni usevi deluju alelopatski izlučevinama korena, koje mogu imati prirodno herbicidno delovanje na korove. Ovi prirodni procesi mogu negativno delovati i na glavni usev (raž na kukuruz), pa i to treba uzeti u obzir. Uvođenjem biološki aktivnih biljaka - „biljke prijatelji”, može se uspešno vršiti biokontrola u sistemima biljne proizvodnje. Repelentnim delovanjem one mogu da odbijaju štetne insekte (buhač, hajdučka trava i dr.), a atraktantnim privlače korisne, predatore i parazitoide (morač, kim, mirođija, pitoma nana, neven, heljda i dr.), pa se na taj način brojnost štetnih insekata može smanjiti ispod praga štetnosti (Filipović i sar.,

2022b). Pokrovni usevi mogu da formiraju nepovoljno okruženje za pojavu bolesti, a takođe zasnovani belom slačicom ili facelijom, mogu da proizvode jedinjenja koja smanjuju brojnost populacija štetnih nematoda.

Izbor i upravljanje pokrovnim usevima. Prilikom zasnivanja pokrovnih useva moraju se utvrditi razlozi i postaviti ciljevi za njihovo uvođenje. Ispoljavanje pogodnosti korišćenja pokrovnih useva i jačina njihovog efekta zavisi od lokaliteta i sezone, ali se u pravilno postavljenom pokrovnom usevu gotovo uvek ostvari efekat najmanje dve ili tri pogodnosti. Polazeći od pogodnosti koje omogućavaju određeni pokrovni usevi, ciljeve treba svesti na jedan ili dva primarna i možda nekoliko sekundarnih. Postavljeni ciljevi mogu da budu: obezbediti azot, upravljati organskom materijom, poboljšati strukturu zemljišta, smanjiti eroziju zemljišta, očuvati zemljišnu vlagu, obezbediti suzbijanje korova, uspostaviti biokontrolu štetnih organizama i drugi.

Tabela 1.4. Najčešće korišćene biljne vrste u pokrovnim usevima

Familija	Vrsta	Delovanje u pokrovnom usevu
	Ječam (<i>Hordeum vulgare</i>)	- Sprečavanje erozije
	Raž (<i>Secale cereale</i>)	- Usvajanje hraniva iz zemljišta
	Ovas (<i>Avena sativa</i>)	- Povećanje sadržaja organske materije u zemljištu
	Tritikale	- Suzbijanje korova
	Pšenica (<i>Triticum</i> sp.)	- Alelopatsko delovanje
		- Sprečavanje erozije
Travne (Poaceae)	Sirak (<i>Sorghum bicolor</i> sp.)	- Usvajanje hraniva iz zemljišta
		- Povećanje sadržaja organske materije u zemljištu
		- Suzbijanje korova i nematoda
	Italijanski ljulj (<i>Lolium multiflorum</i>)	- Sprečavanje erozije
		- Poboljšanje strukture i drenaže zemljišta
		- Povećanje sadržaja organske materije
		- Suzbijanje korova

Troskoti (Polygonaceae)	Heljda (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Suzbijanje korova - Podsticanje biokontrole - Alelopatsko delovanje - Privlačenje korisnih insekata - Poboljšanje strukture zemljišta
Mahunarke (Fabaceae)	Maljava grahorica (<i>Vicia villosa</i>)	- Fiksacija atmosferskog azota
	Vunasta grahorica (<i>Vicia villosa</i> ssp. <i>dasycarpa</i>)	- Poboljšanje strukture zemljišta
	Stočni grašak (<i>Pisum sativum</i> subsp. <i>arvense</i>)	- Potiskivanje korova
	Lupine (<i>Lupinus</i> sp.)	
	Inkarnatska detelina (<i>Trifolium incarnatum</i>)	
	Kravlji grašak (<i>Vigna unguiculata</i>)	
	Lucerke (<i>Medicago</i> sp.)	- Fiksacija atmosferskog azota
	Crvena detelina (<i>Trifolium pretense</i>)	- Poboljšanje strukture zemljišta
Bela detelina (<i>Trifolium repens</i>)	- Potiskivanje korova	
Podzemna detelina (<i>Trifolium subterraneum</i>)	- Sprečavanje erozije	
Aleksandrijska detelina (<i>Trifolium alexandrinum</i>)	- Stanište za korisne insekte	
Žuti kokotac (<i>Melilotus officinalis</i>)		
Kupusnjače (Brassicaceae)	Bela slačica (<i>Sinapsis alba</i>)	- Usvajanje hraniva iz zemljišta
	Uljana repica (<i>Brassica napus</i> L. em. Metzg. var. <i>napus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - Povećanje sadržaja organske materije u zemljištu - Poboljšanje strukture zemljišta - Sprečavanje erozije - Biokontrola zemljišnih štetočina - Suzbijanje korova

Stočna rotkva (<i>Raphanus sativus</i>)	- Usvajanje hraniva iz zemljišta
Repa ugarsnjača (<i>Brassica rapa ssp. rapifera</i>)	- Povećanje sadržaja organske materije u zemljištu
Stočna repa (<i>Beta vulgaris</i> L. ssp. <i>vulgaris convar. Crassa</i> Alef.)	- Poboljšanje fizičkih osobina zemljišta
	- Biokontrola zemljišnih štetočina

Pored pogodnosti pokrovni usevi imaju i potencijalne nedostatke (povećanje troškova za seme, povećanje obima rada, konkurencija za zemljišnu vlagu i hraniva, mogu da privlače pojedine štetne organizme i drugo), što dodatno ograničava mogućnost njihove upotrebe. Prilikom odabira i postavljanja plana upravljanja pokrovnim usevima treba krenuti od postavljanja plodoređa za duži vremenski period i za svaku parcelu istaći moguću plodosmenu, kao i vremena setve i berbe glavnih useva. Neophodno je takođe u razmatranje uzeti i pitanja kao što su: lokalni agroekološki uslovi (količina padavina, nastupanje ranih jesenjih i kasnih prolećnih mrazeva...), potrebe glavnih useva, sistem proizvodnje (organski ili integralni, navodnjavanje ili bez navodnjavanja, konzervacijska ili klasična obrada...) i sl. Na osnovu sagledavanja svega toga, potrebno je iznaći vremenski period i prostor za zasnivanje pokrovnog useva, odrediti biljnu vrstu (Tabela 1.4.), kao i tehnološki model, koji će zadovoljiti postavljene ciljeve.

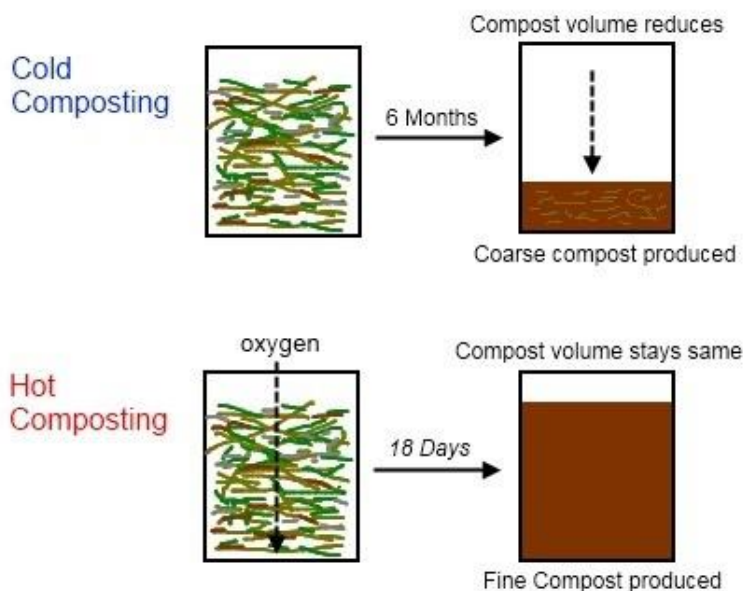
Prema vremenu setve pokrovni usevi mogu biti zasnovani kao međuusevi (naknadni, postrni, ozimi), a kod širokorednih useva mogu se usejavati i u međuredni prostor kao združeni usevi. Takođe pokrovni usevi mogu biti zasnovani kao jednogodišnji ili višegodišnji (Ugrenović i sar., 2021a).

Kompostiranje

U organskoj proizvodnji kompostiranje je jedna od bioagrotehničkih metoda koja se u velikoj meri koristi za potrebe upravljanja biološkim otpadom, odnosno za proizvodnju visokokvalitetnog organskog đubriva – komposta. Kompost je organsko đubrivo i poboljšivač zemljišta proizveden kontrolisanom biooksidativnom razgradnjom različitih smeša sastavljenih od različitih biljnih ostataka, ponekad pomešanih s organskim đubrivima i/ili životinjskim ostacima, a sadrži ograničene količine mineralnih materija. Kao i u organskoj proizvodnji i u urbanoj

poljoprivredi kompostiranje se preporučuje kao bioagrotehnička mera u prvom redu za tretiranje biljnog otpada nastalog u proizvodnji bilja i organskog otpada (ne svog) nastalog u domaćinstvu, ali i za kompostiranje korova i sličnog. Veliki broj istraživanja, naučnih radova, studija, projekata potvrđuje opravdanost kompostiranja, kao jednu od mera koja promovira princip "zero waste", tj. proizvodnju bez otpada (Filipović et al., 2023a). Kompostiranjem se razlaže organska materija posredstvom mikroorganizama. Najčešće se kompostiraju biljni ostaci poreklom iz povrtarske proizvodnje, iz razloga što je u ovoj vrsti biljne proizvodnje i udeo biljnog otpada značajan. Kompostira se i otpad nastao u voćarskoj i vinogradarskoj proizvodnji, naročito nakon rezidbi, kada se nastali otpad u različitim vrstama sitnilica i drobilica, usitnjava i kao takav transportuje na kompostišta. Za kompostiranje naročito može biti interesantan otpad nastao u proizvodnji lekovitog i začinskog bilja, koji pored značajnog udela otpada, sadrži hemijske makro- i mikroelemente, ali i sekundarne metabolite, što ovu vrstu otpada čini dodatno interesantnom (Filipović and Ugrenović, 2013). Najčešće se kompostiraju ostaci povrća, voća, lišće, stabljike, pokošena trava, slama, pepeo, delovi hrane i sl. Treba voditi računa da u kompostište "ne uđu" rizomski korovi, korovske biljke sa zrelim semenom, lišće oraha, te nadzemni delovi belog pelena, žalfije, ambrozije, bolesne biljke i industrijski otpaci. U poslednje vreme organski proizvođači ali i urbani farmeri sve češće primenjuju brzo ili vruće kompostiranje tzv. „Berkeley Method“ gde se najviše koristi svež otpad, koji je u odnosu na klasično kompostiranje mnogo brži proces, a „zreo“ kompost se dobija u proseku od 14 do 21 dan, po većini izvora za 18 dana (Filipovic et al., 2024a).

Za ovu namenu, sav otpad, bi trebao da bude svež otpad sa dosta vlage u svom sastavu, i on se dodaje po zasnivanju kompostne gomile (mase) i kao rezultat toga dolazi do mnogo bržeg „rada“ mikroorganizama koji razgrađuju (mineralizuju) organsku materiju u gomili, i takav pristup čini gomilu toplom. Odakle i dolazi naziv „toplo ili vruće kompostiranje“. Tako visoke temperature (oko 70 °C) utiču na uništavanje (sterilizaciju) kompostne mase, tako da se na taj način u velikoj meri smanjuje negativan uticaj prisustva klijavog semena korova, te prisustva patogenih i štetočina. Što se tiče zapremine komposta kod brzog kompostiranja ona ostaje ista, dok kod klasičnog kompostiranja, ona na kraju kompostiranja bude samo 30% od prvobitne zapremine. Ipak, dešava se da zbog kratkog vremena kompostiranja, neretko biljni otpad i ne otpočne proces mineralizacije, te se zbog toga preporučuje klasično kompostiranje, koje u proseku traje oko godinu dana.



Slika 1.8. Prikaz hladnog (klasičnog) metoda kompostiranja i toplog (brzog) metoda kompostiranja (Atchley, 2013)

Da bi se dobio kvalitetan kompost potrebno je voditi računa i o odnosu između ugljenika (C) koji je izvor energije i azota (N) koji je osnovni element ishrane biljaka. Taj odnos treba da je C:N = 25:1 do 30:1, znači da na 25 delova ugljenika ide jedan deo azota. Kod izrazito visokog odnosa C/N malo je azota, kod niskog odnosa mnogo je azota koji može da bude i štetan. Kod proizvodnje komposta je najbitnije održati dobar odnos ugljenika (C – braon otpad) i azota (N – zeleni otpad). Ugljenik sadrže seno, slama, kukuruzovina, lišće i slično, dok se najviše azota nalazi u zelenom i žutozelenom biljnom otpadu (nadzemni delovi mahunarki, mrkve, krompira, trava i sl.). Kompost sa visokim sadržajem ugljenika je žute ili mrke boje, suv i kabast, a onaj sa visokim sadržajem azota je zelenkaste boje, vlažan, ponekad i muljevit. Da bi se proces mineralizacije, tj. dobijanja zrelog komposta još uspješnije odvijao potrebno je dodati i inokulant (npr. mikrobiološka đubriva i sl.) ili čajeve na bazi lekovitog bilja (kamilica, odoljen, maslačak, hajdučka trava, kopriva,...) (Filipović and Ugrenović, 2020).

Kompostiranje u kompostnoj gomili vrši se na mestu zaštićenom od vetra i jakog sunca sa dostupnim prilazom u različitim vremenskim prilikama. Dimenzije kompostne gomile su različite, što u prvom redu zavisi od količine kompostnog materijala i namene dobijenog komposta (Filipovic et al., 2013a). Pre početka kompostiranja radi bržeg razlaganja i sazrevanja potrebno je krupan materijal usitniti na veličinu ne veću od 5,0

cm. Nakon toga, masa se pripremi: u slučaju da je suvlja potrebno ju je navlažiti ili obratno, zasušiti nekim od strukturnih materijala. Prva faza je tzv. mezofilna faza, koja traje nekoliko dana i završava se na oko 40 °C.

U drugoj ili termofilnoj fazi, pojačava se razgradnja unetog materijala, usled biohemijskih reakcija, temperatura (u sredini mase) dostiže 70 °C i više, što ukupno traje oko 1 – 1,5 mesec (u nekim slučajevima i više). Nakon tog perioda potrebno je masu promešati i ponovo pokriti nekoliko puta u toku razgradnje, a sve radi "obnavljanja" aktivnosti mikroflora. U tom periodu najaktivnije su gljive, bakterije i skokuni (Collembola), da bi nakon "hlađenja" u istoimenoj fazi (tj. fazi zrenja) na temperaturi oko 25 °C tu "ulogu" preuzele kišne gljive i neki insekti. U nekim slučajevima završetak razgradnje može biti nakon šest meseci, ipak najbolji kompost se dobija nakon godinu dana u momentu kada masa potpuno "sazri".

Tabela 1.5. Najčešći simptomi, problemi i rešenja koja se mogu sresti pri kompostiranju

Simptomi	Problem	Rešenje
Kompost je neprijatnog mirisa Sredina gomile je suva	Nedostatak kiseonika Nedostatak vode	Gomilu prekopati Pri prevrtanju masu zaliti vodom
Gomila je topla, a vlažna samo u sredini	Gomila je mala	Povećati je dodavanjem svežeg hladnog materijala
Gomila je vlažna, slatkastog mirisa, ali je masa hladna	Nedostatak azota	Dodati materijal bogat azotom (sveže pokošena trava i sl.)

U mere nege komposta spadaju mešanje, orošavanje, kontrolisanje zdravstvenog stanja i čuvanje u toku kompostiranja. Izgledom zreo kompost veoma podseća na zgoreli stajnjak, zbog svoje mrvičaste strukture, tamno – smeđe boje, ujednačene mase i prijatnog mirisa na šumsku zemlju. Po sadržaju aktivnih materija tehnološki zreo kompost sličan je dobro zgorelom stajnjaku, najčešće sadrži 0,3-0,5% azota, 0,2% fosfora, 0,2-0,3% kalijuma i oko 0,6% kalcijuma, koji se menja u zavisnosti od sadržaja kompostiranih sirovina.

Pre upotrebe poželjno je kompost dezinfikovati. Ukoliko su manje količine komposta, dezinfekcija se najčešće obavlja vodenom parom ili solarizacijom. U poslednje vreme se sve više koriste tzv. biljni čajevi (domaće radinosti) koji se mogu koristiti kao aktivatori procesa kompostiranja ali i kao sredstva za potrebe dezinfikovanja dobijenog

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

komposta. U navedene svrhe se takođe mogu upotrebiti i određeni mikrobiološki, biodinamički i homeopatski preparati.



Slike 1.9. i 1.10. Zalivanje i mešanje komposta (foto: Filipović)

Namena ovog visokokvalitetnog organskog đubriva je višestruka, najčešće se upotrebljava kao supstrat u rasadničarstvu, povrtarstvu, cvećarstvu, gljivarstvu i sl. (Filipović et al., 2022a). Kompost je naročito pogodan za spravljanje supstratnih smeša, pripremu setvenog sloja, pikiranje rasada i kao "pokrovni sloj" semena. Samo jedan od mnoštva primera primene komposta ćemo predstaviti na primeru kompostiranog otpada nastalog prilikom proizvodnje i prerade lekovitog bilja. Tokom petogodišnjeg perioda primene ovako dobijenog komposta, najbolji rezultati kod dve ispitivane sorte nevena, kako produktivni, tako i kvalitativni, postignuti su primenom komposta od 30 kg/m². Ovo istraživanje pokazuje da je moguće koristiti organski otpad dobijen u preradi lekovitog bilja, podržavajući efikasnost modela cirkularne ekonomije u proizvodnji ne samo nevena, nego i za gajenje ostalih lekovitih, ali i drugih biljnih vrsta, tako i za popravku plodnosti zemljišta (Filipović et al., 2023a). U proizvodnji se ustalila praksa da se kompost za đubrenje upotrebljava neposredno pre setve ili sadnje, u količinama 3-6 kg/m², sa dejstvom do tri godine. Kompost se ne unosi duboko u zemljište, već pri površni, obično do 5 cm dubine.

Malčiranje

Malčiranje (nastiranje, zastiranje, pokrivanje) zemljišta je višestruko korisna mera koja se primenjuje u organskoj proizvodnji. Malčiranje je neopravdano zapostavljena bioagrotehnička metoda, koja ima veliki broj pozitivnih svojstava, ali i određene nedostatke, koje bi trebalo u istraživanjima i u proizvodnoj praksi otkloniti. Malčiranje zemljišta predstavlja bioagrotehničku metodu kada se sa nekim materijalom

(slama, seno, trava, različiti biljni delovi, treset, pleva, bio-razgradiva folija, piljevina, malč hartija, agrotekstil ili neki drugi materijal) nastire, odnosno pokriva zemljišta koji pomaže u suzbijanju korova, održavanju vlažnosti zemljišta, zaštiti zemljišta od erozije i održavanju povoljne strukture zemljišta, poboljšanju vodnog i vazdušnog režima u zemljištu, povećanju organske materije zemljišta uz manja kolebanja temperature zemljišta, te samim tim omogućava bolji rad mikroorganizama.

Značajno za proizvođačku praksu, kako organskih, tako i ostalih proizvođača je da malčirano zemljište bolje zadržava vlagu, korovi slabije rastu, a kad izrastu, lakše ih je iščupati. Osim toga, nakon kiše ili zalivanja površina zemljišta je zaštićena malčem pa se ne stvara pokorica i nije potrebno okopavanje. Vreme primene ove metode je različito. Najčešće se malčira u momentu nakon što biljke izrastu, u tom momentu zemljište se malčira nekim od navedenih materijala. Malč će u vegetaciji čuvati zemljište od isušivanja i preteranog zakorovljavanja, postupno će se raspadati i obogatiti zemljište organskom materijom (SOM), što daje bolju strukturu zemljišta (Ugrenović et al., 2020b).

Jedan od ciljeva primene malčiranja jeste ranostasnost naročito kod povrtarskih vrsta. Kod ranih prolećnih useva ranostasnost je 10-15 dana, što daje dobar finansijski efekat kao i korišćenje ovih materijala u ranoj proizvodnji rasada u plastenicima bez grejanja.

U zavisnosti od namene malča, imamo u najmanju ruku dva termina za malčiranje. Ukoliko želimo da zaštitimo biljke od niskih temperatura i mrazeva najpogodnije vreme za malčiranje je na jesen kad krenu jača kolebanja između dnevnih i noćnih temperatura. Ovo je veoma značajno u regionima gde su izražene golomrazice i gde je pojava jesenjih mrazeva češća. Ukoliko se malčiranje uradi kako treba, nanese malč pomaže biljkama da izdrže veoma hladne zime, kao i udare jakih vetrova. S druge strane u proleće i leti, malčiramo kako bi sprečili rast i brojnost korova, sačuvali vlagu i zagrejali zemljište.

U zavisnosti od vrste proizvodnje i njene isplativosti, zavisi da li ćemo malčirati ili ne. Najčešće se malčiraju povrtarske vrste i to glavne povrtarske vrste, kao što su paradajz, paprika, lubenica, patlidžan i ostale vrste. Malčira se i u voćarskoj i vinogradskoj proizvodnji, kao i ratarskoj proizvodnji i to sve više u organskoj ratarskoj proizvodnji. Često se malčiranje sprovodi u okviru konzervacijskih sistema obrade zemljišta. U novije vreme primenom tehnologije višegodišnjih pokrovnih useva i združivanjem useva sve više se u proizvodnji koristi i živi malč. Uloga malča je višestruka, pa tako upotreba malča doprinosi kontroli erozije zemljišta, boljem upravljanju zemljišnom vlagom, zaštiti kvaliteta vode, povećanju sadržaja organske materije u zemljištu i kontroli korova (Jevremović et al., 2016).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Iako se primenom malčiranja ostvaruje više pozitivnih efekata koji utiču kako na zemljište i biljku, tako i životnu sredinu, primena organskog malča ima i neke nedostatke (Popović et al., 2017). Na primer, kabasta masa kojom se malčira u većini slučajeva zahteva veliki broj sezonske radne snage ali i prisustvo i angažovanje (uglavnom) transportne mehanizacije. Potom, sve zavisi od vrste primenjenog mlača njegovih fizičkih i agrohemijskih osobina, odnosno koliko odgovara/neodgovara gajenoj biljci. Često se dešava da ako je isuviše vlažan malč, da on kao takav može prouzrokovati pojavu određenih bolesti kod biljaka (uglavnom određene vrste truleži i pepelnica). Zato takav malč, naročito u povrtarstvu ne treba nastirati blizu biljaka. Vlažni i topli malč može privući i glodare, koji će u njemu, naročito tokom zimskih meseci nalaziti sklonište. S tim u vezi, uvek treba biti obazriv koju vrstu i za koju namenu malča ćemo koristiti.



Slika 1.11. Malčiranje bio-razgradivom folijom u organskoj proizvodnji paprike u Austriji (foto: Filipović)

U toku zimskih meseci u malču u kome ima dosta sena ili slame prisustvo glodara je gotovo neizostavno. Često se u praksi greši pa se malčiraju stabljike na kojima je seme (može da bude i zeleno seme, ali ono i takvo ima reproduktivnu ulogu, ali i izvor je pre svega ugljenohidrata) što dodatno stvara uslove za „dolazak“ glodara. Takve malčeve ne treba primenjivati, a i ako su primenjeni obavezno ih treba više puta u toku vegetacije pregledati. Neretko se na malčiranim usevima/zasadima mogu u masovnijem broju naći i puževi. Oni su naročito vidljivi nakon većih padavina ili obilnijih zalivanja, kada se pojavljuju na površini malča.

Bitno je da se ne malčira sa materijalom koji ima vidljivo prisustvo bolesti, štetočina i korovskih biljaka sa semenima. Potom nije preporučljivo nastirati usev/zasad sa vlažnim malčem prvo zbog otežane manipulacije i primene na samoj parceli, a potom i zbog stvaranja uslova za prisustvo nekih ekonomski značajnih bolesti u malčiranom usevu/zasadu. Takođe treba poštovati rokove i namenu kada i zašto se neki usev/zasad malčira, jer ako je i taj segment ove bioagrotehničke mere ispoštovan i njena efikasnost će biti izraženija.



Slike 1.12. Stočni grašak – kao pogodna vrsta za različito korišćenje u organskoj proizvodnji (foto: Ugrenović i Filipović)

Osim napred navedenih prednosti ako biljke zasejemo a potom malčiramo nekom od mahunarki (leguminoza, leptirnjača) na taj način se može obezbediti i fiksacija atmosferskog azota, ali i fitoremedijacija zemljišta, kao i biokontrola protiv ekonomski značajnih bolesti i štetočina.

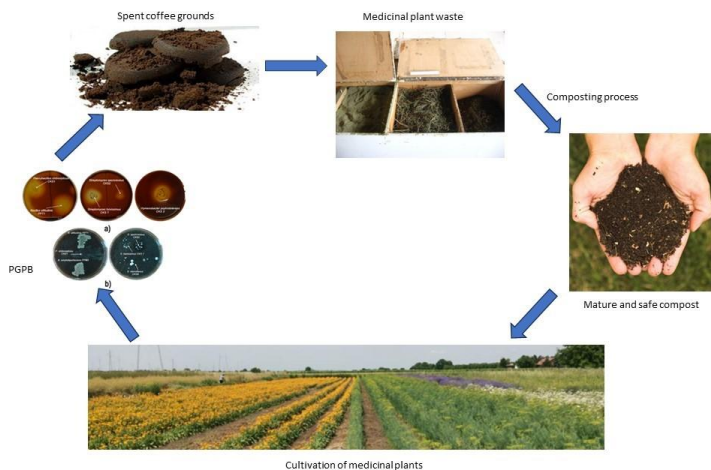
Primena rizobakterija koje poboljšavaju rast i kondiciju biljaka

Istraživanja i praktični rad sa ekološki prihvatljivim alternativama za ublažavanje štetnih dejstava toksičnih agrohemikalija dovela je do otkrića i kasnije upotrebe biođubriva na bazi mikroorganizama u prvom redu korisnih bakterija, koja se neretko kombinuju sa biljnim i životinjskim ekstraktima, aminokiselinama, huminskim i fulvo kiselinama, kao i

makro i mikroelementima. Agroindustrija je veoma zainteresovana za ovu grupu organizama kao potencijalnih izvora materija za pospešivanje rasta biljaka i supstanci koje bi se mogle koristiti u biološkoj zaštiti i ishrani bilja. Zanimljiva je činjenica da je oko polovine komercijalno dostupnih bakterijskih preparata na bazi bakterija iz roda *Bacillus* (Vuković i Šunjka, 2021). S tim u vezi i veliki broj komercijalnih preparata na bazi bakterija je upravo proizveden na bazi bakterija iz ovog roda. Trenutno, na Listi registrovanih sredstava za ishranu bilja i oplemenjivača zemljišta Ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva Republike Srbije, nalazi se čak 111 komercijalnih sredstava označenih kao „Mikrobioloških đubriva“. Lista je formirana na osnovu Pravilnika o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje ("Službeni glasnik RS", broj 95 od 3. jula 2020, 24 od 19. marta 2021.), odnosno Priloga 1. Takođe, Uredba (EU) 2019/1009 Evropskog parlamenta i Veća od 5. juna 2019., o utvrđivanju pravila o stavljanju proizvoda za đubrenje na tržište, te o izmenama Uredaba (EC) br. 1069/2009 i (EC) br. 1107/2009 i stavljanju izvan snage Uredbe (EC) br. 2003/2003, definiše termin biostimulator kao „proizvod đubriva EU čija je funkcija da stimuliše procese ishrane biljaka bez obzira na sadržaj hranljivih materija u proizvodu, sa jednim ciljem poboljšanja jedne ili više od sledećih karakteristika biljaka i njene rizosfere: efikasnost u korišćenju hranljivih materija, tolerancija na abiotički stres, karakteristike kvaliteta ili dostupnost hranljivih materija imobilisanih u zemljištu i rizosferi”.

Postoje različite vrste biostimulatora, uključujući i one na bazi korisnih mikroorganizama (bakterije i gljive), algi i hitozana (eng. „chitosan“). Oni koji pripadaju grupi koja se nazivaju „rizobakterije koje poboljšavaju rast biljaka“ (PGPB) su među najčešće korišćenim mikrobiološkim sredstvima u gajenim biljkama. Većina korisnih organizama koji se koriste kao biostimulatori za biljke živi u rizosferi (Basu et al., 2021). Prilikom primene PGPB (*Streptomyces*, *Paenibacillus* i *Himenobacter*) u gajenju crnog kima (*Nigella sativa* L.) i uljanog lana (*Linum usitatissimum* var. *vulgare* Boen.), ostvareni su rezultati koji potvrđuju pozitivan uticaj odabranih sojeva bakterija na njihove nutritivne i biološke osobine. U istraživanjima je zaključeno da se primenom PGPB značajno povećava sadržaj oleinske kiseline C18:1 (sa 16,06±0,03% na 16,97±0,03%) i alfa linolenske kiseline C18:3 (sa 42,97±0,2% na 45,42±0,5%) u lanenom ulju i linolne kiseline C18:2 (sa 52,68±0,50% na 57,11±0,40%) i eikozadienske kiseline C20:2 (sa 4,34±0,02% na 4,54±0,03%) u ulju semena crnog kima. Takođe je utvrđeno da je sadržaj ukupnih polifenola, flavonoida i karotenoida, kao i antioksidativna aktivnost merena FRAP testom, veći u ulju iz semena biljke tretiranog PGPB u poređenju sa odgovarajućim

netretiranim uzorcima (Dimitrijević et al., 2018). U prethodnim istraživanjima, utvrđena je opravdanost primene različitih vrsta mikrobioloških sojeva koji su značajno uticali u poboljšanju morfoloških karakteristika, prinosa i kvaliteta semena gajenih, tržišno interesantnih uljanih biljnih vrsta (Dimitrijević i sar., 2022).



Slika 1.13. Proizvodnja visokokvalitetnog komposta na bazi optada nastalog preradom lekovitog bilja, može se izvesti primenom taloga kafe i PGPB (Dimitrijević et al., 2024)

Primena PGPB, uključujući sojeve *Streptomyces* sp., *Paenibacillus* sp., *Bacillus* sp., *Himenobacter* sp., zajedno sa iskorišćenim talogom kafe značajno utiču na brzinu procesa kompostiranja i kvalitet dobijenog komposta, što je u skladu sa strategijom zasnovanom na cirkularnoj ekonomiji, rezultiralo je proizvodnjom komposta kao inovativnog proizvoda koji se odmah može koristiti u poljoprivredi kao visokokvalitetno organsko đubrivo (Dimitrijević et al., 2024).

Najveći procenat kako bakterija, tako i ostalih korisnih mikroorganizama nalazi se u rizosfernom delu zemljišta. Rizosfera je oblast oko korena biljke koja poseduje intenzivnu mikrobnu i faunističku aktivnost kroz sve hranljive materije koje biljka apsorbuje, proces koji još uvek nije u potpunosti shvaćen. U rizosferi se dešavaju procesi interakcije sistema zemljište–biljka–mikroorganizmi i efekat biostimulatora u sistemu zemljište–biljka–mikroorganizmi, sa ciljem uspostavljanja boljeg mehanizma delovanja biostimulatora u biljkama, zemljištu i zemljišnoj fauni. Biljke luče velike količine molekula u zemljište kroz svoje korenje, koji se nazivaju eksudati koji stimulišu mikrobnu aktivnost u rizosferi. U biokontroli fitopatogenih organizama, u usevu nevena jedna od efikasnih

biomera protiv prouzrokača pepelnice lista nevena (*Podosphaera xanthii* (Castagne)) jeste i tretman sojem *Bacillus amyloliquefaciens ssp. plantarum* PPM3. Ovaj soj je takođe pokazao značajnu efikasnost prilikom suzbijanja crne pegavosti krompira (*Alternaria solani* (Ellis & Mart.)) i plamenjače krompira (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) u usevu konzumnog krompira (Filipović et al., 2020). Bakterije se hrane hranljivim materijama u zemljištu na različite načine, a zatim se oslobađaju ispašom mikrofaune, povećavajući njihovu bioraspodivnost za biljke. Biostimulansi obezbeđuju korisne mikroorganizme, hranljive materije, vitamine i druga jedinjenja koja stupaju u interakciju sa zemljištem i rizosferom biljaka, sa ciljem da podstiču njihov rast i prinos. Jedan od primera je upotreba organski sertifikovanog đubriva koje sadrži kalijum ali i azot. Ovo đubrivo zajedno sa mikrobiološkim sredstvom za inokulaciju i sredstvom za folijarnu primenu uticalo je pozitivno na visinu biljke, broj mahuna na biljci, broj zrna po mahuni, masu cele biljke i prinos dorađenog semena. Upotrebom ovakvog miksa, povećavaju se agrotehnički parametri proizvedene soje ali i stimuliše rast korena, povećava dostupnost fosfora i mikroelemenata, fiksira azot, podstiče biosinteza lignina, normalno funkcionisanje provodnih sudova, stimuliše sazrevanje, prinos i povećava sadržaj šećera (Dimitrijević i sar., 2024).

Primenom biođubriva, pre svega mikrobioloških tačnije različitih sojeva bakterija, potpomažu se procesi povećanja mikrobne aktivnosti u zemljištu, a samim tim povećanje plodnosti, te sadržaja organske materije u zemljištu, što dovodi do većih prinosa i boljeg kvaliteta dobijene sirovine. Pored ove uloge, mnoge bakterije se koriste u suzbijanju širokog spektra štetnih organizama u organskoj biljnoj proizvodnji.

Literatura

- Anil, L., Park, R. Phipps, R.H., Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science*, 53, 301-317.
- Angelovski, A. 2022. Attractiveness of selected plant species for wild bees and the possibility of their use in flower margins. Master thesis, Faculty of Biology, University of Belgrade, Belgrade.
- Bao, X., Gu, Y., Chen, L., Wang, Z., Pan, H., Huang, S., Chen, X. 2024. Microplastics derived from plastic mulch films and their carrier function effect on the environmental risk of pesticides. *Science of The Total Environment*, 171472.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of agronomy*, 24(4), 325-332.
- Basu, A., Prasad, P., Das, S.N., Kalam, S., Sayyed, R.Z., Reddy, M.S., El Enshasy, H. 2021. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as Green Bioinoculants:

- Recent Developments, Constraints, and Prospects. Sustainability. 2021, 13(3), 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>
- Boix-Fayos, C., de Vente, J. 2023. Challenges and potential pathways towards sustainable agriculture within the European Green Deal. Agricultural Systems, 207, 103634.
- Carr, P.M., Horsley, R.D., Poland, W.W. 2004. Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland forages in the Northern Great Plains. Agron. J. 96, 677– 684.
- Dimitrijević, S., Pavlović, M., Maksimovic, S., Ristić, M., Filipović, V., Antonović, D., Dimitrijević-Branković, S. 2018. Plant growth promoting bacteria elevate the nutritional and functional properties of Black cumin and Flaxseed fixed oil. J. Sci. Food Agric., 98(4), 1584-1590. ISSN (Print) 0022-5142, ISSN (Online) 1097-0010, doi:10.1002/jsfa.8631. John Wiley & Sons Ltd. Subsidiary of: John Wiley & Sons, Inc., Chichester, United Kingdom.
- Dimitrijević, S., Filipović, V., Milić, M., Dimitrijević-Branković, S., Buntić, A., Ugrenović, V., Popović, V. 2022. Ispitivanje fitostimulatornog delovanja bakterijskih sojeva tokom gajenja uljanog lana i crnog kima Izdavač: Društvo selekcionara i semenara, ISSN: 0354–5881, doi: 10.5937/SelSem2202030D. "Selekcija i semenarstvo – Plant breeding and seed production", 28(2), 30-38.
- Dimitrijević, S., Milić, M., Buntić, A., Dimitrijević-Branković, S., Filipović, V., Popović, V., Salamon, I. 2024. Spent Coffee Grounds, Plant Growth Promoting Bacteria, and Medicinal Plant Waste: The Biofertilizing Effect of High-Value Compost. Sustainability 2024, 16, 1632. <https://doi.org/10.3390/su16041632> MDPI, Basel, Switzerland.
- Dimitrijević, S., Filipović, V., Buntić, A., Milić, M., Ugrenović, V., Popović, V., Perić, V. 2024. Ispitivanje efikasnosti različitih biopreparata na semenski i tržišni kvalitet organski proizvedene soje. Izdavač: Društvo selekcionara i semenara, ISSN: 0354–5881, doi: 10.5937/SelSem2202001P. "Selekcija i semenarstvo – Plant breeding and seed production", 30(1), 1-11.
- Giller, K. E. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems, 2nd Edition, CABI, Wallingford.
- Filipović, V., Radivojević, S., Ugrenović, V., Jaćimović, G., Branka, Lazić, Subić, J. 2011a. The Eco – corridor in Organic Agricultural Production. 22. Međunarodni simpozijum "Proizvodnja zdravstveno bezbedne hrane" / 22nd International symposium „Safe food production“. Faculty of Agriculture, Novi Sad, Trebinje, Bosnia and Herzegovina, 19th – 25th June, 2011, ISBN 978-86-7520-219-6, UDC: 338.439.4:616-092.11, UDK 63:502/504(82), COBIS.SR-ID 264465927. Proceedings, 259 – 261.
- Filipovic, V., Radivojevic, S., Jacimovic, G., Kuzevski, J., Subic, J., Grbic, J. 2011b. The origin, nutritional value and uses of some less widely spread legumes that are suitable for organic farming. 9th International Scientific Conference "Serbia Facing the Challenges of Globalization and Sustainable Development". Megatrend University, Belgrade, November 25th, 2011, ISBN 978-86-7747-445-4, UDK502.131.1(082);339.923:061.1EU(497.11)(082);338.1(497.11)(082); 338.124.4(100)(082), COBIS.SR-ID 187614732, Proceedings, 381 – 389.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Glamočlija, Đ., Jevđović, R., Grbić, Jasna, Sikora, V. 2011. Analysis of the contents Ca, Mg, Fe, and Zn in aboveground biomass of wild nettle (*Urtica dioica* L.). Institute for Medicinal Plants Research „Dr Josif

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Pančić, Belgrade, ISSN: 0455-6224, UDC: 582.929.4:546. *Matières médicales / Lekovite sirovine*, Belgrade, 47-54.
- Filipović, V., Ugrenović, V. 2012. The improvement in biodiversity and soil fertility through the adoption of organic farming. International Scientific Meeting „Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube region - Preservation of rural values“. Editors: Drago Cvijanović, Jonel Subić, Andrej Jean Vasile. The Institute of Agricultural Economics Belgrade. Mountain Tara, Serbia, 6-8 December 2012. *Economics of agriculture*, ISBN 978-86-6269-018-0. UDK 631(4-924.5)(082), COBISS.SR-ID 195237900. Vol. XIX, 695 – 712.
- Filipovic, V., Dimitrijevic, S., Markovic, T., Radanovic, D. 2013a. Construction of composter on production and processing unit of the institute for medicinal plant research “Dr Josif Pančić”. XIII Congress of Serbian soil science society and first international “Soil – water – plant”. Serbian Soil Science Society and Institute of Soil Science, Belgrade. Belgrade, 23-26 September 2013. UDC 631.17: 631.86. *Proceedings*, 373–382.
- Filipović, V., Ugrenović, V. 2013. The Composting of Plant Residues Originating From the Production of Medicinal Plants. International Scientific Meeting „Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube region - Achieving regional competitiveness“. Editors: Drago Cvijanović, Jonel Subić, Andrei Jean Vasile. The Institute of Agricultural Economics Belgrade. Topola, Serbia, hotel „Oplenac“, December 5-7th 2013. *Economics of agriculture*, ISBN 978-86-6269-026-5, UDK 631(4-924.5)(082)(0.034.2), 338.434(082)(0.034.2), 502.131.1(082)(0.034.2), 330.15(082)(0.034.2), 504:33(082)(0.034.2), COBISS.SR-ID 203206156. *Thematic proceedings*, 1283 – 1301.
- Filipović, V., Ugrenović, V. 2018. Stinging nettle and comfrey - production technology and cost benefit analysis. International Scientific Meeting „Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube region – support programs for the improvement of agricultural and rural development“. Editors: Jonel Subić, Boris Kuzman, Andrei Jean Vasile. The Institute of Agricultural Economics Belgrade. Serbia, Chamber of Commerce and Industry of Serbia, Belgrade Serbia, December 14-15th 2017. *Economics of agriculture*, ISBN 978-86-6269-061-6, UDK 631(082) 338.434(497)(082) 502.131.1(082) 338.23:631(082), COBISS.SR-ID 257428748. *Thematic proceedings*, 590 – 608.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Jevremović, S., Dimitrijević, S., Pavlović, M., Popović, V., Dimitrijević, S. 2020. Biocontrol of economically significant diseases in order to increase the yield of pot marigold and valerian seeds and potato tubers. Serbian Association of Plant Breeders and Seed Producers, Belgrade, ISSN: 0354-5881, doi: 10.5937/SelSem2001038F. “Selekcija i semenarstvo – Plant breeding and seed production”, 26(1), 38-51.
- Filipović, V., Ugrenović, V. 2020. Innovative approach in the production of valerian (*Valeriana officinalis* L.) using organic production methods. International Scientific Meeting „Sustainable agriculture and rural development in terms of the Republic of Serbia strategic goals realization within the Danube region – science and practice in the service of agriculture“. Editors: Jonel Subić, Andrei Jean Vasile, Marko Jeločnik. The Institute of Agricultural Economics Belgrade.

- Serbia, Belgrade, National Bank of Serbia, Belgrade Serbia, December 12-13th 2019. Economics of agriculture, ISBN 978-86-6269-081-4; eISBN 978-86-6269-078-4, UDK 631:502.121.1(082) 005.591.6:631(082) 334.75:631(082) 338.432(082), COBISS.SR-ID 282866188. Thematic proceedings, 593 – 611.
- Filipović, V., Popović, V., Ugrenović, V., Popović, S., Plećaš, M., Raičević, J., Terzić, D. 2021a. Preparations based on medicinal plants usable in urban agriculture. 25th Interantional Eco – conference 2021: 14th Environmental protection of urban and suburban settlements, Ecological movement of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 22 - 24th September 2021. ISBN 978-86-83177-57-8, UDK 502:711.4(082). COBISS.SR-ID 46054409. Proceedings, 344 – 351.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Popović, V., Popović, S., Mrđan, S., Dragumilo, A., Ugrinović, M. 2021b. Chapter 2, Use and Agroecology Efficiency of Medicinal Plants in Plant Production. In: Monograph. An Introduction to Medicinal Herbs. Editor. Mila Emerald. (pp. 11-62). Publishers: Nova Science Publishers Inc, NY, USA. ISBN: 978-1-68507-147-9, DOI:<https://doi.org/10.52305/TKAL3430>, <https://novapublishers.com/shop/an-introduction-to-medicinal-herbs/>
- Filipović, V., Šarčević-Todosijević, Lj., Ugrenović, V., Popović, S., Ugrinović, M., Dimitrijević, S., Popović, D. 2022a. The influence of different substrate mixtures on seedlings quality and economically high yield of tomato, pepper and basil. 26th Interantional Eco – conference 2022: 12nd Safe food, Ecological movement of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 21 - 23 September 2022. ISBN 978-86-83177-59-2, UDK 502:711.4(082). COBISS.SR-ID 74631433. Proceedings, 103 – 111.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Dimitrijević, S., Mrđan, S., Prijjić, Ž., Popović, V., Paunović, D. 2022b. Morphological characteristics of the plant and reproductive capacity of yarrow (*Achillea millefolium* L.) seeds in dependence on pedo-ecological conditions. Serbian Association of Plant Breeders and Seed Producers, Belgrade, ISSN: 0354-5881, doi: 10.5937/SelSem2201039F. "Selekcija i semenarstvo – Plant breeding and seed production", 28(2), 39-51.
- Filipović, V. 2022. Priručnik o organskoj proizvodnji lekovitih i aromatičnih biljaka. Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje "Serbia Organika", Beograd i Nemačka organizacija za međunarodnu saradnju (GIZ). ISBN-978-86-88997-20-1.
- Filipović, V., Simić, I., Ugrenović, V. 2022. Priručnik o sredstvima za zaštitu i ishranu bilja u organskoj proizvodnji. Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje "Serbia Organika", Beograd i Nemačka organizacija za međunarodnu saradnju (GIZ). ISBN-978-86-88997-22-5.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Popović, V., Dimitrijević, S., Popović, S., Aćimović, M., Dragumilo, A., Pezo, L. 2023a. Productivity and flower quality of different pot marigold (*Calendula officinalis* L.) varieties on the compost produced from medicinal plant waste. Industrial Crops and Products, Volume 192, 116093, ISSN 0926-6690, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116093>. Elsevier BV, Amsterdam, Netherlands.
- Filipović, V., Popović, V., Dimitrijević, S., Ugrenović, V., Mikić, S., Mrđan, S., Šarčević-Todosijević, Lj. 2023b. Application of fermented extract of horsetail (*Equisetum arvense* L.) to control tomato late blight (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). International Scientific Conference Science, Education,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Technology and Innovation SETI V 2023. UDC: 0/9(082)(0.034.2), ISBN 978-86-81512-11-1, COBISS-SR-ID- 128307465. Book of Proceedings, 199-206.
- Filipović, V., Ugrenović, V., Plećaš, M., Raičević, J., Dimitrijević, S., Prijjić, Ž., Popović, V. 2023. Agrotehnički aspekt primene cvetnih pojaseva u poljoprivrednoj proizvodnji. Nacionalni naučno-stručni skup „125 godina primenjene nauke i poljoprivrede“. Centar za strna žita i razvoj sela iz Kragujevca, 22. jun 2023. godine. ISBN 978-86-905494-0-5. Zbornik radova, 203-213.
- Filipovic, V., Ugrenovic, V., Rogoznica, N., Šušteršić, L., Ilchev, A., Samardziev, D. 2024a. Urban farming for beginners. Forum Center for Strategic Research and Documentation (CSR), North Macedonia, National Association for Organic Production Development “Serbia Organica”, Serbia, NGO for promotion of organic farming, environmental protection and sustainable development “Eko-Zadar”, Croatia, Association Bulgarian School of Politics “Dimitry Panitza”, Bulgaria.
- Filipović, V., Marković, T., Dimitrijević, S., Song, A., Prijjić, Ž., Mikić, S., Čutović, N., Ugrenović, V. 2024b. The First Study on Cultivating Roman Chamomile (*Chamaemelum nobile* (L.) All.) for Its Flower and Essential Oil in Southeast Serbia. *Horticulturae*, 10(4), 396. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040396> MDPI, Basel, Switzerland.
- Glamočlija, Đ., Janković S., Popović, V., Filipović, V., Kuzevski, J., Ugrenović, V. 2015. Alternative crop plants in conventional and organic growing systems. Institute for the Application of Science in Agriculture, Belgrade, Serbia, Monograph, 1-354. ISBN 978-86-81689-32-5, UDK 633/635, COBISS.SR-ID 214569228.
- Gotlin Čuljak, T., Galzina, N., Juran, I., Čuljak, M., Jelovčan, S., Pecze, R. 2016. Može li sjetva cvjetnih trakova povećati bioraznolikost kukaca u agroekosustavima?. *Glasilo biljne zaštite*, 16(4), 378-390.
- Happe, A. K., Riesch, F., Rösch, V., Galle, R., Tschardt, T., & Batáry, P. 2018. Small-scale agricultural landscapes and organic management support wild bee communities of cereal field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 92-98.
- Jevremović, S., Filipović, V., Ugrenović, V. 2016. Mulch in crop production. 20th Interantional Eco – conference 2016: 9th Eco-conference on “Safe food”, Ecological movement of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 28th - 30th September 2016. ISBN 978-86-83177-51-6, UDK 63:502/504(082) 631.147(082). COBISS.SR-ID 308569095. Proceedings, 137 – 144.
- Kowalska, J., Antkowiak, M., & Sienkiewicz, P. 2022. Flower Strips and Their Ecological Multifunctionality in Agricultural Fields. *Agriculture* 2022, 12, 1470.
- Li, L. 2016. Intercropping enhances agroecosystem services and functioning: current knowledge and perspectives. *Zhongguo Shengtai Nongye Xuebao/Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 24(4), 403-415.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*. 99, 106-113.
- Løes, A. K., Bünemann, E. K., Cooper, J., Hörtenhuber, S., Magid, J., Oberson, A., Möller, K. 2017. Nutrient supply to organic agriculture as governed by EU

- regulations and standards in six European countries. *Organic Agriculture*, 7, 395-418.
- Milenković, S. 2015. Suzbijanje korova u organskoj poljoprivredi. Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje „Serbia Organika“, Beograd, Aranđelovac „Đurđevdan“.
- Mucheru-Muna, M., Pypers, P., Mugendi, D., Kung'u, J., Mugwe, J., Merckx, R., Vanlauwe, B. 2010. Staggered maize–legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of central Kenya. *Field Crops Research* 115, 132–139.
- Popović, S., Grublješić, Ž., Popović, V., Filipović, V. 2017. Ecological and Economic Importance of Mulching Within the Urban Areas of Large Cities of the Republic of Serbia. Publisher: Biomedical Research Network+, LLC, New York, USA, DOI : 10.26717/BJSTR.2017.01.000503, *Biomed J Sci & Tech Res.*, 1(6), 1-4.
- Popović, V., Jovanović Todorović, M., Gantner, V., Rajičić, V., Filipović, V., Dokić, D., Dozet, G. 2024. State of organic production in world and for us. International Scientific Conference „Sustainable agriculture and rural development - IV“. The Institute of Agricultural Economics Belgrade. Serbia, Belgrade, ISBN 978-86-6269-134-7, UDK 631:502.121.1(082), 005.591.6:631(082), 338.432(082), COBISS.SR-ID 137427721. Thematic proceedings, 371 – 382.
- Raičević, J., Bila Dubaić, J., Ugrenović, V., Filipović, V., Četković, A., Plečaš, M. 2024. Development of regionally optimized flower mixtures for supporting the wild bee pollinators in Serbia. The EurBee 10 – 10th European Congress of Apidology, 16-19 September 2024, Tallinn, Estonia, Abstract Book, 155.
- Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Mohammad, N., Ali, A., Khan, M.A. 1999. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rain fed areas of Pakistan. 3. Residual effects on following cereal crops. *Aust J Agr Res.* 50(1), 21 – 28.
- Seran, T. H., Brintha, I. 2010. Review on maize based intercropping. *Journal of Agronomy.* 9(3), 135–145.
- Sanaullah, M., Mujtaba, A., Haider, G., ur Rehman, H., Mubeen, F. 2022. Mitigation and actions toward nitrogen losses in Pakistan. In *Nitrogen Assessment* (pp. 149-175). Academic Press.
- Simić, I., Filipović, V., Oljača, S., Ugrenović, V. 2017. Uticaj organske poljoprivrede na zaštitu životne sredine, biodiverzitet, očuvanje genetičkih resursa, klimatske promene i kvalitet zemljišta. Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje "Serbia Organika", Beograd.
- Szítár, K., Deák, B., Halassy, M., Steffen, C., & Batáry, P. 2022. Combination of organic farming and flower strips in agricultural landscapes—A feasible method to maximise functional diversity of plant traits related to pollination. *Global Ecology and Conservation*, 38, e02229.
- Terzić, D., Radović, J., Marković, J., Popović, V., Milenković, J., Vasić, T., Filipović, V. 2017. Uticaj načina setve i združivanja na energetske i proteinske vrednosti kukuruza i soje u postrnoj setvi. Institut PKB Agroekonomik, Padinska Skela, ISSN: 0354–1320, UDK: 631.53.04;124.5;633.15;633.34. Zbornik naučnih radova Instituta PKB Agroekonomik, Padinska Skela, Beograd, 23(1-2), 19-24.
- Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 51(3), 746-755.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Ugrenović, V., Filipović, V., Glamočlija, Đ., Subić, J., Kostić, M., Jevđović, R. 2012. Benefits of Using Fennel as Isolation Buffer in Organic Agriculture. ISSN: 1821-3944, UDK: 631/635(051), DOI:10.5937/ratpov49-1138. Ratarstvo i povrtarstvo / Field and Vegetable Crops research. Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, 49 (1), 126-131.
- Ugrenović, V., Filipović, V. 2012. Organska proizvodnja i biodiverzitet. II Otvoreni dani biodiverziteta, 26.
- Ugrenović, V., Filipović, V., Glamočlija, Đ., Kostić, M., Jevđović, R., Subić, J. 2014. Prostorno razgraničenje – živi pojas u organskoj biljnoj proizvodnji zasnovan višegodišnjim moračom. Institut „Tamiš“, Pančevo, Projekat III 46006: „Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru Dunavskog regiona“. Bitno poboljšani postojeći proizvod ili tehnologija (M 84), 1-20.
- Ugrenović, V., Filipović, V., Jevremović, S., Ugrinović, M. 2015. Fennel (*Foeniculum vulgare* P. Mill) Production Results in an Isolation Zone of Organic Production. Institute for Medicinal Plants Research „Dr Josif Pančić“, Belgrade, ISSN: 0455-6224, UDC: 635.75-114.7(497.11), COBISS.SR-ID 220259596. "Matières médicales / Lekovite sirovine", Belgrade, (35), 181 – 191.
- Ugrenović, V., Filipović, V. 2017. Chapter 9, Cover Crops: Achievement of Sustainability in the Ecological Systems of Agriculture. In: Jean-Vasile, A. & Domenico Nicolò (Eds.), Sustainable Entrepreneurship and Investments in the Green Economy (pp. 257-281). Publisher: IGI Global, Hershey, PA 17033, USA. Release Date: December, 2016. 339 pages. Information Science Reference. DOI: 10.4018/978-1-5225-2075-7.ch009, ISBN13: 9781522520757, ISBN10: 1522520759, EISBN13: 9781522520764. <http://www.igi-global.com/chapter/cover-crops/174476>
- Ugrenović, M. V., Filipović, M. V., Delić, I. D., Popović, M. V., Stajković Srbinović, S.O., Ugrinović, M., 2018. Održavanje plodnosti zemljišta na organskom gazdinstvu modeliranjem plodoreda sa učešćem lucerke. Institut za zemljište, Beograd. Projekat: „Novi proizvodi cerealijske i pseudocerealijske iz organske proizvodnje“ (br. III 46005) i „Održiva poljoprivreda i ruralni razvoj u funkciji ostvarivanja strateških ciljeva Republike Srbije u okviru Dunavskog regiona“ (br. III 46006). Novo tehničko rešenje primenjeno na nacionalnom nivou (M82), 1-38.
- Ugrenović, V., Filipović, V., Jevremović, S., Marjanović-Jeromela A., Popović, V., Buntić, A., Delić, D. 2019. Effect of brassicaceae as cover crops. Serbian Association of Plant Breeders and Seed Producers, Belgrade, ISSN: 0354-5881, doi: 10.5937/SelSem1902001U. "Selekcija i semearstvo – Plant breeding and seed production". 25(2), 1-8.
- Ugrenović V., Popović, V., Filipović V., Plećaš, M. 2020a. Organic Production – Protection and Increase of Biodiversity. GEA International (Geo Eco-Eco Agro) Conference, Biotechnical Faculty, University of Montenegro, Montenegro, Podgorica, Montenegro, 28-31 May 2020, Montenegro, ISBN 978-86-86625-26-7 (Faculty of Architecture), COBISS.CG-ID 13026308, Book of Abstracts, 134.
- Ugrenović, M. V., Filipović, M. V., Delić, I. D., Popović, M. V., Stajković Srbinović, S. O., Buntić, V. A., Dozet, K. G. 2020b. Maintenance of soil fertility on organic farm by modeling of crop rotation with participation alfalfa. Matica Srpska,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Novi Sad. UDC 633.31:631.526, <https://doi.org/10.2298/ZMSPN2038071U>, Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Matica Srpska J. Nat. Sci. Novi Sad, № 138, 71 – 82.

- Ugrenović, V., Saljnikov, E., Filipović, V., Stajković Srbinović, O., Stanković, S., Simić, D., Marjanović-Jeromela A. 2021a. Tehnološki postupak uspostavljanja pokrovnog useva belom slačicom (*Sinapis alba* L.) u organskoj ratarskoj proizvodnji. Institut za primenu nauke u poljoprivredi, Beograd. Rešenje je prihvaćeno od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, tokom realizacije ugovora o finansiranju naučnoistraživačkog rada: 451-03-68/200045/200011/200003/200032). Novo tehničko rešenje primenjeno na nacionalnom nivou (M82), 1-22.
- Ugrenović, V., Saljnikov, E., Pivić, R., Grujić, T., Filipović, V., Oljača, S., Simić, I., Subić, J., Jeločnik, M. 2021b. Razvoj inovativnih metoda organske ratarske proizvodnje u cilju veće klimatsku neutralnosti poljoprivrede. Institut za zemljište, Beograd, Nacionalno udruženje za razvoj organske proizvodnje „Serbia Organica”, Beograd, Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd.
- Ugrenović, V., Filipović, V., Miladinović, V., Simić, D., Janković, S., Stanković, S., Saljnikov, E. 2024. How Do Mixed Cover Crops (White Mustard + Oats) Contribute to Labile Carbon Pools in an Organic Cropping System in Serbia? *Plants*, 13(7), 1020. <https://doi.org/10.3390/plants13071020>. MDPI, Basel, Switzerland.
- Vuković, S., Šunjka, D. 2021. Biopesticidi. Univerzitet u Novom Sadu Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

POKAZATELJI EFIKASNOSTI ISHRANE BILJAKA U KONTEKSTU ORGANSKE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE

Olivera Nikolić



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹Pitanje ishrane biljaka je višestruko značajno, u poljoprivrednoj teoriji i u praksi. Danas, imajući u vidu specifične pojave u životnoj sredini, štetne uticaje, nekontrolisane i neprilagođene primene mineralnih đubriva, nove zahteve sa kojima se savremena poljoprivreda suočava, rast ljudske populacije i, iznad svega, a u isto vreme, važnost i nužnost optimalne ishrane gajenih biljaka u cilju obezbeđenja dovoljnih količina kvalitetne hrane, ono postaje posebno značajno i zahteva sistemski pristup. U takvim okolnostima, razumevanje mehanizma usvajanja hraniva od strane gajenih biljaka i njihove osnovne uloge, kao i identifikacija genotipova i vrsta efikasnih u usvajanju i iskorišćavanju hraniva, prilagođenih gajenju u uslovima suboptimalne obezbeđenosti hranivima, je posebno značajno za optimizaciju sistema ishrane biljaka. Primena najboljih praksi u tom segmentu biljne proizvodnje, koje uključuju analizu zemljišta i integrisano “upravljanje hranivima” mogu da osiguraju efikasno iskorišćavanje resursa i minimiziranje uticaja na životnu sredinu.

Kako zahtevi za hranom, na globalnom nivou, kontinuirano postaju sve veći, od suštinske je važnosti unapređivati znanja i metode u oblasti ishrane biljaka kako bi se obezbedile dovoljne količine hrane i njena bezbednost, a istovremeno sačuvala održivost ekosistema.

Kada su u pitanju bezbednost hrane, degradacija ekosistema i klimatske promene, održivi poljoprivredni sistemi su ključni faktor. Osnovni ciljevi održive poljoprivrede su zaštita životne sredine, ekonomska opravdanost proizvodnje ili profitabilnost, socijalna i ekonomska jednakost. Zvanično, održiva poljoprivreda podrazumeva *integrisan sistem biljne i stočarske proizvodnje, prilagođen specifičnim uslovima sredine, koji dugoročno zadovoljava potrebe ljudi za hranom, obezbeđujući kvalitet životne sredine i prirodnih resursa od kojih poljoprivreda zavisi, čineći mnogo efikasnijom upotrebu neobnovljivih resursa i resursa na farmi i integrišući, kada god je to moguće, prirodne biloške cikluse i kontrolu, podstičući održivost proizvodnje na farmama, podižući kvalitet života kako farmera tako i cele zajednice* (Jeranyama et al., 2020). Jednom rečju, u konačnom cilju, taj sistem „miri” i povezuje potrebe sadašnjih i budućih generacija, a upravo je organska proizvodnja sistem održive poljoprivrede koji se bazira na visokom poštovanju ekoloških principa putem racionalnog korišćenja prirodnih resursa.

¹ Dr Olivera Nikolić, redovni profesor
Fakultet ekološke poljoprivrede Univerziteta Edukons, Sremska Kamenica, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Biodiverzitet u poljoprivredi je jedan od važnih preduslova njene održivosti, upravo zato što obezbeđuje genetičku varijabilnost kroz različite biljne vrste, što može, između ostalog, da poveća produktivnost proizvodnje i stabilnost ekosistema. Biodiverzitet je važan i u odnosima između različitih biljnih zajednica, jer različite biljke proizvode supstance različitog sastava i složenosti, u različitim delovima godine, čime utiču na druge biljne vrste, uzajamno podstičući diverzitet (Robertson, 2015). Biljke utiču i na svoje neposredno okruženje, menjajući stabilnost zemljišta, dostupnost hraniva i vode i prisustvo i raspodelu patogena i korisnih organizama, na makro i mikro nivou. Saznanja o interakcijama različitih biljnih vrsta i njihovim uticajima na ekosistem bi mogla biti od koristi u korišćenju biljaka kao neke vrste oruđa ili sredstva u poljoprivredi, posebno za efikasniji izbor biljaka za određeno područje sa ciljem da se preduprede neželjene pojave koje mogu da izazovu promene u vegetaciji (Eviner and Chapin, 2001).

O značaju napred navedenog u ovom poglavlju biće reči na primeru strnih žita, grupe biljaka od davnina poznatih ljudskoj populaciji i tradicionalno prisutnih u poljoprivrednim sistemima, zahvaljujući svojoj adaptabilnosti, otpornosti na sušu i druge stresne faktore, zastupljenosti u poljoprivrednoj praksi na globalnom nivou, hranljivoj vrednosti i pre svega nezamenljivoj ulozi u ljudskoj ishrani, bez obzira na promene u navikama i potrebama populacije. Uprkos ključnoj ulozi u očuvanju poljoprivrede i njenoj održivosti, strna žita, zajedno sa saznanjima, praksama i tehnikama gajenja, u pojedinim delovima sveta se gube, a njihov značaj umanjuje, između ostalog i zbog industrijalizacije i intenzifikacije poljoprivredne proizvodnje (Hinterthuer, 2017). Savremeni poljoprivredni sistemi, uključujući i organske, na drugoj strani, pak, podstiču biodiverzitet i, shodno tome, prepoznaju ulogu strnih žita, ali i potrebu povećanja efikasnosti ishrane ovih biljaka. Takav pristup predstavlja jednu od mogućnosti i za istovremeno povećanje prinosa, poboljšanje stanja zemljišta i smanjenja uticaja na ekosistem.

Ishrana strnih žita je nužno povezana sa upotrebom mineralnih i organskih đubriva, jer je to jedan od načina da se zemljište obezbedi dovoljnim količinama hraniva dostupnih za biljke. Đubrenje, kao jedna od agrotehničkih mera je, prema tome, veoma važan predmet proučavanja, u kontekstu ishrane strnih žita i povećanja njene efikasnosti. To je, u stvari, jedna od kritičnih tačaka gajenja strnih žita, s obzirom da istovremeno utiče i na visinu i na kvalitet prinosa zrna, a pri tom je i jedna od skupljih mera u sistemu proizvodnje. Na osnovu toga je već moguće svrstati đubrenje među ona pitanja koja su direktno vezana za temu održive poljoprivrede. Efikasan sistem đubrenja može značajno da poboljša

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ispoljavanje produktivnog potencijala biljaka, poboljša stanje zemljišta, pa tako i doprinese unapređenju održivih poljoprivrednih sistema.

Poznavanje pokazatelja efikasnosti ishrane biljaka može da bude značajno sa aspekta definisanja novih programa selekcije i oplemenjivanja ovih biljnih vrsta, a sa ciljem da se dobiju genotipovi koji će odgovoriti zahtevima koncepta održivog razvoja odnosno održive poljoprivrede. Ovaj rad ima za cilj da doprinese proučavanju ključnih indikatora efikasnosti ishrane strnih žita i analizi mogućnosti njihove primene, u poljoprivrednoj nauci i praksi, u kontekstu održive organske poljoprivredne proizvodnje.

Održiva poljoprivreda: principi, prakse i budući pravci razvoja

Organska proizvodnja, kao sistem održive poljoprivrede, predstavlja holistički pristup poljoprivrednoj proizvodnji, koji nastoji da harmonizuje proizvodnju hrane sa zdravom životnom sredinom, ekonomskom isplativošću i socijalnom jednakošću, što predstavlja glavne principe ovog vida proizvodnje.

Principi održive poljoprivrede. Kako se povećava brojnost svetske populacije i intenziviraju izazovi i problemi vezani za životnu sredinu, tako održiva poljoprivreda postaje suštinski važna za prehranbeni sigurnost, očuvanje prirodnih resursa i ublažavanje klimatskih promena. Tri osnovne tačke upravljanja životnom sredinom su “zdravlje” zemljišta, konzervacija voda i biodiverzitet. Realizacija principa upravljanja životnom sredinom podrazumeva očuvanje i unapređenje plodnosti i strukture zemljišta, kroz postupke i mere kao što su plodored, gajenje pokrovnih useva, redukovana obrada zemljišta, efikasno korišćenje vodnih resursa, putem irigacionih sistema, korišćenja kišnice (*rainwater harvesting*) i tehnika konzervacije zemljišne vlage i poboljšanje biodiverziteta, putem različitih vidova konsocijacije biljaka, agrošumarstva i očuvanja spontanosti staništa biljaka (Çakmakçı, 2023). Uporedo sa narastanjem ekoloških problema, postaje jasno da lokalne strategije upravljanja ne mogu još dugo da efikasno odgovaraju na takve izazove. To, naravno, ne umanjuje značaj lokalnog aktivizma, jer upravljanje životnom sredinom i jeste jedan od najčešćih modela angažovanja i uključivanja ljudi u promociju održivosti na lokalnom nivou. Preporuka je, zapravo, sveobuhvatnije razumevanje i analitički okvir za upravljanje životnom sredinom kako bi se kreirale dugoročne strategije i smisleniji oblici delovanja, uspostavili produktivni i održivi odnosi i definisao kvalitetniji koncept upravljanja (Bennett et al., 2018).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Osnovne pretpostavke ekonomske održivosti poljoprivredne farme su smanjenje troškova proizvodnje, kroz efikasnije korišćenje resursa, integralni sistem zaštite biljaka i metode organske poljoprivrede, pristup tržištu i fleksibilnost sistema proizvodnje koji može da se prilagodi tržišnim fluktuacijama i klimatskim varijacijama. Ekonomska održivost poljoprivrednih gazdinstava je ključna oblast održive poljoprivrede i, u praksi, znači da gazdinstvo uspeva da ostvari rezultate kojima se mogu pokriti svi troškovi napravljeni tokom jednog ciklusa proizvodnje. U poljoprivrednoj teoriji (Hloušková et al., 2022) je utvrđen tzv. *indeks ekonomske održivosti*, kao vrednost prema kojoj se procenjuje ekonomski profit gazdinstava i upoređuju gazdinstva različite veličine i proizvodne orijentacije, uzimajući u obzir i različite prirodne uslove u kojima gazdinstva postoje i posluju. Prema takvoj metodologiji, ekstenzivna gazdinstva, specijalizovana za gajenje stoke ispašom, su ekonomski najugroženija, dok su farme orijentisane na proizvodnju mleka održive. Prema veličini, a bez obzira na proizvodnu orijentaciju, ekonomski najugroženija su mala, dok su veća i veoma velika gazdinstva ekonomski održiva. Pojedina istraživanja pokazuju da ne postoji jedinstvena definicija ekonomske isplativosti i održivosti poljoprivrednih gazdinstava (Spicka et al., 2019). Postoji usaglašenost jednog broja autora oko toga da je ekonomska održivost dugoročna kategorija i da je određena, uglavnom, dugoročnim iznosom profita i strategijom farme. Prema nekim navodima, za ekonomsku održivost farme je veoma važna autonomija ili nezavisnost gazdinstva, te se predlaže merenje indikatora ekonomske održivosti u višegodišnjim procesima, pod pretpostavkom da je to verniji i realističniji pristup. U svakom slučaju, zvanični podaci pokazuju da su mala, porodična gazdinstva važna sa aspekta očuvanja poljoprivrede, posebno pojedinih grana, čiju bi održivost, pa i opstanak, trebalo sistemski podržati, jer je to način da se očuvaju ruralna područja i sačuva poljoprivredna delatnost (Spicka et al., 2019; Hloušková et al., 2022; Rosli et al., 2024).

Društvena odgovornost održive poljoprivrede znači dobrobit za sve učesnike u sistemu poljoprivredne proizvodnje, uključujući male poljoprivredne proizvođače i ruralne zajednice. Lokalne zajednice, u seoskim sredinama, imaju mogućnost da se uključe u procese odlučivanja, pri čemu lokalni prehrambeni sistemi dobijaju neophodnu podršku za svoj razvoj, obezbeđuju uslove za obrazovanje i osposobljavanje lokalnog stanovništva za primenu održivih proizvodnih praksi i upravljanje resursima. Kako je poljoprivreda prepoznata kao važan činilac održivosti, to su sprovedena brojna istraživanja (Gonzalez, 2017; Bilewicz and Śpiewak, 2019; Rostami and Saliehi, 2024) kako bi se definisao model

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

integrisanja korporativne društvene odgovornosti (Corporate Social Responsibility, CSR) u strukturu seoskih zadruga. Utvrđen je niz pozitivnih efekata takvog modela na funkcionisanje i unapređenje zadruga, a tako i šire zajednice. U skladu sa savremenim trendovima i potrebama i zahtevima savremenih potrošača, ispitan je uticaj informisanosti o društveno odgovornom poslovanju na *on line* prodaju proizvoda iz tzv. zelene poljoprivrede (Fu et al., 2023). Utvrđeno je da transparentnost tih informacija podiže svest potrošača o važnosti održivog koncepta u poljoprivredi i podstiče njihovu spremnost za kupovinu i potrošnju proizvoda iz takvih sistema. Ovi rezultati su značajni za podsticanje poljoprivrednih proizvođača ka društvenoj održivosti, koju društvene mreže omogućavaju i koja postaje imperativ savremene poljoprivredne proizvodnje.

Održive poljoprivredne prakse. Nema dileme da je konvencionalna poljoprivreda vodeći i dominantan sistem proizvodnje u obezbeđivanju dovoljnih količina kvalitetne hrane za potrebe ljudske populacije i održavanja života na planeti. Savremena konvencionalna poljoprivreda, utemeljena na “zelenoj revoluciji”, ostvarila je neverovatne rezultate u podizanju produktivnosti genotipova i poboljšanju kvaliteta prinosa biljaka. Takvi rezultati su, međutim, uglavnom, ostvarivani na račun nekontrolisanog iskorišćavanja i iscrpljivanja prirodnih resursa i generisali brojne ekološke i društvene uticaje, na globalnom nivou. Intenzifikacija i industrijalizacija poljoprivredne proizvodnje su posebno pogađali zemljište, narušavajući njegovu plodnost i ugrožavali ceo ekosistem. Takav sistem proizvodnje postao je odgovoran i za klimatske promene, degradaciju biosfere i zemljišta, eutrofikaciju okeana, usled nekontrolisane i neadekvatne primene mineralnih đubriva i niz drugih pojava sa kojima se suočava savremen svet. U takvim okolnostima, javila se potreba za modifikacijom prethodno korišćenih tehnika i promenom celokupnog pristupa poljoprivredi i drugačijom strategijom koja za cilj ima dobijanje ekonomski opravdanih prinosa uz smanjenu upotrebu inputa, za šta se preporučuju različite tehnike i metode (Worku Zerssa et al., 2024). Takav pristup i jeste suština organske poljoprivrede, koja je u skladu sa konceptom održivog razvoja, definisanog tokom 80-ih godina prošlog veka.

Održiva poljoprivreda, sa aspekta biljne proizvodnje, se definiše kao kontinuiran sistem gajenja biljaka bez ili sa minimalnom degradacijom okoline i ekosistema. U širem smislu, ona obuhvata prakse poput permakulture, organske i biodinamičke poljoprivrede, agrošumarstva, akvaponije, integrisane biljne i stočarske proizvodnje, gajenja životinja u potpuno prirodnom okruženju, upravljanja zemljištem i ishranom biljaka,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

konzervacijske i/ili redukovane obrade zemljišta, precizne poljoprivrede, gajenja pokrovnih useva, plodoreda i očuvanja i unapređenja biodiverziteta (Pooniyan et al., 2023). Zajednički ciljevi svih ovih praksi, mera i aktivnosti jesu benefiti za životnu sredinu (očuvanje zemljišta, kvaliteta vode i biodiverzitet), ekonomski (smanjenje troškova, smanjenje rizika i tržišne mogućnosti i prednosti) i društveni benefiti (bezbednost hrane, razvoj zajednice, zdravlje, blagostanje pojedinaca i zajednice).

Izazovi i pravci budućeg razvoja održive poljoprivrede. Ključni izazovi sa kojima će se održiva poljoprivreda suočiti već u bliskoj budućnosti se mogu grupisati na izazove koji se odnose na prehranbenu stabilnost i sistemske izazove (Calicioglu et al., 2019). Unutar tih grupa, mogu se analizirati različiti trendovi, njihova međuzavisnost i međupovezanost. Evidentno je da klimatske promene ostvaruju značajan efekat na sve ostale pojave i trendove, preko promena prehrambenih sistema, prehrambene sigurnosti i ulaganja u razvoj tog segmenta. Bez obzira što se čini da bi klimatske promene mogle preuzeti kontrolu nad širokom mrežom pojava i trendova, ipak su ulaganja u razvoj poljoprivrede, izmene sistema proizvodnje hrane, upravljanja prehrambenom sigurnošću i, generalno, ulaganja u tehnološki razvoj, prepoznati kao najrelevantniji faktori, sa sistemskim uticajem u polju održive poljoprivrede. Poljoprivredni sektor Zapadnog Balkana je, takođe, pod jakim uticajem klimatskih promena, ali se, paralelno sa tim, suočava sa još nekoliko glavnih problema, a to su: struktura poljoprivrednih sistema, podrška proizvodnim farmama, spori procesi “ozelenjavanja” poljoprivrede i slabi institucionalni kapaciteti. Sudeći po Zelenoj Agendi Zapadnog Balkana, uporedo sa procesom “ozelenjavanja”, u fokusu su i socijalne politike usmerene ka diversifikaciji na farmama i alternativnim mogućnostima kako bi se obezbedila, u postojećim uslovima, prihvatljiva transformacija regionalne poljoprivrede i ruralne privrede, a sve sa ciljem izgradnje održive budućnosti regiona (Fang and Sergiy, 2023). Neka istraživanja (Milošević i sar., 2010) naglašavaju važnost uloge istraživačkih centara i savetodavnih službi u promociji i širenju ideje o održivosti poljoprivredne proizvodnje. Održiva poljoprivreda zahteva tehnologije koje su ekološki prihvatljive, ekonomski održive i društveno pravedne. To znači razvoj inovativnih metoda, zasnovanih na ekologiji, prirodnom upravljanju štetočinama i drugim faktorima rizika, minimalnoj obradi zemljišta, multidisciplinarnom istraživačkom radu itd. Istraživanja, a posebno savetodavstvo u poljoprivredi će morati da se, sve više, zasnivaju na komunikaciji sa poljoprivrednim proizvođačima i, njihovom uključivanju u ceo sistem kako bi on bio usklađen sa realnim potrebama u praksi i participativan. Jedna od značajnih tema u održivoj

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

poljoprivredi i pravac kome bi se trebalo posvetiti jeste dizajniranje strukture gajenih biljaka, što, u praksi, znači kombinovanje biljnih vrsta i plan njihove smene na parcelama. Poljoprivreda je pod stalnim pritiskom usled ubrzanog porasta ljudske populacije, ograničenosti raspoloživog obradivog zemljišta i intenzivnih klimatskih promena, te je dizajniranje i kombinovanje gajenih biljaka, kao mogućnost postizanja bolje produktivnosti i, istovremeno, smanjenja neželjenih efekata na ekosistem, tema brojnih istraživača (Biswas et al., 2021; Tian et al., 2021; Atia et al., 2024). Glavni delovi ovih strategija su: unapređenje aktuelnih, dobro prilagođenih vrsta, domestifikacija divljih vrsta i redomestifikacija aktuelnih vrsta, kao i šira upotreba genomskih tehnologija, tehnika gajenja biljaka fokusiranih na pripitomljavanje vrsta, heterozis, haploidnoj indukciji i sintetičkoj biologiji. Drugi aktuelni i često komentarisani pravac budućeg kretanja održive poljoprivrede jeste precizna i digitalna poljoprivreda, posebno važne u kontekstu klimatskih promena, zbog globalnog zagrevanja, izrazito izmenjene i nepovoljne raspodele padavina i drugih čestih i ekstremnih pojava koje negativno utiču na prehrambenu sigurnost i profitabilnost i biljne i stočarske proizvodnje (Basso and Antle, 2020; Balasundram et al., 2023). Polazna pretpostavka kada je u pitanju ovaj pravac u održivoj poljoprivredi jeste da upotreba digitalnih tehnologija i pametne poljoprivrede poboljšava efikasnost poljoprivredno – prehrambenog sektora, ublažava uticaj klimatskih promena, poboljšava održivost agroekosistem i promovise poljoprivredu zasnovanu na ekološkim i principima zdravstveno bezbedne hrane. Pretpostavka je, takođe, da bi digitalne poljoprivredne tehnologije mogle da obezbede bolja rešenja za održivi prinos, uz podizanje nivoa kvaliteta proizvoda kako bi se zadovoljila rastuća potražnja stanovništva za hranom, a bez ugrožavanja životne sredine. U razmatranje bi, međutim, trebalo uzeti i neka ograničenja, među kojima su: nedostatak empirijskih informacija o efikasnosti digitalnih poljoprivrednih tehnologija u smanjenju emisije gasova staklene bašte i obezbeđivanju prehrambene sigurnosti, posebno u nerazvijenim zemljama, zatim visoka cena njihove implementacije što može da ograniči usvajanje digitalnih tehnologija od strane malih farmara, sa ograničenim resursima, kao i generisanje elektronskog otpada. Digitalne poljoprivredne tehnologije prouzrokuju i određene društvene i etičke podele, ugrožavaju zaposlenost nekih kategorija stanovništva i dovode javnost u dilemu oko privaznosti i zaštite podataka. To znači da digitalna poljoprivreda ima potencijal da doprinese ublažavanju posledica klimatskih promena i boljoj prehrambenoj sigurnosti, ali da zahteva pažljivo razmatranje svih ograničenja i potencijalno negativnih efekata i dalja istraživanja kako bi se mogla implementirati na održiv, ravnomeran i pravedan način. Sličan je

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

zaključak i kada je precizna poljoprivreda u pitanju. To je, takođe, jedan od obećavajućih pravaca u održivoj poljoprivredi, ali se očekivani rezultati mogu dostići tek kroz intenzivna i sveobuhvatna istraživanja, koja zahtevaju, pak, multidisciplinarne istraživačke timove. Samo timovi sastavljeni od različitih eksperata (ekonomista, inženjera, eksperata iz oblasti poljoprivredne nauke, zaštite bilja i nauke o zemljištu) mogu uspešno da kreiraju i sprovedu odgovarajuća istraživanja, tumače i analiziraju dobijene rezultate i dođu do odgovora značajnih za praksu i za koje su ekonomski orijentisane farme zainteresovane. Multidisciplinarnost je, u ovom slučaju, obavezna, jer je precizna poljoprivreda visoko zavisna od inženjerskih tehnologija, a uspešna primena tehnologija, pri tom, uslovljena poznavanjem i razumevanjem osobina zemljišta i biljaka i njihovih interakcija, što jedino mogu da obezbede timovi koji objedinjuju eksperte iz različitih disciplina (Bullock et al., 2007). Nedavna istraživanja (Afzal and Bell, 2023) su pokazala da se minimalnim ulaganjima u tehnike precizne poljoprivrede ostvaruje zadovoljavajući povratni efekat, čime se potvrđuje dugoročna održivost i profitabilnost ovog modela. I u ovom istraživanju se, međutim, naglašavaju određeni sociokulturološki i ekonomski faktori koji ograničavaju maksimalno iskorišćavanje potencijala precizne poljoprivrede, posebno naglašavajući dostupnost tehnologije kao veliku prepreku.

Jedan od pristupa u poljoprivrednoj nauci i praksi, usmeren ka postizanju višeg nivoa održivosti poljoprivrede, koga bi trebalo intenzivnije analizirati, jeste i selekciono oplemenjivački, odnosno kreiranje novih genotipova, zadovoljavajućeg potencijala za rodnost i kvalitet prinosa, a istovremeno skromnih zahteva prema inputima, posebno upotrebi đubriva. Nekoliko je načina da se odgovori na ovako kontradiktoran zahtev, a jedan od njih je uključivanje fizioloških osobina biljaka, u svojstvu kriterijuma, u oplemenjivačke programe. U toj grupi osobina su i pokazatelji efikasnosti ishrane biljaka, posebno važni zbog direktne povezanosti sa đubrenjem. Upotreba đubriva, kao značajnog izvora hraniva za gajene biljke, je jedna od agrotehničkih mera koja, zbog svoje visoke cene i uticaja na životnu sredinu i zdravstvenu bezbednost hrane, predstavlja važno pitanje u kontekstu održivosti poljoprivrede (Nikolić i Pavlović, 2019).

Pokazatelji efikasnosti ishrane strnih žita

Brojna dostignuća u globalnoj proizvodnji strnih žita direktan su rezultat inovacija uvedenih u poljoprivrednu praksu, sredinom prošlog veka i kasnije, ali i veće upotrebe đubriva, posebno azotnih i fosfornih.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Kontinuirano unapređenje sistema ishrane strnih žita je nužno kako bi se, na efikasan i racionalan način, zadovoljavale potrebe za hranom narastajuće ljudske populacije. U tom segmentu, poljoprivredna nauka i praksa se suočavaju sa mnogim izazovima i teškoćama, a značajan broj njih izazvan je klimatskim promenama koje direktno utiču na rast i razviće biljaka i prinos, na kruženje zemljišnih nutrijenata, njihovu dostupnost biljkama i usvajanje. Efikasnost ishrane, u poljoprivredi, je vrlo složen koncept i nije određen samo jednom veličinom odnosno jednim faktorom. Naprotiv, uslovljen je različitim faktorima koji, zajednički, u vrlo složenim međusobnim relacijama, definišu način usvajanja, iskorišćavanja i reagovanja biljaka na hraniva.

Pored klimatskih uslova, na efikasnost ishrane biljaka utiču i osobine zemljišta, specifičnosti biljnih vrsta i sorti, primenjene prakse i postupci u procesu proizvodnje, a iznad svega, interakcija svih faktora (Anonymus, 2024). To što je, vrlo često, teško predvideti pravce, intenzitet i posledice delovanja pomenutih faktora, u odnosu na dostupnost i efikasnost iskorišćavanja hraniva u biljkama, zbog složenosti “zemljište – biljka – atmosfera”, ne umanjuje značaj koncepta ishrane biljaka. Nema dileme da je poboljšanje efikasnosti usvajanja i iskorišćavanja hraniva u biljnoj proizvodnji jedan od značajnih preduslova održive produktivnosti i generalno, održivosti poljoprivrede, u budućnosti (McDonald et al., 2013).

Proizvodnja strnih žita u kontekstu održive poljoprivrede.

Danas poznata žita (pšenica, ječam, kukuruz, riža, sirak, ovas, raž, tritikale) vode poreklo iz umerenih i tropskih područja, zahvaljujući čemu su razvili vrlo različite mehanizme prilagođavanja faktorima spoljne sredine, posebno u odnosu na temperaturu i kvalitet svetlosti. Na taj način, ova grupa biljaka je, kroz vekove, postala nezamenljiva, širom sveta, upravo zbog svoje adaptabilnosti, ali i hranljive vrednosti, otpornosti na sušu, adaptabilnosti suboptimalnim uslovima gajenja, ključnoj ulozi u održavanju poljoprivredne proizvodnje, njenoj transformaciji i fleksibilnosti i adaptabilnosti prema klimatskim promenama (Rodríguez et al., 2015; Nciizah et al., 2021; Nikolić i sar., 2023; Ogura and Forwell, 2023). Danas, strna žita zauzimaju oko 40% obradivog zemljišta i čine više od 50% energetske vrednosti prehrambenih proizvoda i više od 50% proteina, konzumiranih na planeti (Rodríguez et al., 2015). Smatraju se dobrim izvorom energije, a dodatno, njihovo konzumiranje pomaže u smanjenju rizika od izvesnih bolesti, zahvaljujući hemijskom sastavu zrna. Važno je, međutim, znati da različite tehnike i metode gajenja strnih žita mogu da izazovu variranje koncentracije esencijalnih elemenata i materija u zrnu i proizvodima dobijenim od strnih žita. U tom smislu, istraživanja su pokazala da đubrenje ostvaruje

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

veći uticaj nego, na primer, sistem gajenja i plodored, ali i da povećanje količina hraniva ne znači obavezno poboljšanje kvaliteta zrna i njegovog sastava (Smith et al., 2018). Rezerve hraniva u zemljištu su značajan izvor za ishranu strnih žita, ali se one, usled erozije, navodnjavanja, iznošenja prinosom i premeštanja u dublje zemljišne slojeve, konstantno smanjuju. Stoga je dodavanje hraniva, putem đubrenja, obavezna mera za obezbeđenje pristupačnih hraniva, u količinama dovoljnim za rastenje i razviće biljaka. Iako su strna žita skromnijih zahteva prema hranivima, u poređenju sa, na primer, kukuruzom, smanjena plodnost zemljišta, ipak, može da dovede do smanjenja prinosa, do sitnijeg zrna, slabijeg kvaliteta i promena u zemljišnim uslovima, koje mogu da prouzrokuju veću zakorovljenost useva i probleme u žetvi. Rezultati istraživanja potvrđuju da primena đubriva ima pozitivan efekat na smanjenje zakorovljenosti, visinu prinosa strnih žita, nivo plodnosti i fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta, kao i na visinu prinosa strnih žita gajenih na kiselim zemljištima, poput vertisola (Biberdžić i sar., 2017). Mada je đubrenje obavezna mera, u kontekstu dobijanja visokih i kvalitetnih prinosa strnih žita, posebno je važno optimizovati primenu mineralnih đubriva, kako sa aspekta ekonomske opravdanosti proizvodnje, imajući u vidu cenu mineralnih đubriva na tržištu tako i sa aspekta zaštite ekosistema, imajući u vidu posledice koje prouzrokuju njihovi neiskorišćeni ostaci u zemljištu. Prema nekim istraživanjima, đubrenje je, na efikasnost iskorišćavanja hranljivih materija, ostvarivalo slabiji uticaj u odnosu na izbor sorte, što potvrđuje potrebu redefinisavanja sistema đubrenja, u skladu sa specifičnostima sorte i drugih važnih parametara (Burton et al., 2024). Optimizacija đubrenja, i prema tome, optimizacija sistema ishrane strnih žita, je važan preduslov postizanja održivosti poljoprivredne proizvodnje, imajući u vidu sve prednosti, ali i teškoće i izazove koji prate ovu proceduru. U osnovi je činjenica da su uticaji i benefiti koje gajenje strnih žita ostvaruje u odnosu na društvo i životnu sredinu, u skladu sa potrebama savremenog čoveka i zahtevima održive poljoprivrede i održivog razvoja (Nikolić i sar., 2013).

Pokazatelji efikasnosti ishrane strnih žita. Efikasnost ishrane strnih žita je važan aspekt održive poljoprivrede, s obzirom na izrazit uticaj na prinos, kvalitet zrna i stanje životne sredine, istovremeno. U uslovima povećanja brojnosti ljudske populacije, a smanjenja površina obradivog zemljišta, povećanje prinosa je jedini načina da se odgovori na, kontinuirano uvećavane, zahteve za hranom. Prinos zrna strnih žita je, jednim delom, uslovljen osobinama sorti, ali takođe i boljim upravljanjem sistemom ishrane biljaka. Efikasniji sistem ishrane omogućava da biljke strnih žita dobijaju odgovarajuće količine nutrijenata, dovoljne za


Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

optimalan rast i razviće, a da negativni efekti na ekosistem budu maksimalno smanjeni. Optimizovan sistem ishrane podrazumeva preporuke za đubrenje koje su definisane prema stanju plodnosti zemljišta i specifičnim zahtevima sorte prema hranivima. Takav koncept obezbeđuje održiv prinos, čuva zalihe đubriva i poboljšava efikasnost iskorišćavanja hraniva (Chuan et al., 2016).

Efikasnost ishrane strnih žita se sastoji od više segmenata i procesa, počev od usvajanja hraniva, iz zemljišta, akumulacije i njihove translokacije kroz biljku, iskorišćavanja i reutilizacije (Nikolić i sar., 2011).

Efikasnost iskorišćavanja hraniva (*nutrient use efficiency* – NUE), kod strnih žita, predstavlja odnos prinosa zrna i količine dostupnih hraniva, primenjenih ili iz zemljišnih rezervi. U teoriji, postoje različita shvatanja ovog indikatora, u zavisnosti od stručne orijentacije istraživača i konteksta u kome se termin razmatra. Tako je moguće pronaći definiciju da je efikasnost iskorišćavanja odnos količine hraniva koju je biljka usvojila prema količini hraniva koja se nalazi u zemljištu ili je dodata, putem đubriva, u zemljište ili neki drugi medijum koji se koristio za gajenje biljaka, a koje su utvrđene analizom zemljišta. Fiziolozi, na drugoj strani, pak, definišu efikasnost prema tome u koje namene biljka koristi mineralna hraniva, nakon što ih absorbuje unutar sebe. Iako su sve ove definicije ispravne, za bolje razumevanje procesa ishrane potrebnije su detaljnije i specifičnije definicije pojmova *efikasnost* i *efikasnost ishrane* (Pimentel, 2006).

Efikasnost iskorišćavanja hraniva se, vrlo često, poistovećuje sa terminom *efikasnost iskorišćavanja đubriva* (*fertilization use efficiency* – FUE) što je, delimično, opravdano imajući u vidu da su đubriva jedan od izvora hraniva za biljke. Iskorišćavanje mineralnih đubriva i efikasnost ishrane strnih žita azotom je, danas, aktuelna tema, posebno zbog svetske energetske krize, tržišta đubrivima, ali i zbog zahteva za efikasnijom poljoprivredom i, u isto vreme, apela za očuvanjem i zaštitom ekosistema. Neizbalansirana i neadekvatna primena đubriva, kakva je bila svojstvena tradicionalnoj poljoprivrednoj praksi, ugrožavala je plodnost zemljišta, izazivajući, dalje, deficit brojnih hraniva, zagađenje podzemnih voda, smanjenje prinosa i, najzad, ugrozila globalnu prehrambenu sigurnost. Vrlo često je rezultat ovakve prakse niska efikasnost iskorišćavanja hraniva, koja limitira dobijanje visokih prinosa i umanjuje stepen održivosti proizvodnje. Savremeni poljoprivredni sistemi, prema tome, su zahtevali hitan prelazak na savremene proizvodne tehnologije i preciznije upravljanje hranivima kako bi se prisutna ograničenja prevazišla, premostio jaz u produktivnosti proizvodnje strnih žita i poboljšala efikasnost ishrane.



Ključni izazovi sa kojima će se održiva poljoprivreda suočiti već u bliskoj budućnosti se mogu grupisati na izazove koji se odnose na prehrambenu stabilnost i sistemske izazove. (foto: Popov)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Revizija konvencionalnog proizvodnog sistema, kako bi se dostigli ovi ciljevi, znači nove koncepte poljoprivredne prakse, kao što su: integrirana primena organskih i neorganskih formi hraniva, primena nano – đubriva, za veći produktivni potencijal zemljišta, primena biofertilizatora, za, između ostalog, intenzivniju fiksaciju azota i bolju mobilnost hraniva, primena vodorastvorljivih i posebno dizajniranih đubriva, za lakšu aplikaciju, primenu hidrogelova, za istovremeno poboljšanu efikasnost ishrane i iskorišćavanja vode, uvođenje biljaka – azotofiksatora u dizajniranje plana setve i međuuseva (*intercropping*) u cilju smanjenja nepredviđenih pojava i ekscesa, na zemljištu i u usevima itd. (Pimentel, 2006; Srinivasarao, 2021).

Pojam *efikasnost ishrane* je analiziran i u istraživanju Vaneeckhaute i sar. (2014) i definisan je sa aspekta rasteanja biljaka, fiziološke aktivnosti i žetvenog prinosa, ostvarenog po jedinici hraniva. Utvrđeno je da se definicija za efikasnost iskorišćavanja (NUE) – prinos dobijen po jedinici primenjenog hraniva – najpre koristila za azot, a onda i za ostala hraniva. Često prisutno tumačenje ovog indikatora jeste i kroz razliku prinosa dobijenog u uslovima niske obezbeđenosti useva hranivima i onog dobijenog u uslovima dovoljne obezbeđenosti hranivima, što predstavlja, u stvari, potencijal genotipa da proizvodi visoke prinose u uslovima ograničene i restriktivne ishrane biljaka pojedinim hranivima.

Pojedine definicije efikasnosti ishrane su šire i objedinjuju obe komponente, efikasnost genotipa da usvaja hraniva iz sredine u kojoj se razvija i efikasno iskorišćavanje hraniva u biljci, u cilju proizvodnje biomase i ekonomskog prinosa (zrno, plodovi, zelena stočna hrana). Rezultati nekih terenskih istraživanja koja su se bavila makrohranivima iz bio – i mineralnih đubriva i njihovim uticajima na efikasnost iskorišćavanja hranljivih materija, pokazali su da upotreba otpadnih voda, dobijenih prilikom otklanjanja NH_3 iz poljoprivrede (kiseli prečišćivači vazduha) umesto hemijskog oblika azota može pozitivno da deluje na efikasnost ishrane ovim elementom. Utvrđeni su, takođe, i pozitivni efekti na smanjenje ispiranja azota, efikasnost iskorišćavanja fosfora i poboljšanje stanja fosfora u zemljištu (Vaneeckhaute et al., 2014).

U nekim literaturnim izvorima, efikasnost iskorišćavanja hraniva se naziva “poljoprivredna efikasnost” i predstavlja povećanje prinosa biljaka prema jedinici primenjenih hraniva u odnosu na prinos koji je ostvaren u kontrolnoj varijanti gajenja biljaka, bez primene hraniva (Anonymus, 2024). Takvo definisanje ovog indikatora mnogo jasnije odražava uticaj primenjenih đubriva. Uprkos postojanju mnogih sveobuhvatnih pregleda i studija u literaturi, na temu efikasnosti iskorišćavanja hraniva, malo je rezultata o ovom indikatoru, ostvarenih u praktičnim proizvodnim uslovima. Na bazi takvog jednog istraživanja, sprovedenog na farmi, sa

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ciljem da se identifikuju biljni proizvodni sistemi i njihovi delovi koji posebno zahtevaju poboljšanje efikasnosti ishrane, predložen je 4R koncept upravljanja hranivima kao efikasan u kontekstu poboljšanja onih delova proizvodnog ciklusa za koje se sumnja da su hraniva nedovoljno i neadekvatno primenjena. Koncept 4R znači: pravi izvor, prava količina, pravo mesto i pravo vreme (right source, right rate, right place, right time). Svako poboljšanje efikasnosti iskorišćavanja hraniva mora da bude kontinuirano praćeno, kako bi se održavala efektivnost primenjenih hraniva i efikasnost celog biljnog sistema. Optimizacija efikasnosti svih inputa zahteva sveobuhvatnu ekonomsku analizu, uključujući, na odgovarajući način, spoljašnje troškove i uticaje na životnu sredinu i uvažavajući smernice razvijene korišćenjem 4R sistema upravljanja hranivima (Norton, 2017). Mnogobrojni rezultati otkrivaju višestruke uticaje primene đubriva i efikasnosti iskorišćavanja hraniva na ekološke regione i produktivnost pšenice, naglašavajući, takođe, 4R koncept kao centralnu tačku efikasnog đubrenja i biljne proizvodnje (Chuan et al., 2016). Pretpostavka je da bi se, ako bi proizvođači usvojili unapređene tehnike đubrenja i proizvodnje odnosno preporuke za đubrenje, definisane na bazi analize zemljišta i odgovarajućeg prinosa, sa planom da se primena hraniva uskladi sa realističnim prinosom i stvarnim zahtevima proizvodnje, efikasnost iskorišćavanja hraniva, u gajenju pšenice, mogla poboljšati

Slično značenje nosi i pojam *fiziološka efikasnost* (*physiological efficiency* – PE): povećanje prinosa biljaka po jedinici razlike u količini usvojenog hraniva između đubrenih i neđubrenih useva. Ova osobina genotipa i sposobnost su važni sa aspekta održive poljoprivredne prakse i svega što ona obuhvata. Indirektno, odnos ekonomskog prinosa prema ukupnom prinosu nadzemne biomase, u praksi i teoriji označen kao *žetveni indeks zrna* (*grain harvest index* – GHI), takođe bi mogao da se smatra indikatorom efikasnosti ishrane strnih žita. Preciznije, GHI predstavlja sposobnost biljke da na efikasan način translocira hraniva iz vegetativnih u reproduktivne delove i mogao bi da posluži kao koristan indikator genotipa za produktivnost. Strna žita sa povećanim žetvenim indeksom ispoljavaju poboljšanu fiziološku efikasnost u reutilizaciji hraniva, kapacitet da mobilišu produkte fotosinteze i efikasnost da ih translociraju iz listova i stabla u zrno (Gemechu, 2021).

Na bazi proučene literature i brojnih drugih izvora, lako je primetiti da je ishrana strnih žita vrlo složen sistem i tema koju je nužno analizirati preko brojnih različitih pokazatelja, od kojih su mnogi, pak, međusobno usko povezani i uslovljeni. Suština je da visoka efikasnost iskorišćavanja hraniva kod strnih žita znači proizvodnju većih količina biomase i zrna, uz

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

manje količine primenjenih hraniva dok niska NUE znači da biljke zahtevaju mnogo više hraniva kako bi dostigle taj isti nivo rasteња i razvića, kao i produktivnosti. Prema rezultatima FAO, svega 42% N i 15% P biva usvojeno iz primenjenih đubriva, od strane biljaka. Neiskorišćeni deo ostaje u zemljištu, gde se imobilise ili se pokreće, putem ispiranja, pod uticajem padavina, erozije, isparavanja i denitrifikacije, ali, u svakom slučaju, postajući potencijalni izvor zagađenja i opasnost za ceo ekosistem. Globalni plan je bio da se prosečna efikasnost iskorišćavanja azota, do 2023. godine, poveća sa 42% na 52%, a on podrazumeva obavezu smanjenja upotrebljenih azotnih đubriva za 20% i povećanja efikasnosti usvajanja azota za 10%. Ovakav pristup vodi ka realizaciji vizije “nature-positive plant nutrition” do 2050. godine, koja podrazumeva sistem ishrane biljaka koja neće ostavljati negativne posledice po ekosistem i koja bi imala pozitivan odnos sa prirodom (Anonymus, 2024). Poboljšanje efikasnosti ishrane strnih žita i, generalno, svih biljnih vrsta je zajednički cilj i izazov sa kojim se suočavaju hemijska industrija proizvodnje đubriva, poljoprivredni proizvođači i ceo poljoprivredno – prehrambeni sektor, na svim nivoima puta ka održivosti sistema. Brojna istraživanja su naglašavala ulogu oplemenjivanja strnih žita i prepoznavala značaj ove discipline u iznalaženju rešenja za brojne kontradiktornosti i probleme u savremenim poljoprivrednim sistemima (Nikolić i sar., 2013; Kubota et al., 2018). Konvencionalna poljoprivreda se odlikuje, između ostalog, prekomernom upotrebom neorganskih đubriva koja uzrokuje degradaciju ekosistema, dok je organska poljoprivreda prihvatljiva sa aspekta životne sredine i zdravstvene bezbednosti hrane, ali je, često, praćena niskim i varijabilnim prinosom što, takođe, pokreće pitanje održivosti. Pobołjšana efikasnost ishrane, posebno efikasnost iskorišćavanja azota je, dakle, od ključne važnosti za prevazilaženje ekoloških problema, u konvencionalnoj i limitirane produktivnosti, u organskoj poljoprivredi. Sudeći po istraživanju Kubota i sar., (2018), oplemenjivački programi strnih žita se, najčešće, sprovode u uslovima optimalne obezbeđenosti biljaka azotom, te genotipovi, dobijeni u takvim uslovima, ne uspevaju da se najbolje prilagode gajenju u uslovima niske obezbeđenosti azotom i drugim hranivima. Prema tome, oplemenjivači i selekcioneri strnih žita bi trebalo da integrišu genetičke i fenotipske podatke i informacije kako bi razvili genotipove prilagođene specifičnom okruženju i posebnim metodama gajenja. Odgovarajući izbor strategije oplemenjivanja može da sinhronizuje količine azota i potrebe za ovim elementom, unutar sistema gajenja, što rezultira smanjenjem rizika od gubitaka azota i istovremenim poboljšanjem efikasnosti iskorišćavanja azota, u oba sistema gajenja, konvencionalnom i organskom. Imajući u vidu oplemenjivanje, ali, ipak, pridajući veliki značaj fiziološkoj osnovi

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mehanizma ishrane, Reich i sar., (2014) su utvrdili da je neophodno razumeti fiziologiju ishrane, analizirati fiziološke procese povezane sa efikasnošću iskorišćavanja azota, identifikovati faktore koji utiču na varijabilnost tih procesa i koji otežavaju definisanje opšteg koncepta poboljšanja efikasnosti ishrane, za sve biljne vrste. Razvoj sistema integrisanog upravljanja zemljištem, vodom i hranivima, u sistemima gajenja koji se baziraju na cerealijama, se predlaže kao jedan od pravaca za poboljšanje efikasnosti ishrane, posebno azotom. Sistem integrisanog upravljanja, u delu hraniva, podrazumeva širi obuhvat i odnosi se na makrohraniva, sekundarna hraniva i mikrohraniva i posebno je primenljiv u polusušnim regionima (Prasad et al., 2024).

Složeni izazovi i dostizanje ciljeva prehrambene sigurnosti, na održiv način, u savremenoj poljoprivredi, zahtevaju paralelne promene u upravljanju zemljištem i stvaranje uslova za efikasnije iskorišćavanje hranljivih materija. Potreba formiranja multidisciplinarnih timova, sastavljenih od različitih istraživača (agronomi, fiziolozi, oplemenjivači) se naglašava i u istraživanju Ciampitti i sar., (2022), jer jedino oni imaju potencijal da utvrde rešenja i ponude model koji bi ispoljio sve benefite direktne selekcije i doprineo značajno bržem progresu u prevazilaženju ovih prepreka.

Pokazatelji efikasnosti ishrane u funkciji opelmanjivanja strnih žita. Efikasnost ishrane strnih žita, zbog očigledne veze za produktivnošću i visinom prinosa zrna, ali i sa kvalitetom zrna strnih žita, je tema koja zaslužuje stalnu pažnju i mesto u daljim istraživanjima, od značaja za poljoprivrednu nauku i praksu odnosno za prevazilaženje prepreka koje se nalažu pred savremenom poljoprivredom. Jedan od pravaca istraživanja jeste ispitivanje mogućnosti primene pokazatelja ishrane strnih žita u programima selekcije i oplemenjivanja, u svojstvu kriterijuma.

Uloga fizioloških pokazatelja efikasnosti akumulacije i iskorišćavanja azota u oplemenjivanju pšenice, u različitim uslovima spoljne sredine, je, dugo već, tema istraživanja. Ima rezultata koji pokazuju da je primena ovih parametara, kao kriterijuma u oplemenjivanju strnih žita, praćena teškoćama, usled njihove osetljivosti prema spoljašnjim faktorima, kompleksnosti fizioloških interakcija i nepostojanja odgovarajućeg metoda za sprovođenje tako definisanih programa (Nikolić i Pavlović, 2019). Fiziolozi, uvek, u oplemenjivačkim programima, učestvuju u početnoj fazi, u kojoj predlažu specifične fiziološke parametre, među kojima, najčešće, pokazatelje efikasnosti ishrane, koji bi mogli da budu koristan alat za skrining. Činjenica je, međutim, da, oduvek, postoji jaz između oplemenjivača i fiziologa, kada je tema primene fizioloških

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

parametara u oplemenjivanju i selekciji strnih žita. Iz ugla oplemenjivača, fiziološki pokazatelji moraju da budu nasledni, stabilni u različitim okruženjima i da, u isto vreme, koreliraju sa ključnim ekonomskim osobinama kako bi bili inkorporirani u njihove programe. Mnoge fiziološke osobine su, naprotiv, visoko varijabilne i zahtevaju izrazito selektivne metode za praćenje i ocenjivanje (Shunmugam et al., 2018). Uprkos tome, činjenica je da postoji međuzavisnost fizioloških osobina, sa jedne i produktivnosti i kvaliteta, sa druge strane što implicira da bi na njima trebalo raditi. Shodno tome, brojni autori (Dimitrijević i sar., 2002; Amanullah, 2015; Pavlović i sar., 2016; Gemechu, 2021) predlažu oplemenjivanje strnih žita na visok žetveni indeks zrna i identifikovanje genotipova sa stabilnim, visokim žetvenim indeksom i visokim prinomom, istovremeno. Utvrđeno je da GHI varira pod uticajem genetičkih i faktora sredine i da genetski način ekspresije GHI, takođe, značajno varira među vrstama, što pomaže oplemenjivačima da definišu strategiju oplemenjivanja za poboljšanje produktivnosti useva. Žetveni indeks zrna se predlaže za selekcionu kriterijum u programima oplemenjivanja strnih žita na povećan prinos i dobijanje genotipova koji mogu da odgovore zahtevima održive poljoprivredne prakse.

Imajući u vidu veoma značajnu ulogu koju ima azot u životnom ciklusu biljaka, sa aspekta visine i kvaliteta prinosa, pokazatelji azotnog statusa biljaka se izdvajaju kao posebna grupa osobina koja odgovara ciljevima savremenog oplemenjivanja strnih žita. Brojni rezultati (Nikolić i sar., 2011; Ierna et al., 2016; Burton et al., 2024) potvrđuju jaku zavisnost metabolizma azota i akumulacije i distribucije suve materije u usevu. Utvrđeno je, takođe, da su svi ti parametri pod uticajem varijeteta i spoljašnje sredine. Tako je utvrđena visoka genotipska korelacija između sadržaja azota u zrnu i ukupnog sadržaja azota u zreloj biljci, sa jedne strane i prinosa zrna, bez uticaja različitih vremenskih uslova. Prinos zrna je u značajnoj korelaciji sa sadržajem N u slami i akumulacijom N u periodu posle cvetanja, ali je ta vrednost varirala od umerene do visoke, u različitim vremenskim uslovima. Statistički značajna i jaka međuzavisnost prinosa zrna i sadržaja azota u biljkama, u cvetanju, koja je, takođe, često registrovana, je posebno važna, sa aspekta oplemenjivanja. Praktično, ta veza omogućava oplemenjivačima da analizu i ocenu potomstva mogu, precizno i sigurno, da sprovedu u ranijim fazama rasta i razvića biljaka (Nikolić i sar., 2011).

Uprkos smanjenoj upotrebi mineralnih đubriva, u periodu 1995 – 2021. godine, prinos zrna strnih žita se povećavao, a bilo je i značajnog povećanja prinosa azota u zrnu (Laidig et al., 2024). To navodi na zaključak da je, kod ispitivanih genotipova, postignut značajan napredak u poboljšanju efikasnosti iskorišćavanja azota, za oba ova procesa kod

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

biljaka. Utvrđeni koeficijenti korelacija su pokazali da je prinos zrna ostvario jači uticaj na prinos azota u zrnu nego što ga je ostvarila koncentracija proteina u zrnu. Posebno je interesantna niska pozitivna genotipska korelacija prinosa azota u zrnu sa prinosom zrna i sadržaj proteina u zrnu. Takav rezultat upućuje na zaključak da selekcija na visok prinos azota kod strnih žita nije u suprotnosti sa selekcijom na prinos zrna i sadržaj proteina u zrnu, što je, često, u prethodnim fazama selekcije i oplemenjivanja strnih žita, bila okolnost koja je otežavala uporednu selekciju na ove poželjne osobine genotipova. Efikasnost iskorišćavanja azota je već uziman u razmatranje kao važan kriterijum identifikacije genotipova – nosioca željenih osobina, ali bi prinos azota (sadržaj azota u zrnu) mogao da bude izdvojen kao značajniji indikator u oplemenjivanju na povećanu efikasnost iskorišćavanja hraniva i smanjenje neželjenih efekata na ekosistem (Laidig et al., 2024). Ranije, Nikolić i sar. (2012) su utvrdili veoma složene, direktne i indirektno, međupovezanosti mnogih pokazatelja azotnog statusa biljaka strnih žita, kroz *path* analizu. Prema tome, sadržaj azota u nadzemnim delovima biljaka pšenice, akumuliran tokom vegetativnog perioda, je jako, pozitivno uslovljavao sadržaj azota u zrnu (prinos azota), dok je uticaj reutilizacije azota bio statistički značajan i negativan. Kroz reutilizaciju azota, ovaj element se, uglavnom koristi za formiranje prinosa zrna, pa bi se objašnjenje za ovakav odnos moglo da traži u činjenici da su prinos zrna i kvalitet obrnuto proporcionalne veličine. Efikasnost iskorišćavanja azota može da se odredi na osnovu fiziološke efikasnosti azota (PEN) koja se meri kao odnos mase zrna prema masi azota, izmerenog u ukupnoj biomasi biljaka (slama i zrna). Proučavanjem sorti pšenice selekcionisanih u Srbiji, u pogledu ove osobine, utvrđeno je da tradicionalno vodeće, ali i novije sorte u poljoprivrednoj praksi (Pobeda, KG 56, Studenica, Takovcanka, Lazarica, Toplica, Bujna, Rana 5, Prima, Mina i Perla) pokazuju visoku fiziološku efikasnost azota, te bi mogle da budu interesantne u daljim istraživanjima i oplemenjivanju, kao izvor poželjnih osobina, ali i u praktičnom smislu, za održive poljoprivredne sisteme. Heritabilnost ovog pokazatelja, u širem smislu, iznosila je 0,69, a korelacija sa prinosom zrna, uglavnom je bila statistički značajna (Nikolić i Pavlović, 2019).

Centralna tema istraživanja pokazatelja efikasnosti ishrane strnih žita je, najčešće, azot, zbog njegove ključne i kritične uloge u poljoprivrednoj praksi. To je osnovni element u procesu ishrane biljaka, odgovoran za postizanje visokih prinosa, zadovoljavajućeg kvaliteta, a, u isto vreme, njegova primena je veoma osetljiva mera, koja nosi mnogo rizika, u odnosu na životnu sredinu i zdravstvenu bezbednost proizvoda dobijenih iz poljoprivrede. Pri tom, efikasnost ishrane strnih žita i iskorišćavanja ostalih elemenata, fosfora, mikroelemenata i drugih, je, takođe, značajna

tema, prisutna u istraživanjima (Khoshgoftarmanesh et al., 2010; Dimpka et al., 2015; Saquee et al., 2023).

Umesto zaključka

Glavni principi održive poljoprivrede su upravljanje životnom sredinom, ekonomska održivost i društvena odgovornost. Kako raste brojnost svetske populacije, a ekološki izazovi se intenziviraju, održiva poljoprivreda postaje suštinski važna u obezbeđivanju prehrambene sigurnosti, očuvanja prirodnih resursa i ublažavanja posledica klimatskih promena. Ovakav sistem poljoprivredne prakse zahteva nov pristup upravljanju zemljištem, biljkama i đubrenjem kako bi mogao da odgovori zahtevima sa kojima se suočava. Glavni zahtev je obezbediti dovoljne količine hrane za narastajuću ljudsku populaciju, uz smanjenje inputa u proizvodnji i redukovanja negativnih uticaja na ekosistem. Strna žita, u okviru ove teme, zauzimaju posebno mesto, jer su te biljne vrste nezamenljive u globalnoj poljoprivredi, vekovima, zahvaljujući svojoj hranljivoj vrednosti, otpornosti na sušu i druge stresne faktore i prilagođenosti sistemima gajenja sa niskim imputima, ključnoj ulozi u transformaciji i održanju poljoprivrede, prilagođavanju klimatskim promenama i nizu drugih osobina.

Ključne tačke, važne za prevazilaženje kontradiktornosti sa kojom se savremena poljoprivreda suočava, a to je da se, istovremeno, ostvari zadovoljavajući prinos, a smanje negativni ekološki efekti i cena koštanja proizvodnje, jesu genotip i đubrenje odnosno ishrana biljaka. Kako je đubrenje skupa agrotehnička mera, čije nekontrolisano i nepravilno sprovođenje vodi ka nizu ekoloških problema i ugrožava zdravstvenu bezbednost hrane, sa aspekta postizanja održivosti poljoprivrede veoma je važno modifikovati način njegovog sprovođenja, uključiti organske materije i kreirati preporuke za đubrenje na osnovu realnog stanja plodnosti zemljišta i potreba biljaka. U kontekstu realizacije ciljeva održivosti, kada je đubrenje u pitanju, utvrđeno je pravilo 4R (pravi izvor, prava doza, pravo mesto i pravo vreme - right source, right rate, right place and right time) sa ciljem poboljšanja ove mere i približavanju održivom modelu proizvodnje. Paralelno sa tim, održiva poljoprivreda zahteva genotipove koji se mogu prilagoditi *low – inputs* sistemima gajenja, što je važno iz ekoloških, ekonomskih i zdravstvenih razloga, ali sa potencijalom da ostvaruju zadovoljavajući prinos. Objediniti sve poželjne osobine u jednom genotipu i odgovoriti, istovremeno, na sve zahteve održivosti je veoma složen zadatak. Jedan od načina da se on realizuje jeste poboljšati efikasnost ishrane biljaka. Poboljšati efikasnost ishrane, sa krajnjim ciljem da se poveća održivost proizvodnje, je jednako

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

važno za oba poljoprivredna sistema: konvencionalni i organski. U okviru teme ishrane biljaka strnih žita, poseban akcenat se stavlja na efikasnost ishrane azotom, zbog njegove važne uloge u životnom ciklusu biljaka, uticaja na veliki broj fizioloških procesa u biljkama, ponašanja u zemljištu i celom ekosistemu. Razvoj integrisanog modela upravljanja zemljištem, vodom i hranivima kao inovativne poljoprivredne prakse se predlaže kao način za postizanje bolje efikasnosti ishrane, posebno azotom, u biljnim sistemima, baziranim na cerealijama. U tom smislu, neophodno je i ključno poznavati pokazatelje efikasnosti ishrane, njihovu fiziološku bazu i međupovezanost i povezanost sa prinosom zrna. Nakon toga, oplemenjivači bi trebalo da integrišu genetičke i fenotipske informacije kako bi dizajnirali genotipove usklađene sa ekološkim zahtevima, izmenjenoj poljoprivrednoj praksi, novim zahtevima i okolnostima u kojima se odvija. Pored svega, a kao bitan preduslov realizacije ovih ciljeva i postizanja zadovoljavajućeg nivoa održivosti, izdvaja se potreba multidisciplinarnih istraživanja, kao jedini kvalitetan način da se sveobuhvatno sagledaju sva pitanja, razumeju svi aspekti i doprinese, dugoročno, rešavanju problema savremene poljoprivrede. Mnogi pokazatelji efikasnosti ishrane strnih žita, kao što su: žetveni indeks zrna, agronomska efikasnost, fiziološka efikasnost, efikasnost reutilizacije i ostali, mogu da budu vrlo korisni kriterijumi u oplemenjivanju pšenice i drugih strnih žita na povećan prinos i kvalitet i kreiranju genotipova u skladu sa savremenim zahtevima održive poljoprivredne prakse. Kako su zaključci izvedeni na bazi međusobnih korelacija pokazatelja efikasnosti ishrane i azotnog statusa biljaka strnih žita i njihovih korelacija sa prinosom zrna strnih žita, a imajući u vidu objektivne nedostatke uključivanja ovih pokazatelja u oplemenjivačke programe, to su dalja istraživanja na ovom polju neophodna. Za postizanje očekivanih rezultata, nužno je doći do preciznijih informacija o prirodi pokazatelja efikasnosti ishrane biljaka strnih žita, posebno ishrane azotom, njihovoj stabilnosti, merljivosti, stepenu heritabilnosti i drugim relevantnim parametrima.

Literatura

- Afzal, A., Bell, M. 2023. Chapter 11 Precision agriculture: making agriculture sustainable, Editor(s): Qamar Zaman, Precision Agriculture, Academic Press, Chapter 11: 187-210, ISBN 9780443189531, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18953-1.00006-4>.
- Amanullah, A, Iqbal, A., Iqbal, M. 2015. Impact of potassium rates and their application time on dry matter partitioning, biomass and harvest index of maize (*Zea mays*) with and without cattle dung application. Emirates Journal of Food and Agriculture. 27: 447-453
- Anonymus, 2024. <https://geopard.tech/blog/defining-nutrient-use-efficiency-in-responsible-plant-nutrition/>

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Atia, M., Jiang, W., Sedeek, K., Butt, H., Mahfouz, M. 2024. Crop bioengineering via gene editing: reshaping the future of agriculture. *Plant Cell Rep.*, 43(4):98. doi: 10.1007/s00299-024-03183-1. PMID: 38494539; PMCID: PMC10944814.
- Balasundram, S.K., Redmond, R., Shamshiri, S.Sr., Nastaran, R. 2023. The Role of Digital Agriculture in Mitigating Climate Change and Ensuring Food Security: An Overview *Sustainability* 15 (6): 5325. <https://doi.org/10.3390/su15065325>
- Basso, B., Antle, J. 2020. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nat. Sustain.* (3): 254–256.
- Bennett, N., Whitty, T., Finkbeiner, E., Pittman, J., Bassett, H., Gelcich, S., Allison, E. 2018. Environmental Stewardship: A Conceptual Review and Analytical Framework. 10.31230/osf.io/tb85n.
- Biberdžić, M., Barać, S., Janjić, J., Lalević, D., Beković, D. 2017. Production characteristics of small grains depending on the application of mineral fertilizers with high content of phosphorus and potassium. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade.* 62. 203-211. 10.2298/JAS1703203B.
- Bilewicz, A., Śpiewak, R. 2019. Beyond the “northern” and “southern” divide: food and space in Polish consumer cooperatives, *East Eur. Politics Soc.*, 33 (3):579-602.
- Biswas, S., Zhang, D., Shi, J. 2021. CRISPR/Cas systems: opportunities and challenges for crop breeding. *Plant Cell Rep.* 40(6):979-998. doi: 10.1007/s00299-021-02708-2.
- Burton, A., Lilia, L. H., Noémie, S., Silvan, S., Vuille-dit-Bille, N., de Figueiredo Bongiovani, P., Holzkämper, A., Pellet, D., Herrera, J.M. 2024. Evaluating nitrogen fertilization strategies to optimize yield and grain nitrogen content in top winter wheat varieties across Switzerland, *Field Crops Research* (307): 1 – 15. 109251, ISSN 0378-4290, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109251>.
- Çakmakçı, R., Mehmet, A.S., Songül, C. 2023. Assessment and Principles of Environmentally Sustainable Food and Agriculture Systems. *Agriculture* 13(5): 1073. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051073>
- Calicioglu, O., Flammini, A., Bracco, S., Bellù, L., Sims, R. 2019. The Future Challenges of Food and Agriculture: An Integrated Analysis of Trends and Solutions. *Sustainability.* 11(1):222. <https://doi.org/10.3390/su11010222>
- Chuan, L., He, P., Zhao, T., Zheng, H., Xu, X. 2016. Agronomic Characteristics Related to Grain Yield and Nutrient Use Efficiency for Wheat Production in China. *PLoS One.* 11(9):e0162802. doi: 10.1371/journal.pone.0162802. PMID: 27631468; PMCID: PMC5025147.
- Ciampitti, I.A., Briat, J.F., Gastal, F., Lemaire, G. 2022. Redefining crop breeding strategy for effective use of nitrogen in cropping systems. *Commun Biol.* 5(1):823. doi: 10.1038/s42003-022-03782-2. PMID: 35974088; PMCID: PMC9381724.
- David, S., Bullock, N., Donald, K., Bullock, G. 2007. Multidisciplinary Teams: A Necessity for Research in Precision Agriculture Systems. *Crop Science*, 47 (5): 1765-1769
- Dimitrijević, M., Knežević, D., Petrović, S., Zečević, V. 2002. Variability and stability of harvest index in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac J. Sci.* 24 (2002) 91-96

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Dimkpa, C.O., Bindraban, P.S. 2016. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 36, 7. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0346-6>
- Eviner, V., Chapin III, Stuart, F. 2001. Plant species provide vital ecosystem functions for sustainable agriculture, rangeland management and restoration. *California Agriculture*. 55. 54-59. 10.3733/ca.v055n06p54.
- Fang, Z., Sergiy, Z. 2023. The four biggest challenges to sustainable agriculture in the Western Balkans. <https://blogs.worldbank.org/en/agfood/four-biggest-challenges-sustainable-agriculture-western-balkans>
- Fu, S., Yu, Y., Su, I. H., Ling, Z., Tan, K. H., Ma, R. 2023. The influence of corporate social responsibility information transparency on the consumption of green agricultural products on digital platforms. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2242284>
- Gemechu, A. 2021. The Role of Harvest Index in Improving Crop Productivity: A Review. *Journal of Natural Sciences Research* 9 (6): 24 – 28.
- Gonzalez, R.A. 2017. Going back to go forwards? From multi-stakeholder cooperatives to open cooperatives in food and farming. *J. Rural Stud.*, 53: 278-290.
- Hinterthuer, A. 2017. Can ancient grains find their way in modern agriculture? *CSA News* 62(4):4-9. <https://doi.org/10.2134/csa2017.62.0412>
- Hloušková, Z., Lekešová, M., Prajerová, A., Doucha, T. 2022. Assessing the Economic Viability of Agricultural Holdings with the Inclusion of Opportunity Costs. *Sustainability* 14(22): 15087. <https://doi.org/10.3390/su142215087>
- Ierna, A., Lombardo, G.M., Mauromicale, G. 2016. Yield, nitrogen use efficiency and grain quality in durum wheat as affected by nitrogen fertilization under a Mediterranean environment. *Experimental Agriculture*. 52(2):314-329. doi:10.1017/S0014479715000113.
- Jeranyama, P., Shrestha, A., Neupane, N. 2020. Chapter 1 - Sustainable food systems: Diversity, scope and challenges, Editor(s): Leonard Rusinamhodzi, The Role of Ecosystem Services in Sustainable Food Systems, Academic Press, 1-16.
- Jindrich, S., Hlavsa, T., Soukupova, K., Stolbova, M. 2019. Approaches to estimation the farm-level economic viability and sustainability in agriculture: A literature review. *Agricultural Economics – Czech*, 65(6): 289–297.
- Khoshgofarmanesh, A.H., Schulin, R., Chaney, R.I., Daneshbakhsh, B., Afyuni, M. 2010. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 30 1 (2010) 83-107 DOI:
- Kopriva, S., De Kok, L. 2014. (eds) *Nutrient Use Efficiency in Plants. Plant Ecophysiology*, 10. Springer, Cham. 1 – 27. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10635-9_1
- Kubota. H., Iqbal. M., Quideau, S., Dyck, M., Spaner, D. 2018. Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 33(5):443-466. doi:10.1017/S1742170517000163
- Laidig, F., Feike, T., Lichthardt, C. et al. 2024. Breeding progress of nitrogen use efficiency of cereal crops, winter oilseed rape and peas in long-term variety trials. *Theor Appl Genet* 137, 45.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- McDonald, G., Bovill, W., Huang, C., Lightfoot, D. 2013. Nutrient Use Efficiency. In: Kole, C. (eds) Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Milošević, B., Lamberti, L., Milenković, M. 2010. Sustainable agriculture and future challenges for agricultural research and extension services. 57:205-214.
- Nciizah, T., Nciizah, E., Mubekaphi, C., Nciizah, A.D. 2021. Role of Small Grains in Adapting to Climate Change: Zvishavane District, Zimbabwe. In: Leal Filho, W., Oguge, N., Ayal, D., Adeleke, L., da Silva, I. (eds) African Handbook of Climate Change Adaptation. Springer, Cham.
- Nikolić, O., Jovanović, Lj., Jelić, M., Milovanović, M., Pavlović, M. 2013. Variability of Serbian winter wheat genotypes and their evaluation in terms of sustainable agriculture. *The Journal Agriculture and Forestry*. 58(2): 19-26.
- Nikolić, O., Pavlović, M. 2019. The possibilities of use of the physiological efficiency of nitrogen in wheat breeding in term of ecological agriculture. *Ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad. 56(3): 76 – 81.
- Nikolić, O., Racić, G., Vukelić, I., Srećkov, Z., Mrkonjić, Z., Bojović, M., Vasić, V. 2023. Productivity of Serbian wheat genotypes grown in ecological agricultural system. Proceedings from the 10th International scientific conference on Climate Change, Economic Development, Environment and People (CCEDEP), October 25, 2023, Travnik, Bosnia and Herzegovina. 68-78.
- Nikolić, O., Živanović, T., Jelić, M., Đalović, I. 2012. Interrelationships between grain nitrogen content and other indicators of nitrogen accumulation and utilization efficiency in wheat plants. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1): 111 – 116.
- Nikolić, O., Živanović, T., Kraljević-Balalić, M., Milovanović, M. 2011. Interrelationship between grain yield and physiological parameters of winter wheat nitrogen nutrition efficiency. *Genetika*, 43(1): 91 - 100.
- Nikolić, O., Živanović, T., Milovanović, M., Pavlović, M., Jovanović, Lj. 2013. Variability and heritability of nitrogen nutrition efficiency indicators in winter wheat. *Romanian Journal of Agricultural Research*. ISSN 2067 – 5720 on – line, <http://www.incda-fundulea.ro/>
- Norton, R.M. 2017. Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in Australia: Assessing Agronomic and Environmental Benefit. *Ipni issue review*, 1: 1 - 9
- Ogura, S., Forwell, S.J. 2023. Responsibility as humans: meaning of traditional small grains cultivation in Japan. *Ecology and Society* 28(1):27. <https://doi.org/10.5751/ES-13798-280127>
- Pavlović, M., Nikolić, O., Jestrović, Z. 2016. Genetic Analysis of Variability and Inheritance of Nitrogen Harvest Index in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bulgarian Journal of Agriculture Science*, 22(1): 119 – 124.
- Pimentel, C. 2006. Efficiency of nutrient use by crops for low input agro-environments. Chapter 9, in: Nitrogen nutrition in plant productivity. Singh, R. P.; Shankar, N.; Jaiwal, P. K. (Eds.). Studium press, LLC, Houston, Texas, USA, 277-328.
- Pooniyan, S., Rajnish, Y., Rameshwar, G. 2023. Sustainable agricultural practices. In book: Recent Innovative Approaches in Agricultural Science: 54-62. Edition: Chapter: 7, Publisher: Bhumi Publishing.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Prasad, J.K., Dillip K.S., Suhas, P.W. 2024. Improving grain quality and nitrogen use efficiency of cereal-based cropping systems on vertisols in semi-arid tropics, *Field Crops Research* (307): 109258, ISSN 0378-4290.
- Reich, M., Aghajanzadeh, T., De Kok, L.J. 2014. Physiological Basis of Plant Nutrient Use Efficiency – Concepts, Opportunities and Challenges for Its Improvement. In: Hawkesford, M.,
- Robertson, G.F. 2015. A Sustainable Agriculture? 144(4):76–89.
- Rodríguez, M.V., Barrero, J.M., Corbineau, F., Gubler, F., Benech-Arnold, R.L. 2015. Dormancy in cereals (not too much, not so little): about the mechanisms behind this trait. *Seed Science Research*. 25(2):99-119.
- Rosli, M.N., Mutalib, A.M., Shamsuddin, A.S., Nizam, M., Ariati, I., Gee, Sh. 2024. Navigating the environmental, economic and social impacts of sustainable agriculture and food systems: a review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*.
- Rostami, K., Salehi, L. 2024. Rural cooperatives social responsibility in promoting Sustainability oriented Activities in the agricultural sector: Nexus of community, enterprise, and government, *Sustainable Futures*, 7:100150.
- Saquee, F.S., Diakite, S., Kavhiza, N.J., Pakina, E., Zargar, M. 2023. The Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains. *Agronomy*.13(2):566.
- Shunmugam, A.S.K., Kannan, U., Jiang, Y., Daba, K.A., Gorim, L.Y. 2018. Physiology Based Approaches for Breeding of Next-Generation Food Legumes. *Plants (Basel)*. 7(3):72.
- Smith, G.E., Janzen, H., Benjamin H.E. 2018. Effect of fertilizer and cropping system on grain nutrient concentrations in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 98(1): 125-131.
- Srinivasarao, Ch. 2021. Programmes and Policies for Improving Fertilizer Use Efficiency in Agriculture/ *Indian Journal of Fertilisers* 17 (3): 226-254.
- Tian Z, Wang JW, Li J, Han B. 2021. Designing future crops: challenges and strategies for sustainable agriculture. *Plant J*. 105(5):1165-1178.
- Vaneekhaute, C., Ghekiere, G., Michels, E., Vanrolleghem, P.A., Tack, F.M.G., Meers, E. 2014. Chapter Four - Assessing Nutrient Use Efficiency and Environmental Pressure of Macronutrients in Biobased Mineral Fertilizers: A Review of Recent Advances and Best Practices at Field Scale, Editor(s): Donald L. Sparks, *Advances in Agronomy*, Academic Press (128): 137-180.
- Worku, Z., G., Hailemariam, M., Teshome, T.K. 2024. Improving the Sustainability of Agriculture: Challenges and Opportunities. *IntechOpen*.

ZAŠTITA BILJA U ORGANSKOJ POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI

Slavica Vuković, Dragana Šunjka



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹²Procenjuje se da će do 2050. godine poljoprivredna proizvodnja morati da se poveća za 70% da bi se prehranila rastuća populacija. Međutim, zbog klimatskih promena, nedostatka sveže vode, smanjenja obradivih površina, a posebno zbog prisustva štetnih agenasa, proizvodnja hrane predstavlja veliki izazov, a postizanje ovih ciljeva zahteva intenzivnu zaštitu bilja, što je sve zajedno dovelo do povećanja globalne upotreba pesticida za više od 1,5 puta u poslednje tri decenije. Međutim, uz sve prednosti koje pružaju, sredstva za zaštitu bilja (pesticidi) imaju i čitav niz nedostataka, od čega je posebno značajan njihov negativan uticaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Prilikom primene, pesticidi ne dolaze u kontakt samo sa usevom i ciljanim organizmima, već deo pada na tlo i spiranjem dolazi do nižih slojeva zemljišta i podzemnih voda. Dalja sudbina pesticida u životnoj sredini zavisi, pre svega, od njihove perzistentnosti, ali i od osobina zemljišta i vode sa kojima dolaze u kontakt. Prisustvo pesticida, kao zagađivača životne sredine, najčešće se vezuje za mesto primene, ali se poslednjih godina navodi sve više podataka o mogućoj translokaciji na mesta udaljena od mesta primene. Negativan uticaj pesticida na životnu sredinu posebno je izražen upravo na primeru podzemnih voda i zemljišta. Prisustvo pesticida u zemljištu i vodi može doprineti smanjenju prinosa gajenih biljaka i umanjiti kvalitet dobijenog proizvoda, usled usvajanja njihovih ostataka. Pored ovog, kontrola i praćenje sadržaja ostataka pesticida u podzemnim vodama izuzetno je važna i sa aspekta pijaće vode, obzirom da podzemne vode predstavljaju jedan od glavnih izvora vode za piće. Procenjuje se da podzemne vode obezbeđuju oko 70% potreba za vodom za domaćinstva i industriju u Republici Srbiji.

S obzirom na navedeno, zagađenje vode pesticidima predstavlja problem koji zahteva sistematsko praćenje, pre svega zbog direktnog toksičnog uticaja na ljude i vodenu biocenozu, kao i moguću akumulaciju u lancu ishrane. S tim u vezi, Okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EC), Evropska unija postavila je pravni okvir za zaštitu i poboljšanje kvaliteta svih vodnih resursa (reka, jezera, podzemnih voda, priobalnih voda i dr.). I dok je oblast zaštite voda već duže od dve decenije regulisana direktivom koja propisuje "održivo upravljanje svim vodama i sa vodom povezanih ekosistema radi poboljšanja zdravlja i blagostanja građana", kada je reč o zemljištu situacija je bitno drugačija. Iako istraživanja pokazuju da se više od 60% zemljišta na tlu Evrope smatra "nezdravim", a čak 2,8 miliona

¹ Dr Slavica Vuković, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

² Dr Dragana Šunjka, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

lokaliteta je identifikovano kao potencijalno kontaminirano, pri čemu dokazi sugerišu da se ova situacija pogoršava, pravni okvir koji uređuje pitanje zaštite i zagađenja zemljišta još uvek ne postoji. Tek nedavno, Evropska komisija je usvojila predlog dokumenta koji ima za cilj da uspostavi nivo zaštite zemljišta ekvivalentan onom koji trenutno postoji za vodu u EU. Ovaj zakonodavni okvir, poznat kao Zakon o nadzoru zemljišta, osmišljen je da podrži postizanje “zdravog” zemljišta do 2050. godine, u skladu sa ciljem EU o nultom zagađenju, što će od država članica zahtevati da sprovedu kontinuiran monitoring i procenu stanja zemljišta.

Posebno značajan problem zagađenja zemljišta predstavlja prisustvo pesticida (Sunulahpašić et al., 2020; Mitrić et al., 2024; Šunjka et al., 2024), pri čemu nisu ugrožene samo površine na kojima se hemijska sredstva za zaštitu bilja direktno primenjuju, ostaci pesticida prisutni su i u zemljištima pod organskom poljoprivrednom proizvodnjom. Iako je broj aktivnih supstanci veći dva puta, a njihova koncentracija devet puta, u konvencionalnim u odnosu na organska zemljišta (Riedo et al., 2021), neophodan je stalan monitoring, s obzirom da se organska poljoprivreda više oslanja na zdrava zemljišta sposobna da održe odgovarajući ekosistem.

Uprkos njihovoj ulozi u poljoprivrednom sektoru i direktnom doprinosu proizvodnji hrane, među građanima i kreatorima politike raste zabrinutost zbog sintetičkih pesticida. Primarna bojazan se vrti oko ublažavanja štetnih uticaja pesticida na ljudsko zdravlje i životnu sredinu, te se kao reakcija na posledice konvencionalne proizvodnje i intenzivne, a često i nekontrolisane i nestručne upotrebe sintetičkih sredstava za zaštitu bilja, poslednjih decenija povećavaju površine pod integralnom i organskom poljoprivrednom proizvodnjom.

Upotreba pesticida se smatra najznačajnijom preprekom za postizanje ciljeva navedenih u *Green Deal* strategiji, posebno u kontekstu održive poljoprivrede. Naime, održivi sistemi ishrane jedan su od najvažnijih ciljeva *Green Deal*-a, u čijoj osnovi je održivi i inkluzivni rast Evropske unije, sa ciljem realizacije do 2050. godine. U centru pažnje je *Farm to fork* („Od polja do stola“) strategija, koja kroz sveobuhvatan pristup nastoji da poboljša održivost poljoprivredne proizvodnje. U okviru toga, Komisija predlaže smanjenje ukupne upotrebe i rizika od hemijskih pesticida za 50% i povećanje udela zemljišta pod organskom poljoprivrednom proizvodnjom na 25% do 2030. godine. U skladu sa ovim ciljevima, održivi sistemi ishrane trebalo bi da imaju neutralan, odnosno pozitivan uticaj na životnu sredinu, pomažu u ublažavanju klimatskih promena i prilagođavanju njihovim uticajima, da smanje gubitak biodiverziteta, obezbede sigurnost hrane, ishrane i javnog

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

zdravlja, obezbeđujući da svi imaju pristup dovoljnoj, bezbednoj, hranljivoj i održivoj hrani. Pored ovog, strategijom je obuhvaćen i problem smanjenja brojnosti i raznovrsnosti oprašivača, s obzirom da su mnoge vrste na ivici izumiranja. Bez oprašivača, sigurnost u pogledu hrane biće ugrožena i mnoge biljne vrste će na kraju nestati.

Istovremeno rastuća zabrinutost za bezbednost hrane, trend organske poljoprivredne proizvodnje, prisustvo rezistentnih populacija štetnih organizama i narušavanje biodiverziteta, kao rezultat upotrebe hemijskih pesticida, neki su od glavnih izazova savremene nauke (Franeta et al., 2019; Šunjka et al., 2021). U svetu u kome problemi životne sredine postaju sve akutniji, a zdravstveni problemi dolaze u prvi plan, organska poljoprivreda više nije samo trend, već nezaobilazna budućnost poljoprivrede.

Organska proizvodnja je sistem održive poljoprivrede koji se bazira na visokom poštovanju ekoloških principa putem racionalnog korišćenja prirodnih resursa, upotrebe obnovljivih izvora energije, očuvanja prirodne raznolikosti i zaštite životne sredine.

To nije samo način proizvodnje, već filozofija održivosti koja podrazumeva značajno smanjenje upotrebe sintetičkih hemikalija, kao što su đubriva, pesticidi, aditivi i veterinarski lekovi, oslanjajući se na prirodne procese i menjajući ih biološkim i mehaničkim metodama. Ovaj pristup se ne odnosi samo na proizvodnju hrane, nego i na aktivno angažovanje u prirodi, fokusirajući se na očuvanje biodiverziteta i održivost životne sredine. Na taj način, gajenjem i rotacijom useva organski proizvođači doprinose zdravom i plodnom zemljištu, isključujući proizvodnju genetski modifikovanih biljaka.

Naglašavajući održive metode, sistemi organske poljoprivrede promovišu otpornost, stabilnost i sigurnost. Naglasak organske poljoprivrede je na diverzifikaciji, poboljšanju zdravlja zemljišta, smanjenom oslanjanju na spoljne inpute i očuvanju genetske raznovrsnosti povećavajući njenu sposobnost da se održi i oporavi od nedaća. Stoga, prepoznavanje uloge organske poljoprivrede u ublažavanju prehrambenih kriza postaje imperativ u osmišljavanju strategija za održivu budućnost.

S druge strane, organska poljoprivreda se suočava sa nekoliko izazova, kao što su niži prinosi (19-25%) u poređenju sa konvencionalnim sistemima proizvodnje, nedostatak đubriva proizvedenih na organskim farmama i nedostatak biljnih sorti koje su posebno prilagođene organskoj proizvodnji. U tom kontekstu, potrebni su veliki napori da se usavrši organska poljoprivreda, kao i da se održi odgovarajuće stanje životne sredine.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Poseban izazov u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji predstavlja zaštita bilja od fitopatogenih organizama, štetnih insekata, korova i drugih neželjenih agenasa, i upravo je nedostatak efikasnih strategija zaštite useva jedan od ključnih faktora koji ograničavaju širenje organske poljoprivredne proizvodnje.

Dok konvencionalni način podrazumeva primenu svih dozvoljenih sredstava za zaštitu bilja, integralni sistem predstavlja kombinaciju postupaka koji prednost daje biološkim merama i ograničava upotrebu hemijskih sredstava na minimum, zaštita bilja u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji zasniva se uglavnom na preventivnim merama.

Pre svega, izbor odgovarajućih sorti, otpornih prema prouzrokovateljima bolesti i zdrav sadni materijal osnovni su preduslov za zasnivanje organske poljoprivredne proizvodnje. Pored ovog, veliki značaj za zdravstveno stanje biljaka imaju higijenske mere - prikupljanjem i uništavanjem biljnih ostataka smanjuje se prisustvo patogena i štetočina, te je nakon berbe ili žetve neophodno ukloniti sve biljne ostatke. Neophodno je posebno naglasiti značaj plodoređa, kao jedne od najznačajnijih agrotehničkih mera kojom se uvodi smena u gajenju biljaka na određenoj površini. Na taj način se povećava plodnost i ograničava prekomerni razvoj populacija patogena i štetočina u već zaraženom zemljištu. Neke od značajnih mera su i odgovarajuće vreme setve, s obzirom da je velika prednost kada se biljke ne nalaze u osetljivoj fenofazi u periodu povoljnom za pojavu patogena i štetočina, i položaj redova koji omogućava provetravanje useva i zasada, čime se smanjuje vlažnost i mogućnost razvoja patogena.

Međutim, ukoliko i pored primene niza preventivnih mera, prisustvo štetnih organizama pređe prag ekonomske štetnosti primenjuju se biopesticidi ili hemijski pesticidi dozvoljeni u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Biopesticidi i druga sredstva za zaštitu bilja dozvoljena u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Biopesticidi su prirodni proizvodi za zaštitu bilja, koji štetne organizme suzbijaju netoksičnim mehanizmima. To su pesticidi koji nisu postojani i lako se razgrađuju kada su izloženi svetlosti, zbog čega se smatraju bezbednim za životnu sredinu. Prema vrsti štetnih organizama koje suzbijaju, dele se na biofungicide, bioinsekticide, bioakaricide, bionematocide i bioherbicide.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji



Šema 3.1. Podela biopesticida

Danas, grupe biopesticida koje su najviše zastupljene u zaštiti bilja su biofungicidi i bioinsekticidi. Biopesticidi se kategorizuju i prema vrsti aktivne supstance koju sadrže, koja može biti grupa živih organizama (poput gljiva, bakterija, virusa, kvasaca, protozoa, nematoda, grinja i insekata) ili proizvodi živih organizama (kao što su etarska ulja i biljni ekstrakti). Osnovna podela zasniva se na vrsti aktivne supstance i obuhvata mikrobiološke biopesticide (koji uključuju mikroorganizme), biohemijske biopesticide (koji sadrže prirodne materije dobijene od živih organizama) i makrobiološke biopesticide (koji uključuju insekte, grinje i nematode).

Mikrobiološki pesticidi sadrže odabrane sojeve određenih vrsta ili mešavina različitih bakterija, gljiva, virusa ili protozoa. Ovi organizmi proizvode toksine, vitamine, enzime i biljne hormone koji poseduju sposobnost antagonističkog delovanja na štetne organizme. Pored toga, korisni mikroorganizmi proizvode jedinjenja koja mogu uticati na imuni sistem biljaka povećavajući njihovu otpornost. Oni su u širokoj upotrebi i čine oko 30% ukupne proizvodnje i prodaje biopesticida. Mikroorganizmi u sredstvima za zaštitu bilja moraju imati snažnu moć da se takmiče sa autohtonom mikrobnom populacijom i visok stepen sposobnosti preživljavanja i prilagođavanja novonastalim uslovima u kojima treba da ostvare najbolju efikasnost. Mikroorganizmi koji se koriste za proizvodnju preparata se najčešće izoluju iz zemljišta, kao i iz supstrata kao što su biljka, voda, mleko, meso i sl. Izolacija i dobijanje čiste kulture mikroorganizama je složen i dugotrajan proces koji podrazumeva

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

primenu određenih metoda i aseptične tehnike u laboratorijskim uslovima. Nakon dobijanja čiste kulture, vrši se njihova karakterizacija na osnovu brojnih kriterijuma. Ispituju se morfološka, biohemijska, odgajivačka, kao i genetička svojstva dobijenih izolata (Hajnal-Jafari i sar., 2020).

Biohemijski pesticidi su supstance prirodnog porekla koje kontrolišu štetne organizme putem netoksičnih mehanizama. Proizvode ih biljke, životinje, minerali, insekti itd. Najvažniji biohemijski pesticidi su botanički pesticidi, kao što su biljni ekstrakti i etarska ulja, odnosno biljni derivati. Oдавno je poznato da biljke poseduju brojne odbrambene mehanizme kojima se štite od napada raznih štetočina, a upotreba biljnih ekstrakata u suzbijanju štetnih organizama smatra se starom koliko i zaštita bilja (Zibae, 2011). Ekstrakti biljaka su hemikalije ili mešavine hemikalija dobijenih od viših biljaka. Obično sadrže različite vrste metabolita, uključujući alkaloidne, fenole, terpenoide i sekundarne supstance koje biljke sintetišu kako bi im pomogle u zaštiti od štetnih insekata (Gvozdenac et al., 2012). Ovi proizvodi se odlikuju raznovrsnim sastavom i načinom delovanja na štetne organizme i predstavljaju obnovljiv resurs bioaktivnih jedinjenja. Prednosti biljnih ekstrakata za primenu u poljoprivredi su te što se relativno brzo razlažu, samim tim umanjuju rizik od rezidua u hrani, a usled prisustva brojnih biološki aktivnih materija koje su sadržane u jednom ekstraktu, štetni organizmi teško ili sporo razvijaju rezistentnost. Veliki broj ekstrakata je i selektivan prema neciljanim i korisnim organizmima i bezbedniji su za zdravlje ljudi, životinja i okolinu. Proučavajući različite biljne vrste, otkriveno je mnoštvo korisnih jedinjenja koja se mogu koristiti kao biopesticidi, a njih je moguće sintetisati kao hemijske analoge i od velikog su značaja za agrohemijsku industriju, pogotovo ako je u pitanju nova biološki aktivna supstanca.

Etarska ulja su prirodne supstance, složena mešavina lipofilnih, tečnih, mirisnih i isparljivih komponenti smeštenih u sekretornim strukturama aromatičnih biljaka, koje su često odgovorne za karakterističan miris ili ukus. Etarska ulja su tečnosti, ali u prirodi, kao takva, nisu postojana, pošto se prirodni antioksidansi prilikom izdvajanja ulja veoma brzo razgrađuju. Oni ispoljavaju fiziološke funkcije sa hormonskim dejstvom, održavaju koenzime u redukovanom obliku i predstavljaju izvor energije. Imaju i ekološku funkciju koja se ogleda u smanjenju disanja, stvarajući specifičnu mikroklimu koja štiti biljke od prekomerne transpiracije, refleksije i prelamanja svetlosti i učestvuje u interakcijama biljka-biljka, biljka-životinja i biljka-insekt. Kao sekundarni metaboliti etarska ulja su važna za opstanak biljaka, jer privlače insekte oprašivače, štite biljke od

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mikroorganizama i odbijaju druge štetne vrste. Sadrže veoma složenu kombinaciju prirodno aktivnih sastojaka, čija količina, prisutnost i specifičnost smeše zavise od tipa zemljišta, geografskog regiona u kome biljke rastu, klime, nadmorske visine, načina ubiranja, čuvanja i postupka dobijanja (Miletić i sar., 2013). Preko 17500 aromatičnih vrsta biljaka uglavnom pripadaju familijama Mirtaceae, Lauraceae, Rutaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cupressaceae, Poaceae, Zingiberaceae i Piperaceae. Esencijalna ulja se nakupljaju u svim vrstama vegetativnih i reproduktivnih organa kao što su cvet (drvo bergamota i tuberoza), lišće (citronela, eukaliptus), kora (cimet), stablo (ružino drvo, sandalovo drvo), koren (vetiver), rizomi (kurkuma, đumbir), plod (anis, zvezdasti anis) i seme (muskatni oraščić). Interesantno je to da se u različitim ili čak i u istim delovima jedne biljke, može naći sličan ili potpuno drugačiji sastav etarskog ulja (zeleni i zreo plod).

Oni mogu inhibirati klijanje semena drugih i sopstvenih vrsta, zaštititi biljku od napada insekata i životinja, kao i zaštititi biljku od infekcije mikroorganizmima. Etarska ulja se mogu nalaziti u svim delovima biljake, ali u njima nisu raspoređena ravnomerno, pri čemu u listu, korenu, cvetu i plodu su sadržane najveće koncentracije istih. Zastupljeni su u jako malim količinama, svega oko 1% od ukupne mase biljke. Do sada su identifikovana brojna jedinjenja iz klase terpena u sastavu etarskih ulja (Barka et al., 2022). Utvrđeno je da preko 2000 različitih biljnih vrsta sadrži supstance sa potencijalnim pesticidnim delovanjem (Grainge and Ahmed, 1988). U tehnološkom smislu, botanički pesticidi su najstariji i najjednostavniji vid proizvoda na bazi biljaka (Vuković i sar., 2013).

Pored etarskih ulja i biljnih ekstrakata u biohemijske pesticide ubrajaju se i semiosupstance. Semiosupstance su biohemijske supstance koje proizvode biljke, insekti ili životinje kako bi bile detektovane (prepoznate) od strane drugog organizma i kako bi u tom istom organizmu izazvali određenu reakciju. Mnogim vrstama su semiosupstance od vitalnog značaja za samo preživljavanje. Semiosupstance se dele na alelosupstance i feromone. Alelosupstance deluju na jednu ili više vrsta koje se razlikuju od vrste koja ih proizvode. Od poznatih alelosupstanci, isparljive materije slične onima koje odaje izvor hrane (biljke ili životinje), su značajne u kontroli štetočina. Atraktanti za ishranu – kairomoni – su alelosupstance koje proizvode jedna vrsta u korist druge koja će da se hrani. Na primer, ugljen dioksid koji odaju ljudi i životinje služe kao kairomon ženki komarca koja traga za krvnim obrokom. Nasuprot tome, alomoni su alelosupstance koje koriste onome ko ih proizvode. Na primer, eksudati koji odbijaju predatore su alomoni.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Feromoni su klasa semiosupstanci koje insekti i druge životinje oslobađaju kako bi komunicirali sa jedinkama svoje vrste (specifične su za vrstu i deluju samo u okviru nje). Osnova funkcionisanja ovih supstanci, jeste da oni napuštaju organizam koji ih produkuje kako bi putem vazduha ili vode došli do drugog organizma koji ih prepoznaje i reaguje. Najznačajnija uloga feromona u zaštiti bilja je monitoring populacije određene vrste insekata kako bi se utvrdilo njihovo prisustvo ili odsustvo u određenom regionu, i da li je njihova brojnost dovoljno visoka, da bi primena hemijskih mera za njihovo suzbijanje bila ekonomski opravdana (da li su dostigli ekonomski prag štetnosti). Značajna primena je i masovno hvatanje insekata u klopke. Masovno smanjivanje gustine insekatske populacije značajno doprinosi smanjenju štete koji dati insekti prouzrokuju. Treća, značajna primena feromona podrazumeva ometanje parenja insekata.

Takođe, značajni su i **makrobiološki pesticidi**. Oni obuhvataju vrste zoofaga kao što su insekti, grinje i nematode, koje se, u zavisnosti od načina života, dele na predatore i parazitoide, koji se nazivaju i prirodni neprijatelji. Prirodni neprijatelji su regulatori dinamike populacije svih štetočina. Iako su prirodni neprijatelji već prisutni u životnoj sredini, često ne u dovoljnom broju te je za njihovo uspešno delovanje u agroekosistemima, potrebno ih uvoditi ili redovno primenjivati kada se ukaže potreba. Intenzivna primena sredstava za zaštitu bilja i korišćenje toksičnih insekticida sa širokim spektrom delovanja vrlo često dovodi do poremećaja biološke ravnoteže u prirodi u korist štetnih insekata. Predatori se hrane štetnim insektima. Najpoznatiji predatori su iz familije Coccinellidae (bubamare), koji se pre svega hrane lisnim vašima. U toku svog života jedna bubamara pojede više stotina lisnih vaši i na taj način značajno smanjuje njihovu brojnost. Takođe, značajni predatori su i zlatooke (Chrysopidae), koje se hrane lisnim vašima, zatim stenice (Anthocoridae), vilinski konjic (Odonata), trčuljci (Carabidae) i drugi. Parazitoidi su brojniji od predatora. Oni polažu jaja u telo štetnih insekata ili na površini telesnog omotača. Po piljenju larve parazitoida se hrane domaćinom. Prema razvojnem stadijumu gde parazitiraju, svrstani su u: parazitoide jaja, larve, lutke i imaga. Najvažniji parazitoidi su muve iz familije Tachinidae, čije larve žive u telu parazitiranih insekata i parazitoidne osice iz familija Ichneumonidae, Braconidae i Chalcididae.

Interesantno je da neki od najstarijih poznatih biopesticidnih sredstava ne potiču iz biljaka ili mikroorganizama već iz zemlje. Utvrđena je insekticidna aktivnost diatomejske zemlje na vrstu *Rhyzoperta dominica* F. (Perišić et al., 2018; Perišić et al., 2019). Diatomejska zemlja, kaolinska glina, vodonik-peroksid, kalijum-bikarbonat, kalijum permanganat, soli i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sapuni smatraju se biopesticidima u nekim zemljama, uključujući SAD i Kanadu. Ostali proizvodi koji su potencijalno klasifikovani kao biopesticidi potiču iz bioloških izvora, kao što su nusproizvodi iz organskih sistema prerade (brašno od kukuruznog glutena, sirćetna kiselina), zatim natrijum-bikarbonat i ulje repice.

Osim mikrobioloških pesticida koji imaju žive mikroorganizme, većina biopesticida ima hemijske molekule bakterijskog, gljivičnog, botaničkog ili mineralnog porekla i deluju na različite načine slični sintetičkim pesticidima. To su takozvani naturaliti, odnosno derivati mikroorganizama, jedinjenja čije aktivne supstance potiču iz prirodnih procesa poput fermentacije u bakterijama. Derivati su najčešće dobijeni od mikroorganizama koji su prirodni stanovnici zemljišta. Aerobnom fermentacijom aktinomicete *Saccharopolyspora spinosa* nastaju jedinjenja spinosini od kojih daljom obradom nastaje spinosad, jedan od najčešće korićenih naturalita. Uz spinosad važno mesto zauzima i abamektin, derivat *Streptomyces avermitilis*, koji osim insekticidnog poseduje i akaricidno delovanje. Uprkos činjenici da se ubrajaju u neznatno opasna sredstva (spinosad) i da su prirodnog porekla, a u nekim državama, kao i kod nas, imaju dozvolu za primenu i u organskoj proizvodnji, ipak mogu imati negativan uticaj na oprašivače i druge korisne organizme iz reda Hymenoptera. Zbog otrovnosti spinosina za pčele, njihova primena nije dozvoljena u vreme cvetanja i leta pčela.

Čak je i nekoliko sintetičkih pesticida sintetisano po uzoru na prirodne molekule, i to piretroidi, neonicotinoidi i strobilurini koji su sintetički analozi na bazi piretrina, nikotina i strobilurina, i formulisani su za poboljšanu stabilnost, sigurnost ili jednostavnost proizvodnje u komercijalnim razmerama. Osim navedenih, u zaštiti useva i zasada u organskoj proizvodnji, primenjuju se i preparati koji poboljšavaju snagu i otpornost biljke, a na tržištu su dostupni kao biostimulatori.

Intenzivna upotreba biopesticida u zaštiti bilja ograničena je nizom rizika – ograničenim spektrom delovanja, nedostatkom proizvoda, interakcijom sa neciljanim organizmima, virulentnošću sojeva itd. Pored ovog, ograničavajući faktor koji dodatno otežava njihovu primenu je i složen postupak registracija. Iako se biopesticidi komercijalno koriste već više od 60 godina, njihova registracija uključuje protokole iste ili slične onima za hemijske pesticide, dok se zakoni koji regulišu njihovu upotrebu razlikuju od države do države.

Trenutno je u Evropskoj uniji registrovan manji broj biopesticida u poređenju sa Sjedinjenim Američkim Državama, Indijom, Brazilom ili Kinom. Ovaj manji broj može se pripisati upravo činjenici da biopesticidi u Evropi prolaze kroz iste rigorozne procene kao hemijski pesticidi.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Složenost propisa za registraciju doprinosi i relativno niskom istraživačkom interesovanju za ovu oblast, što sve zajedno ukazuje na neophodnost reforme zakonodavnih okvira i razvoja novih smernica za registraciju biopesticida u Evropi, sa ciljem rasta evropskog tržišta.

Samo mali broj zemalja prepoznaje biopesticide kao posebnu kategoriju pesticida (Sundh and Goettel, 2013). Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država (USEPA) prednjači u ovom pogledu, prepoznajući tri glavne klase biopesticida: mikrobiološke pesticide, biohemijske pesticide i zaštitne materije ugrađene u biljke (PIP). Iako neki biopesticidi imaju pojednostavljen postupak registracije, procena rizika ostaje zahtevna, dugotrajna i skupa. USEPA sprovodi rigorozne procedure kako bi se osigurala sigurnost biopesticida za ljude i životnu sredinu, zahtevajući opsežne podatke o sastavu, toksičnosti, razgradnji i drugim karakteristikama.

Trenutno na tržištu prema broju registrovanih aktivnih supstanci biopesticida prednjače Sjedinjene Američke Države sa više od 200. Zemlje u razvoju kao što su Indija, Brazil i Kina imaju nešto manji broj registrovanih biopesticida, dok je stanje na tržištu EU povezano sa kompleksnošću propisa za njihovu registraciju. U Evropskoj uniji, sredstva za zaštitu bilja uključuju i hemijske pesticide i biopesticide, a njihovo stavljanje na tržište podrazumeva dva koraka – procenu i odobravanje aktivne supstance na nivou EU, te procenu i odobravanje formulisanog preparata na nivou države članice (Uredba (EU) br. 1107/2009). Važno je napomenuti da biopesticidi nisu imali specifičnu regulatornu kategoriju sve do uvođenja kategorija „osnovne supstance“ i „supstance niskog rizika“, 2017. godine prema Uredbi 2017/1432. Odobrenje za njihovu upotrebu daje se za celu EU i važi neograničeno vreme. Supstance niskog rizika imaju specifičnost da se njihova primena može delimično odobriti na osnovu dostupnih literaturnih podataka i naučnih mišljenja. U ovom slučaju, procenjuju se mikrobiološki i semiohemijski proizvodi (kao što su feromoni) prema kriterijumima niskog rizika. Za mnoge biopesticide, komponente formulacije su inertne ili nisu toksikološki značajne, što prilikom procene rizika omogućava fokusiranje samo na aktivnu supstancu i naučne dokaze. Neprepoznavanje razlike između živih organizama i bioaktivnih jedinjenja predstavlja još jedan od izazova prilikom registraciji biopesticida. I dok Evropska unija već godinama radi na definisanju novih, modifikovanju i usklađivanju postojećih propisa kako bi se pojednostavile ove procedure, a pristup omogućio razvoj novih biopesticida i povećanje njihove upotrebe (Glare et al., 2012), postavlja se pitanje identifikacije odgovarajućih aktivnih supstanci, odnosno jedinjenja/organizama. Naime, glavni koraci u razvoju biopesticida su izbor bioaktivnog agensa i tehnologija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

formulacije. Ovo zahteva kontinuirano i sveobuhvatno proučavanje odgovora živih organizama (štetnih i korisnih), na različite agrohemikalije i biotehnoške proizvode, otkrivanje novih bioaktivnih jedinjenja, poboljšanja formulacija i obaveznu procenu rizika, ne samo za ljude i životinje, nego i za životnu sredinu uopšte.

Sredstva za zaštitu bilja sa dozvolom za primenu u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji u Republici Srbiji

Organska proizvodnja je zakonski uređena i kontrolisana proizvodnja. U Republici Srbiji ova oblast regulisana je Zakonom o organskoj proizvodnji ("Službeni glasnik RS", broj 30/10 i 17/2019 – dr. zakon), koji je stupio na snagu 2011. godine. Ovaj zakon, kao i podzakonski propisi uređuju ciljeve i načela organske proizvodnje, metode organske proizvodnje, kontrolu i sertifikaciju, preradu, obeležavanje, skladištenje, prevoz, promet, uvoz i izvoz organskih proizvoda. Sistem kontrole organskih proizvoda u Srbiji je uspostavljen po ugledu na sistem kontrole koji je propisan regulativama EU, i to Uredbom Saveta (EZ) br. 834/2007 i Uredbom Komisije (EZ) br. 889/2008.

Dostupnost sredstava za zaštitu bilja koja su dozvoljena za upotrebu u organskoj proizvodnji je tema koja je dugo prisutna u sektoru organske proizvodnje. U skladu sa propisima o organskoj proizvodnji, za zaštitu bilja od štetočina, bolesti i korova, moguće je primenjivati samo sredstva za zaštitu bilja čije se aktivne supstance nalaze na spisku dozvoljenih. Liste ovih sredstava i aktivnih supstanci se nalaze u prilogima Pravilnika o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje (Službeni glasnik RS, broj 95/20).

Na tržištu Republike Srbije dostupno je svega sedamnaest biopreparata koji imaju dozvolu za primenu u organskoj proizvodnji, od čega je dominantno prisustvo preparata na bazi *Bacillus* spp. Pored biopesticida, dozvoljena je primena i drugih sredstava za zaštitu bilja, odnosno hemijskih preparata formulisanih na bazi bakra (bakar-hidroksid, bakar-oksidi, bakar-oksihlorid, bakar-sulfat i bordovska čorba), kalijum hidrogen karbonata, sumpora, gvožđe-fosfata, parafinskog ulja, spinosada, azadirachtina, vodonik-peroksida, ulja mente i laminarina (Službeni glasnik RS, broj 95/20; Tim priređivača, 2024).

Kada je reč o hemijskim pesticidima sa dozvolom za primenu u organskoj proizvodnji, najzastupljeniji na tržištu su preparati na bazi bakra. Međutim, smanjenje primene sredstava za zaštitu bilja na bazi bakra sa krajnjim ciljem postepenog ukidanja na listi je prioritet evropske politike, a posebno u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Tabela 3.1. Hemijski pesticidi sa dozvolom za primenu u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji u Republici Srbiji

Br.	Naziv sredstva za zaštitu bilja	HEMIJSKI PESTICIDI		Skraćeno poslovno ime
		Aktivna supstanca		
		Naziv	Sadržaj	Proizvođač
FUNGICIDI				
1.	Everest	bakar iz bakar- hidroksida	240 g/l	Chemical Agrosava, Beograd
2.	Fungohem SC	bakar iz bakar- hidroksida	240 g/kg	Agromarket, Kragujevac
3.	Kocide 2000	bakar iz bakar- hidroksida	35%	Kocide LLC, SAD
4.	Cuprablau Z ultra WP	bakar iz bakar- hidroksida	350 g/l	Cinkarna, Slovenija
5.	Champ Flow	bakar iz bakar- hidroksida	360 g/l (553,3 g/l)	Nufarm, Austrija
6.	Blauvit	bakar iz bakar- hidroksida	500 g/kg	Župa, Kruševac
7.	Blauvit ultra SC	bakar iz bakar- hidroksida	240 g/kg	Župa, Kruševac
8.	Funguran OH/Patrol	bakar iz bakar- hidroksida	500 g/kg	Cosaco GmbH, Nemačka
9.	Hidrocob 77	bakar iz bakar- hidroksida	500 g/kg	Ingenieria Industrial, Meksiko
10.	Vitra	bakar iz bakar- hidroksida	500 g/kg (777,8 g/kg)	IQV, S.A., Španija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

11.	Champ DP	bakar iz bakar- hidroksida	655 g/kg	Nufarm, Austrija
12.	Nordox 75 WG	bakar iz bakar-oksida	750 g/kg	Nordox , Norveška
13.	Cuprozin 35 WP	bakar iz bakar- oksihlorida	350 g/kg	Cosaco GmbH, Nemačka
14.	Neoram 37,5 WG	bakar iz bakar- oksihlorida	375 g/kg	Gowan Crop Protection, UK,
15.	Bakarni oksihlorid 50	bakar iz bakar- oksihlorida	500 g/kg	Galenika Fitofarmacija, Zemun
16.	Cuprocaffaro 50 WP	bakar iz bakar- oksihlorida	500 g/kg	Gowan Crop Protection, UK
17.	Ossiclor 35 WG	bakar iz bakar- oksihlorida	588 g/kg	Manica SpA, Italija
18.	Bakarno ulje	bakar-hidroksid + mineralno parafinsko ulje	155+500 g/l	Chemical Agrosava, Beograd
19.	Zimotox	Bakar iz bakaroksihlorida + mineralno ulje	100+700 g/l	HI Zaštita bilja, Niš
20.	Cuproking	bakar iz bakar-sulfata trobaznog	360 g/l	Diachem, Italija
21.	Cuproxat	bakar iz bakar sulfata trobaznog	190 g/l	Nufarm, Austrija
22.	Bordovska čorba S 20 Župa	bakar iz Bordovske čorbe	200 g/kg	Župa, Kruševac
23.	Bordovska čorba 100 SC	bakar iz Bordovske čorbe	100 g/l	Galenika Fitofarmacija, Zemun
24.	Blue Bordo	bakar iz Bordovske čorbe	200 g/l	UPL Europe, Velika Britanija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

25.	Cuperval	bakar iz Bordovske čorbe	200 g/l	IQV S.A., Španija
26.	Fytosave	Cos-oga	12,5+1,8 g/l	Fitofend, Belgija
27.	Karbicare	kalijum hidrogen karbonat	850 g/kg	Agronaturalis Ltd, UK
28.	Vitisan	kalijum hidrogen karbonat	989,9 g/kg	Biofa GmbH, Deutschland
29.	Cosavet 80 DF	sumpor	800 g/kg	Sulfur Mills, India
30.	Flosul	sumpor	800 g/kg	Sulfur Mills, India
31.	Kossan WG	sumpor	800 g/kg	Albaugh, Slovenija
32.	Kumulus DF	sumpor	800 g/kg	BASF SE, Nemačka
33.	Microthiol special dispers	sumpor	800 g/kg	UPL, Europe, Velika Britanija
34.	Thiovit jet 80 WG	sumpor	800 g/kg	Syngenta Crop Protection, Švajcarska
35.	Wetsul	sumpor	800 g/kg	Azufrera y Fertilizantes Pallares, Španija
LIMACIDI				
36.	Pužomor pelete Fe	gvožđe fosfat $\text{FePO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ (sinonim)	10 g/kg	Chemical Agrosava, Beograd
37.	Pužomor FE	gvožđe fosfat		Agrosava d.o.o., Beograd
38.	Sluxx HP	gvožđe fosfat		W. Neudorff GmbH, Nemačka
INSEKTICIDI				
39.	Galmin 800	parafinsko ulje	780 g/l	Galenika Fitofarmacija
40.	Letol EC	parafinsko ulje	790 g/l	Chemical Agrosava, Beograd

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

41.	Herbos belo ulje EW	parafinsko ulje	800 g/kg	Iskra, Hrvatska
42.	Nitropol S	parafinsko ulje	855 g/l	Nitrofarm, Grčka
43.	Galmin	parafinsko ulje	940 g/l	Galenika Fitofarmacija, Zemun
44.	Ovitex	parafinsko ulje	817 g/l	Certix Belchim BV, Holandija
45.	Ozoneem trishul 1% EC	azadirahatin	10 g/l	Ozone Biotech, India
46.	Nimbecidine 0,03% EC	azadirahatin	0,3 g/l	T. Stanes and Company Limited, India
47.	Laser 240 SC/Spintor 240 SC	spinosad	240 g/l	Corteva Agriscience International Sarl, Switzerland
48.	Laser super	spinosad	480 g/l	Corteva Agriscience International Sarl, Switzerland
49.	Larissa	spinosad	240 g/l	Hebei Veyong Bio-Chemical Co., Ltd.,
DEZINFEKTANTI				
50.	Perfit	vodonik peroksid	25%	Monado Lab. d.o.o., Beograd
REGULATORI RASTA				
51.	Biox M	ulje mente	948 g/l	Xeda International, Francuska
52.	Vacciplant	laminarin	37 g/l	Laboratoires Goëmar SAS, Francuska

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Tabela 3.2. Biopesticidi sa dozvolom za primenu u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji u Republici Srbiji

Br.	Naziv sredstva za zaštitu bilja	BIOPESTICIDI Aktivna supstanca		Skraćeno poslovno ime
		Naziv	Sadržaj	Proizvođač
BIOFUNGICIDI – MIKROBIOLOŠKI				
1.	Ekstrasol F	<i>Bacillus subtilis</i> soj Č13	1×10 ⁸ CFU/cm ³	BioGenesis d.o.o., Beograd
2.	Bacillomix aurum B	<i>Bacillus subtilis</i> soj BS10	6×10 ¹⁰ CFU/cm ³	Amaks, Novi Sad
3.	Polyversum	<i>Pythium oligandrum</i> P	<i>Pythium oligandrum</i> 3% (1×10 ⁶ - 10 ⁷ oospora/g)	Biopreparaty Co. Ltd., Češka Republika
4.	Vintec	<i>Trichoderma atroviride</i> soj SC1	1×10 ¹³ CFU	BI-PA NV/SA, Belgija
5.	Erwix/Fuzarix	<i>Bacillus subtilis</i> soj Z3	15×10 ⁷ CFU/ml	Agrounik, Beograd
6.	Cerix/Rozalix	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (ranije <i>subtilis</i>) soj Z3		Agrounik d.o.o., Beograd
7.	Serifel	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> soj MBI 600		BASF Corporation, SAD
8.	Taegro	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> soj FZB 24	1×10 ¹⁰ CFU/g	Novozymex Biologicals Inc., SAD
BIOFUNGICIDI – BIOHEMIJSKI				
1.	Timorex gold	ulje čajnog drveta (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	222,5g/l	Stockton Israel, Izrael

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

BIOINSEKTICIDI – MIKROBIOLOŠKI

1.	Foray 48 B	<i>Bacillus thuringiensis</i> subspec. <i>Kurstaki</i>	10.600 <i>Anagastia kuhniella</i> IU/mg	Valent Biosciences, USA
2.	Lepinox plus	<i>Bacillus thuringiensis</i> subspec. <i>Kurstaki</i>	32.000 IU/mg	CBC, Italy
3.	Carpovirusine evo 2	<i>Cydia pomonella</i> granulovirus (CpGVR5) Virus granuloze jabukinog smotavca izolat CpGV-R5	909 g/l (1×10^{13} OB/1 okluzionih tela po litri)	Arysta LifeScience S.A.S., Francuska
4.	Madex twin	<i>Cydia pomonella</i> granulovirus (CpGVV22)	520 g/l (1×10^{13} OB/1 okluzionih tela po litri)	Andermatt Biocontrol AG, Switzerland

BIOINSEKTICIDI - BIOHEMIJSKI

1.	Pyrethrum EC	piretrin	50 g/l	PelGar International Ltd., Velika Britanija
2.	Ecotrin 5 SC	piretrin	50 g/l	Vioryl S.A., Grčka
3.	Flipper	masne kiseline C ₇ -C ₁₈ i nezasićene kalijumove soli	479,8 g/l	Alpha Biopesticides Ltd., UK

BIOAKARICIDI – MIKROBIOLOŠKI

1.	Naturalis biogard	<i>Beauveria bassiana</i> soj ATCC 74040	$2,3 \times 10^7$ spora/ml	Intrachem Bio S.p.A., Italija
----	-------------------	--	-------------------------------	-------------------------------

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Iako su u međuvremenu otkrivene mnoge aktivne supstance sa fungicidnim delovanjem, sredstva za zaštitu bilja na bazi bakra se i dalje široko koriste u organskoj i konvencionalnoj poljoprivredi, zbog svojih brojnih prednosti, ali pre svega zbog nedostatka alternative u organskoj poljoprivredi. Jedna od glavnih prednosti bakra je širok spektar delovanja u suzbijanju fitopatogenih gljiva iz klase Oomycetes, Askomycetes i Bazidiomycetes. Pored ovog, mehanizam delovanja koji minimizira rizik od razvoja otpornih sojeva patogena, relativno niska akutna toksičnost za kopnene kičmenjake i niski troškovi, prednosti su primene sredstava na bazi bakra. Pored ovog, dozvoljena je i primena bakra kao folijarnih đubriva, koja zajedno sa mikronutrijentima mogu da sadrže bakar u obliku soli bakra, oksida bakra, bakar hidroksida, bakarnog helata i bakarnog oksihlorida, bilo kao kompleks bakra ili kao mešavina komponenti (tj. đubrivo na bazi bakra i rastvor bakarnog đubriva) (Tamm et al., 2022).

Poslednjih decenija u Evropi je maksimalna dozvoljena količina bakra u zaštiti bilja sukcesivno ograničavana i trenutno je evropskim zakonodavstvom ograničena na maksimalnih 28 kg/ha u periodu od 7 godina (status 2021) (regulativa EU, 2018/1981). Konačni cilj je postepeno ukidanje primene bakra, s obzirom da se već nalazi na Listi kandidata za supstituciju u EU (Deo E Aneksa Uredbe 540/2011) i Švajcarskoj (Aktionsplan Pflanzenschutzmittel, vvv.blv.admin.ch).

Kada je reč o organskoj poljoprivredi, proizvodi za zaštitu bilja i đubriva na bazi bakra dozvoljeni su jedino u skladu sa Uredbom Evropske komisije za sprovođenje (EC) br. 2021/1165, iako države članice mogu dodatno ograničiti količinu ili odobriti samo posebne upotrebe. Primera radi, u pet od 27 zemalja članica EU (Danska, Švedska, Finska, Holandija i Estonija), bakar nije registrovan kao sredstvo za zaštitu bilja u organskoj proizvodnji. Štaviše, u velikom broju zemalja, organizacije poljoprivrednika samoograničavaju upotrebu bakra i mimo zakonskih zahteva. Međutim, klimatske promene i invazivni patogeni će povećati rizik od gubitka useva zbog postojećih i novih bolesti, te za mnoge od njih bakar i dalje predstavlja efikasno i pristupačno rešenje, a s obzirom na veliku količinu bakra koju je potrebno zameniti, proizvodnja alternativnih sredstava za zaštitu bilja je od ključnog značaja.

Potencijalni izvori bioaktivnih jedinjenja

Odnedavno su obnovljivi izvori prirodnih jedinjenja sa pesticidnim svojstvima prepoznati kao obećavajuća alternativa za prevazilaženje ograničenja resursa u proizvodnji biopesticida (Šunjka and Mechora,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

2022). Organski čvrsti otpad se smatra korisnim resursom za stvaranje proizvoda sa dodatnom vrednošću.

U kontekstu održivog korišćenja otpada i biomase, tehnologija pirolize je predmet intenzivnog istraživanja. Iako sama tehnologija nije nova - počeci korišćenja proizvoda pirolize datiraju još iz srednjeg paleolita (Tiilikkala et al., 2010) - ona se razvija u dve osnovne forme: sporu i brzu pirolizu, koje rezultiraju u tečnim (bio-ulje), čvrstim (bio-ugalj) i gasovitim (sintetički gas) proizvodima. Međutim, nedostaju naučni dokazi koji bi potvrdili efikasnost i toksikološku bezbednost ovih proizvoda. U tom smislu, poljoprivredni i šumski otpad predstavljaju značajan potencijal za proizvodnju pesticidnih jedinjenja putem termohemijske obrade.

Bio-ulje dobijeno pirolizom lignina na 450°C i 550°C pokazuje insekticidno, fungicidno i baktericidno dejstvo (Hossain et al., 2015), dok drvo breze pirolizovano na 380°C, u obliku ulja pomešanog sa vazelinom, pokazuje snažan repelentni efekat na mekušce (Lindqvist et al., 2010), što ovu metodu čini efikasnom, jeftinom i jednostavnom za kontrolu štetnih puževa. Takođe, potvrđena je pesticidna aktivnost tečnosti dobijenih iz spore pirolize (piroligena kiselina) i produkata hidrotermalne karbonizacije (HTC) (Tiilikkala et al., 2010; Hagner et al., 2015; Hossain et al., 2015). Ipak, razvoj novih tehnologija za biološku kontrolu štetnih organizama suočava se sa brojnim izazovima i preprekama na putu ka komercijalizaciji. Karakterizacija tečnosti dobijenih pirolizom pokazala je da su policiklični aromatični ugljovodonici (PAH) ključni izvori pesticidne aktivnosti (Hagner et al., 2015; Hossain et al., 2015). Međutim, PAH-ovi predstavljaju značajne zagađivače sa toksičnim, mutagenim i kancerogenim efektima na različite organizme, što ograničava njihovu upotrebu. Smanjenje temperature pirolize ispod 300°C može smanjiti prisustvo PAH-a i katrana, što otvara mogućnosti za razvoj i primenu ove tehnologije (Fagernäs et al., 2015).

Proučavanje pesticidnog delovanja tečnosti dobijenih pirolizom borove kore, pšenične slame i vrbe na temperaturama od 280°C i 260°C pokazalo je različitu efikasnost. Tečnost iz pirolize vrbe pokazala je visoku efikasnost protiv *Arianta arbustorum* (L.) (repelentno dejstvo), *Brassica rapa* (L.) (herbicidno dejstvo) i *Rhopalosiphum padi* (L.) (insekticidno dejstvo) (Hagner et al., 2020). Nasuprot tome, tečnosti dobijene iz pšenične slame, borove kore i drugih šumskih ostataka pokazale su nešto nižu efikasnost. Pesticidna aktivnost tečnosti bez PAH-ova proizvedenih pirolizom potiče od jednostavnih organskih isparljivih jedinjenja i brojnih fenolnih jedinjenja. Visoka pesticidna aktivnost tečnosti iz vrbe može se pripisati visokim nivoima sirćetne i drugih karboksilnih kiselina, kao i prisustvu različitih fenolnih jedinjenja. Stoga, iako tečnosti dobijene

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

pirolizom imaju potencijal kao biopesticidi, postoji potreba za optimizacijom tehnologije proizvodnje.

Oslobađanje velikih količina bioorganskog otpada iz prehrambene industrije, živinaraštva i ribarstva (Poopathi et al., 2016) predstavlja priliku za proizvodnju biopesticida, bilo kao medijuma ili izvora bioaktivnih jedinjenja. Sekundarni metaboliti biljaka su važan izvor bioaktivnih jedinjenja, a već je potvrđena biološka aktivnost fenolnih i polifenolnih jedinjenja u otpadnim vodama, nastalim preradom maslina, za suzbijanje štetnih insekata. Insekticidna aktivnost ovih jedinjenja pripisuje se prisustvu polifenola oleuropeina (Lo Scalzo et al., 1994; Barbouche et al., 1996; Hemming et al., 2000; Golawska et al., 2008; Ouguas et al., 2010), koji pokazuje snažna bioaktivna svojstva kao insekticid i regulator rasta i može biti efikasan u suzbijanju mediteranske voćne muve *Ceratitis capitata* (Viedemann) (Di Ilio and Cristofaro, 2021).

Nusproizvodi iz prerade grožđa su značajan izvor bioaktivnih jedinjenja. U proizvodnji vina, najmanje 20% mase grožđa se odbacuje kao nusproizvod (Beres et al., 2017). Komina od grožđa se koristi za proizvodnju alkoholnih pića i likera, kao đubrivo, stočna hrana ili materijal za kompostiranje. Prisustvo bioaktivnih jedinjenja, kao što je resveratrol, ukazuje na vrednost komine grožđa kao resursa za biopesticide (Ferri et al., 2020). Resveratrol, koji inhibira rast bakterija, gljiva i virusa, je intenzivno proučavan (Campagna and Rivas, 2010; Abba et al., 2015) i nedavno je dokazano da je efikasan protiv *Botrytis cinerea* (Pers.), gde inhibira rast micelija i klijanje konidija (Adrian and Jeandet, 2012; Xu et al., 2018).

Glavni izazov u proizvodnji mikrobioloških biopesticida je upotreba skupih komercijalnih medijuma. Ako bi se za proizvodnju mikrobioloških biopesticida koristio čvrsti biorazgradivi otpad umesto komercijalnih medijuma, troškovi bi se znatno smanjili i istovremeno rešio problem velike proizvodnje otpada (Balasubramanian and Tyagi, 2017).

U tu svrhu intenzivno se ispituje potencijal biorazgradivog otpada iz poljoprivrede, industrije i domaćinstava za proizvodnju biopesticida fermentacijom u čvrstom stanju. Na laboratorijskom nivou, biootpad (organska frakcija čvrstog komunalnog otpada) pokazao je da je dobar supstrat za rast *B. thuringiensis* u nesterilnim uslovima, dok je kokošje perje pogodan medijum za proizvodnju entomopatogenih bakterija (*Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti) i *Bacillus sphaericus* (Meier i Neide) (Bs)) (Poopathi et al., 2016).

Takođe, i kuhinjski otpad može biti alternativa konvencionalnim medijumima. Istraživanja su pokazala da je kuhinjski otpad u kombinaciji sa pšeničnim mekinjama i sojinim kolačima pogodan za rast *B.*

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

thuringiensis (Zhang et al., 2013; Zhang et al., 2015), koji je najčešće korišćen mikroorganizam u proizvodnji biopesticida širom sveta.

Agensi za biokontrolu štetnih organizama na bazi gljiva, kao što su rodovi *Beauveria* i *Trichoderma*, takođe nude obećavajuće alternative tradicionalnim hemijskim pesticidima. Optimizacija procesa fermentacije mogla bi omogućiti korišćenje pirinčane ljuske kao medijuma za proizvodnju gljiva sa potencijalnom pesticidnom aktivnošću (Sala et al., 2020).

Sojevi gljive *Talaromices flavus* izolovani su iz jagode (*Fragaria* spp.) radi provere njihovog inhibitornog dejstva na antraknozu izazvanu gljivama *Glomerella cingulata* i *Colletotrichum acutatum*. Snažna supresija bolesti kod biljaka prethodno tretiranih suspenzijom sojeva zabeležena je za svih 13 korišćenih sojeva, pri čemu je soj SAI-I-94-01, koji je pokazao najveći inhibitorni efekat, ekvivalentan hemijskom fungicidu propinebu. Pored ovog, utvrđena je bioaktivnost ekstrakta biljke *Clitoria ternatea* na vrste iz roda *Helicoverpa*. Čak je razvijen preparat na bazi *C. ternatea* koji je efikasan u suzbijanju *Helicoverpa* spp. i trenutno se nalazi u fazi komercijalizacije. Produkti gljive *Trichoderma harzianum* efikasno deluju na gljive *Fusarium* spp., prouzrokovaoče truleži korena. Ispitivana je efikasnost novih bioloških supstanci, pri čemu su preparati na bazi pomenute gljive, primenjeni preko zemljišta ispoljili visoku efikasnost u suzbijanju prouzrokovaoča fuzariozne truleži korena. Produkti fermentacije bakterije *Lactobacillus casei* soja LPT-111, održavaju supresiju pegavosti lista, uzrokovanu *Xsanthomonas fragariae*. Stilbeni izolovani iz ekstrakta vinove loze nisu ispoljili značajan antifeeding efekat ili akutnu toksičnost, ali su izazvali hroničnu smrtnost populacije larvi važne štetočine, *Spodoptera littoralis* (Damalas and Koutroubas, 2018).

Pored ovog, bioaktivna jedinjenja sa antimikrobnim dejstvom iz mikroalgi nedavno su prepoznata kao potencijalni izvor biopesticida i biođubriva (Ranglová et al., 2021), pri čemu otpadne vode mogu služiti kao medijum za uzgoj algi (Kumar et al., 2021).

U vinogradarstvu, primena hitozana poslednjih decenija je napravila značajan napredak u pravcu većeg sadržaja korisnih metabolita u bobicama grožđa, kao i upravljanja stresom. Nedavna istraživanja su otvorila mogućnosti primene hitozana u kontroli patogena vinove loze. Hitozan je biopolimer, deacetilovani derivat hitina, drugog najrasprostranjenijeg polisaharida u prirodi nakon celuloze, koji na različite načine povoljno utiče na poljoprivredne kulture (ublažavanje biotičkog/abiotičkog stresa, biođubrivo, biostimulans) (Singh et al., 2022). Njegova biološka aktivnost, netoksičnost, biodegradabilnost i biokompatibilnost, čini ga pogodnim za upotrebu kao sredstvo za biološku zaštitu biljaka (Hassan and Chang, 2017). Laboratorijskim ispitivanjima

utvrđena je inhibitorna aktivnost hitozana na rast micelije *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* i *Rhizopus stolonifer* (El Ghaouth et al., 1992).

Napredak u formulacijama biopesticida

Biopesticidi se smatraju moćnim sredstvom za razvoj racionalnije strategije upotrebe pesticida, što bi trebalo da dovede do poboljšanja ravnoteže između troškova proizvodnje, primene i efikasnosti. Međutim, da bi se osigurala njihova uspešna primena, efikasnost i veća stabilnost formulacije, neophodna su poboljšanja (Šunjka and Mechora, 2022).

Upravo odgovarajuća formulacija biopreparata treba da obezbedi stabilnost organizma, odnosno jedinjenja, tokom proizvodnje, distribucije, skladištenja, rukovanja i primene preparata, da zaštiti biološki agens od uticaja spoljašnje sredine, kao i da omogući veću aktivnost organizma tokom njegove reprodukcije, kontakta ili interakcije sa ciljnim organizmima. Sve navedeno je moguće postići primenom odgovarajućih nepesticidnih jedinjenja (Šunjka and Vuković, 2021).

Veoma zastupljene formulacije biopesticida u vidu koncentrovane suspenzije su stabilne suspenzije čvrstih čestica u tečnosti koja je uglavnom namenjena za razblaživanje vodom pre primene, a aktivni sastojak u ovim formulacijama je čvrsta supstanca koja se ne rastvara ni u vodi ni u ulju. Da bi se obezbedila odgovarajuća efikasnost postoje zahtevi za veličinom čestica. Ako su čestice prethodno samlevene do potrebne veličine, lako se raspršuju u tečnoj fazi. Kao kvašljivi praškovi, i koncentrovane suspenzije se raspršuju na sorptivnu površinu gde čestice ostaju na površini supstrata i lako su dostupne ciljnom organizmu.

Međutim, formulacije biopesticida i dalje predstavljaju izazov, s obzirom na to da moraju ispuniti niz zahteva, kao što su zadovoljavajuća efikasnost, ekološka prihvatljivost, postojanost nakon nanošenja i ravnomerna distribucija po celom tretiranom objektu. Odgovarajuća formulacija može doprineti stabilnosti sredstva za zaštitu bilja i povećati ili proširiti aktivnost uz smanjenje uticaja spoljašnjih faktora (Wilson et al., 2020). Činjenica da inertni sastojci pojačavaju aktivnost biopesticida otvorila je nove mogućnosti za dalji razvoj u ovoj oblasti.

Među novijim tehnologijama za proizvodnju biopesticida na bazi mikroorganizama izdvaja se tehnologija biokapsulacije. Ova napredna tehnologija omogućava poboljšanje stabilnosti bioaktivnog jedinjenja/organizma i mogućnost kontrolisanog otpuštanja. Inkapsulacija podrazumeva aktivnu supstancu koja je zatvorena unutar polimera, a veličina kapsule, koja obezbeđuje kontrolisano oslobađanje aktivnog sastojka nakon primene sredstava za zaštitu bilja, varira od 2 do

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

50 mm, odnosno 1-2 mm (do Nascimento Jr et al., 2021). Za inkapsulaciju mikroorganizama koriste se različiti materijali, uključujući prirodne i sintetičke polimere kao što su agar i agaroz, škrob, kukuruzni sirup, poliakrilamid i poliuretani (Saberri Riseh et al., 2021). Inkapsulacija mikroorganizama u mikrokapsule značajno povećava njihovo preživljavanje i istovremeno obezbeđuje kontrolisano oslobađanje tokom vegetacije (Wilson et al., 2020). Kapsula ne erodira tokom procesa oslobađanja, a pore se ponovo zatvaraju kada je kapsula izložena osmotskom stresu/dehidraciji.

Trendovi inkapsulacije u poljoprivredi usmereni su na pripremu formulacija mikročestica koje uključuju biološka i hemijska sredstva za agroekološku poljoprivredu i proizvodnju hrane. Ovi sistemi su generalno zasnovani na formiranju kapsula od materijala kao što su biopolimeri, aditivi, surfaktanti, ulja, i to primenom metoda kao što su emulzifikacija, koacervacija, sušenje raspršivanjem, geliranje, termalno jonsko geliranje, precipitacija i oblaganje. Inkapsulacijom etarskog ulja karanfilića u procesu emulzifikacije, u cilju poboljšanja bioefikasnosti aktivnog sastojka, pokazalo je značajno poboljšanje kroz produženu efikasnost do 14 dana protiv *Phthorimaea operculella*, u poređenju sa nekapsuliranim čistim uljem gde je bioaktivnost izgubljena prvog dana nakon primene. Inkapsulacija je izvršena emulzibilnim koncentratom korišćenjem zeolita zbog njegove sposobnosti da kontroliše otpuštanje i adsorpciju niskih koncentracija isparljivih organskih jedinjenja.

Mikrobiološki biopesticidi, na bazi konidija gljiva, ne smeju sporulisati do trenutka primene, što zahteva da konidije budu inkapsulirane u uljnoj fazi emulzije. Naime, površina većine konidija je hidrofobna, što dovodi do njihove disperzije u uljnoj fazi. Zbog toga, inkapsulacija konidija u emulzionim sistemima ulje/voda može značajno doprineti razvoju novih formulacija biopesticida.

Kapacitet zaštite od UV zračenja entomopatogene gljive *Metarhizium brunneum* istražen je inkapsulacijom u U/V emulziji. Emulzije koje su uspešno inkapsulirale pojedinačne ćelije pokazale su prosečan prečnik kapi blizu veličine ćelija konidija (4,5–8,0 μm). Takođe, inkapsulacija je poboljšala klijanje konidija, pri čemu je stopa klijanja konidija u preparatu izloženih UV zračenju (sunčevoj svetlosti) bila veća (90,50 \pm 3,50%) u poređenju sa konidijama u kontrolnoj grupi, koje nisu klijale pod UV zračenjem. Ovo je posebno važno za primenu biopesticida u poljskim uslovima, gde UV zračenje (290–400 nm) može značajno smanjiti biološku aktivnost, jer su konidije entomopatogenih gljiva i spore bakterija osetljive na UV zračenje, što negativno utiče na njihovu klijavost i održivost prirodnih preparata.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Pored toga, razvijeni su i sistemi za inkapsulaciju biopesticida koristeći tehnologiju superkritičnih tečnosti. Najveća prednost ovih metoda u odnosu na konvencionalne procese je u smanjenju upotrebe toksičnih organskih rastvarača. Na ovaj način inkapsulirani granulovirus *Cydia pomonella* (CpGV), koji se koristi za suzbijanje jabučnog smotavca (*Cydia pomonella* L.), ispoljio je visoku virulenatnost u poređenju sa komercijalnim preparatom.

Upotreba hidrogela predstavlja još jedan način za osiguranje stabilnosti bioaktivnih jedinjenja i organizama u formulisanim preparatima. Hidrogel je vrsta polimernih materijala koji, zahvaljujući svojoj hidrofilnoj strukturi, može zadržati velike količine vode u svojim trodimenzionalnim mrežama, dok istovremeno pokazuje otpornost na rastvaranje zbog unakrsnih veza između lanaca u mreži. Hidrogelovi se razlikuju prema metodama pripreme i klasifikuju se kao homopolimeri, kopolimeri i interpenetrirajući polimeri (IPN). Ovi materijali odlikuju se visokim kapacitetom apsorpcije, fotostabilnošću, biorazgrađivošću, kao i izuzetnom izdržljivošću i stabilnošću.

U sektoru poljoprivrede, hidrogelski sistemi se razvijaju kako bi se povećao prinos useva kroz kontrolisano snabdevanje vodom, mikroelementima i đubrivima, a u poslednje vreme i za formulaciju biopesticida. Primena *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* (Bti) u obliku hidrogel formulacije pokazala je poboljšanje kapaciteta apsorpcije bez promene u strukturi, čak i nakon sedam meseci potapanja u vodi, što ukazuje na stabilnost hidrogela. Poznati bioinsekticid azadirachtin je inkapsuliran u alginatne granule uz prisustvo bioapsorbenata kao što su lignin, huminska kiselina i komina masline. Prisutnost bioapsorbenata smanjuje brzinu oslobađanja metabolita i poboljšava stabilnost na fotodegradaciju, što se pokazalo kao ključan faktor za povećanje bioefikasnosti aktivnog sastojka zahvaljujući UV zaštiti.

Nanotehnologija, relativno nova oblast u poljoprivredi i prehrambenoj industriji, omogućava razvoj formulacija sa kontrolisanim oslobađanjem, kao što su nanoemulzije, nanosuspenzije i nanokapsule. Nanoemulzije nude superiorna fizičko- hemijska svojstva u odnosu na druge koloidne sisteme zbog svoje male veličine kapljica, u rasponu od 10–500 nm, i niske polidisperznosti.

Ove formulacije pružaju prednosti poput bolje fizičke stabilnosti protiv sedimentacije, flokulacije i Ostwaldovog zrenja, poboljšane biorasploživosti zbog visokog odnosa površina/zapremina, smanjenje

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

potrebnih količina emulgatora i poboljšane stabilnosti (Lowry et al., 2019).

Nanotehnologija može značajno unaprediti brzinu rastvaranja, rastvorljivost u vodi i uniformnost disperzije biopreparata, čime se povećava bioefikasnost prirodnih preparata. Pored toga, primena nanotehnologije u zaštiti bilja može prevazići ograničenja tradicionalnih biopesticida u pogledu proizvodnje, troškova, performansi i funkcionalnosti (de Oliveira, 2021). Nanomaterijali se, zbog svojih jedinstvenih svojstava, smatraju pogodnim nosačima koji doprinose stabilnosti, izdržljivosti u životnoj sredini i toksičnosti prema ciljanim organizmima, dok istovremeno smanjuju neželjene efekte i fitotoksičnost (Ali et al., 2021). Pesticidi na bazi nanotehnologije, posebno biosintetizovani materijali, igraju ključnu ulogu u održivom razvoju zbog kontrolisanog oslobađanja aktivnih sastojaka (Manchikanti, 2019), što osigurava dugotrajnu efikasnost i mogućnost rešavanja problema akumulacije ostataka pesticida.

Uprkos velikom potencijalu i dobro poznatoj pesticidnoj aktivnosti botaničkih pesticida, dostupno je samo nekoliko biopesticida na bazi etarskih ulja (Jadhav and Nagarkar, 2022). Glavni ograničavajući faktor komercijalizacije ovih biopesticida kao sredstava za zaštitu bilja je njihova visoka isparljivost, što ograničava primenu sa relativno kratkom aktivnošću u poljskim uslovima i zahteva ponavljanje aplikacije. Jedan od mogućih načina za prevazilaženje ovih ograničenja je primena nanotehnologije koja omogućava da aktivna supstanca, odnosno etarsko ulje, bude "zatvoreno" u nanočestice ili nanoemulzije, kako bi se obezbedila stabilnost i disperzibilnost u vodi (Werdin González et al., 2014).

Takođe, faktori životne sredine poput toplote, svetlosti i UV zračenja mogu negativno uticati na efikasnost biopreparata, što može rezultirati izostankom efikasnosti i smanjenjem prinosa i često čak uništavanjem useva.

Nanokapsulacija je tehnologija koja omogućava "pakovanje" nanočestica, čime se poboljšava biodostupnost, omogućava kontrolisano oslobađanje i omogućava precizniju orijentaciju bioaktivnih jedinjenja u poređenju sa mikrokapsulacijom. Formulacije za nanokapsulaciju mogu se razviti upotrebom nanosfera i nanokapsula. Nanosfere su sistemi u kojima je aktivni sastojak ravnomerno dispergovan, dok nanokapsule predstavljaju vezikularne sisteme u kojima je aktivno jedinjenje zatvoreno u šupljini koju okružuje polimerni omotač.

Međutim, za postizanje održive nanotehnologije neophodna je naučno zasnovana procena rizika za životnu sredinu, budući da proizvodnja

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

nanočestica može uključivati upotrebu materijala koji potencijalno mogu imati negativne efekte na životnu sredinu. Zabrinutost u vezi sa bezbednošću nanomaterijala i njihovim uticajem na životnu sredinu proizašla je iz nekoliko toksikoloških studija (Sekhon, 2014). Iako mikro/nanoemulzije nude prednosti kao stabilni sistemi sa mogućnošću ravnomernog širenja po biljnoj površini, što poboljšava bioaktivnost, takođe može doći do povećane fitotoksičnosti (López et al., 2021). Stoga su poslednjih godina istraživanja usmerena ka ekološki prihvatljivoj i održivoj, “zelenoj” sintezi, sa ciljem podrške rastućoj upotrebi nanočestica u različitim industrijama. Zelena sinteza, deo bioinspirisanih pristupa, nudi pouzdane i održive metode za biosintezu nanočestica koristeći širok spektar mikroorganizama umesto trenutnih sintetičkih procesa (Bahrulolum et al., 2021).

Dobar primer je formulacija nanoemulzija na bazi komercijalnih etarskih ulja primenom polioksietilen-sorbitan-mono-oleata i vode (Palermo et al., 2021). Nano-formulacije zasnovane na etarskim uljima, uz dodatak destilovane vode, agaroze i natrijum-poliakrilata, pokazale su optimalne fizičke karakteristike i insekticidno delovanje na *Tribolium confusum*. Pored ovog, mikronanotehnologija zasnovana na razvoju nanočestica koje kao aktivne komponente koriste gljive, bakterije, kvasce, aktinomicete, kao i delove biljaka, predstavljaju “zeleniju” alternativu hemijski sintetizovanim nanočesticama.

Nauka na ovom polju gotovo svakodnevno napreduje i doprinosi iznalaženju novih rešenja za prevazilaženje raznih izazova. Jedan od glavnih ograničavajućih faktora primene biopesticida, UV osetljivost, je u formulaciji biopesticida na bazi bakulovirusa kao aktivnog sastojka, prevaziđen primenom titanijum-dioksida kao UV apsorbenta. Osetljiva virusna DNK je zaštićena voštanom kapsulom, koja se u alkalnim uslovima sredine u crevima insekata rastvara da bi oslobodila virus. Štaviše, ovo produžava efikasnost i stabilnost biopesticida bez neželjenih, fitotoksičnih efekata na useve (Wilson et al., 2020). Poboljšanja u formulaciji biopesticida na bazi *Bacillus thuringiensis* korišćenjem otpadnih voda industrije koja proizvodi škrob, mogla bi se uspešno sprovesti dodatkom medijuma soje (Ndao et al., 2020).

U budućnosti se može očekivati da će povećani broj formulacija sa kontrolisanim oslobađanjem (otpuštanjem) optimizovati svoje biološke efekte, a takođe će i nove vrste formulacija, kao što su nanoemulzija, nanosuspenzija, suspenzija nano kapsula, itd., proizaći iz novonastale nanotehnologije (Glare et al., 2012). Do sada je postignut značajan napredak u razvoju formulacija i metoda primene, ali neophodna su i dalja istraživanja u vezi sa primenom biopesticida u zaštiti bilja.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Formulisanje biopesticida su procesi koji moraju garantovati razvoj preparata za komercijalnu upotrebu i koji su potencijalno tržišni. Dobar primer su ispitivanja preparata na bazi entomopatogene gljive *Metarhizium anisopliae* var. *acridu* protiv *Locusta migratoria manilensis*. Primena preparata je izvedena tretiranjem zemljišta i folijarno u koncentraciji $3,3 \times 10^{12}$ konidija/ha, pri čemu je suzbijeno više od 90% jedinki *L. migratoria manilensis* između 11 i 15 dana nakon tretmana. Štaviše, u jednoj studiji u severnom Nigeru, procenjena je grabljivost ptica na populaciju skakavaca koja je tretirana preparatom na bazi *Metarhizium acridum*, sa 107 g konidija/ha. Kod skakavca je smrtnost nastupila pet dana nakon primene, a biopesticid je dostigao svoj maksimalni efekat nedelju do dve nakon tretiranja. Predatorstvo ptica se značajno povećalo, istovremeno sa smanjenjem populacije skakavaca. Važno je istaći i da nisu primećeni nikakvi direktni ili indirektni neželjeni efekti na neciljane organizme, uključujući predatore skakavaca kao što su mravi i ptice. Treba napomenuti da Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih nacija (FAO), smatra biopesticide na bazi *M. acridum* najpovoljnijim za kontrolu skakavaca (Jiang et al., 2019). Pored toga, pojedinačne formulacije i kombinacije *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* i *Bacillus thuringiensis* su primenjene u ogledima u zaštićenom prostoru, kao i u poljskim ogledima protiv lisnog minera paradajza (*Tuta absoluta* Meirick). Efikasnost kombinovanog tretmana je iznosila 95,3%.

Iako su mikrobiološki agensi kao što su *B. bassiana*, *M. anisopliae* i *B. thuringiensis* detaljno proučavani u kontekstu poboljšane bioaktivnosti i njihove primene protiv štetnih agenasa u različitim uslovima sredine, značajne su i poboljšane formulacije na bazi nematoda. Inkapsulacija *Steinernema carpocapsae* u kapsulama natrijum-alginata izvedena je sa ciljem kontrole *Agrotis ipsilon* Hufnagel. Važno je napomenuti da entomopatogene nematode, slično gljivama i bakterijama, i dalje predstavljaju izazove kao što su sklonost isušivanju i osetljivost na sunčevo UV zračenje, kao i nedostatak trajnih formulacija i odgovarajućih metoda primene. Ipak, inkapsulacija u natrijum-alginatu pokazuje poboljšanu infektivnost nematoda nakon šest meseci skladištenja, što ukazuje da su kapsule natrijum-alginata poboljšale stabilnost i efikasnost nematoda (Aynalem et al., 2022).

Rezultati analize formulacija biopesticida omogućili su integraciju različitih tehnika i pristupa usmerenih na unapređenje bioaktivnosti prirodnih preparata. Međutim, i dalje postoji stalna potreba za adekvatnim testiranjem integrisanih programa upravljanja štetnim organizmima, razvojem unapređenih formulacija i produženjem roka

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

trajanja preparata na bazi mikroorganizama, što naglašava potrebu za kontinuiranim istraživanjima. Stoga se, s obzirom na mogućnosti komercijalizacije i održivosti, predviđa značajan potencijal za rast u sektoru biopesticida.

Rizici primene biopesticida

Biopesticidi se karakterišu brзом degradacijom, što predstavlja ekotoksikološku prednost, ali i izazov u pogledu stabilnosti preparata u uslovima spoljašnje sredine. Istraživanja su pokazala da se biopesticidi mogu na tretiranim biljkama zadržavati različito, što naglašava potrebu za kontrolom ostataka (rezidua) kako bi se pratilo prisustvo i sudbina biopesticida u poljoprivrednim proizvodima, hrani i životnoj sredini. Od posebne važnosti je kontrola njihovog prisustva u hrani, budući da hrana predstavlja primarni put ulaska biopesticida u ljudski organizam.

Prema smernicama Evropske agencije za zaštitu životne sredine, za biopesticide ne mora da se određuje toleranca, odnosno maksimalno dozvoljene količine ostataka biopesticida i/ili njihovih metabolita. Ovo može biti predmet rasprave, jer se „malo ili nimalo štetnih ostataka“ može definisati kao relativan pojam – ako je biopesticid efikasan protiv nekog organizma, on po definiciji mora biti štetan za taj organizam, a potencijalno može biti i za druge, srodne ili slične organizme. S obzirom na to da je proučavanje ostataka biopesticida u hrani i životnoj sredini, s posebnim naglaskom na zemljište i vodu, još uvek u ranoj fazi, postoji značajna potreba za unapređenjem analitičkih tehnika za detekciju i kvantifikaciju u različitim matriksima.

Pored uticaja na kvalitet hrane i poljoprivrednih proizvoda, osim sa aspekta ostataka biopesticida, potrebno je voditi računa i o mogućim drugim uticajima. Primera radi, etarska ulja mogu biti fitotoksična kada se primenjuju u visokim koncentracijama. U poređenju sa konvencionalnim insekticidima, bioinsekticidi na bazi etarskih ulja su manje efikasni i stoga se moraju koristiti u relativno visokim koncentracijama. Međutim, registracija bioinsekticida uključuje i procenu njihovog fitotoksičnog delovanja na useve. I dok se očekuje da pesticidi na bazi etarskih ulja ostavljaju minimalne ostatke u poljoprivrednim proizvodima, potencijalni uticaj na organoleptički kvalitet zaštićenih proizvoda još uvek nije dovoljno istražen.

Kada je reč o ostacima biopesticida u životnoj sredini, vodenim ekosistemima i zemljištu, očekuje se da će se prisustvo biopesticida povećavati sa povećanjem njihove proizvodnje i primene.


Perspektive u zaštiti bilja u organskoj proizvodnji

Kako bi se povećala sigurnost i održivost poljoprivredne proizvodnje, pored implementacije različitih preventivnih mera, potrebno je i uvođenje alternativnih rešenja, uključujući biopesticide, te njihova intenzivnija upotreba u zaštiti bilja. Da bi se ovaj cilj ispunio, potrebno je intenzivirati razvoj biopesticida i prevazići njihove glavne nedostatke odabirom odgovarajućih aktivnih agenasa i poboljšanjem formulacija. To se pre svega odnosi na povećanje selektivnosti i dugovečnosti sredstva za zaštitu bilja, smanjenje efektivne doze i poboljšanje brzine delovanja. Kraći rok trajanja ne samo da smanjuje efikasnost biopesticida, nego i njihovu konkurentnost sa hemikalijama. I dalje relativno mali broj registrovanih biopesticida dostupnih na tržištu može se pripisati, pre svega, ograničenim resursima bioaktivnih jedinjenja i složenim procedurama registracije.

Iako biopesticidi mogu biti zasnovani na širokom spektru živih organizama i njihovih metaboličkih proizvoda, njihova specifična svojstva i aktivnosti u različitim ekosistemima mogu značajno varirati. Ova varijabilnost zahteva obimna naučna istraživanja kako bi se uspostavili uslovi za prelazak u fazu komercijalizacije i širu primenu ovakvih preparata (Damalas and Koutroubas, 2018).

Glavno ograničenje komercijalizacije biopesticida predstavlja stroga regulativa u vezi sa njihovim stavljanjem na tržište. Dugotrajni i kompleksni postupci, često sa nedovoljno preciziranim ili neprilagođenim principima, predstavljaju značajnu prepreku za razvoj industrije bioloških preparata za zaštitu bilja. Takođe, nedostatak jasne razlike između živih organizama i bioaktivnih jedinjenja često predstavlja jedan od glavnih izazova u procesu registracije biopesticida. U svetlu navedenih razloga, ključno je pronaći optimalno rešenje koje će pojednostaviti procedure i omogućiti razvoj novih biopesticida. Takođe, važno je omogućiti plasman sredstava za zaštitu bilja na tržište po konkurentnim cenama prihvatljivim za poljoprivredne proizvođače, što bi doprinelo povećanju njihove primene (Glare et al., 2012). Pronalaženje alternativnih izvora pesticidnih jedinjenja predstavlja jedan od najvećih izazova u oblasti zaštite bilja. U cilju prevazilaženja ograničenja u resursima i smanjenja zagađenja životne sredine, obnovljivi izvori imaju ključnu ulogu.

Fokus na istraživanje novih bioaktivnih jedinjenja sa naglaskom na obnovljive izvore postaje imperativ za modernu zaštitu bilja. Ipak, većina istraživanja u oblasti biokontrole dala je samo empirijske rezultate na laboratorijskom nivou.



Kako bi se povećala sigurnost i održivost poljoprivredne proizvodnje, pored implementacije različitih preventivnih mera, potrebno je i uvođenje alternativnih rešenja, uključujući biopesticide.
(foto: Močević)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Mnoge od ovih studija neće biti proširene na stvarne uslove životne sredine, pretežno zbog potreba za kontinuiranim, lako dostupnim izvorima bioaktivnih komponenti i odgovarajućim formulacijama za komercijalizaciju biopesticida. Formulacija biopesticida predstavlja dodatni ključni izazov. Proizvodnja biopesticida je skuplja i često tehnički složenija u odnosu na hemijske pesticide. Unapređenje i razvoj formulacija biopesticida mogu poboljšati ravnotežu između efikasnosti, troškova proizvodnje i primene (Khater, 2012), što će potencijalno povećati njihovu upotrebu u budućnosti. Iako je postignut značajan napredak u razvoju formulacija i metoda primene, potrebna su dalja istraživanja o upotrebi biopesticida u zaštiti bilja. Posebno je važno usmeriti se na potrebu za pravnim okvirom koji će regulisati upotrebu nanomaterijala u prehrambenoj industriji.

Navedene prepreke značajno utiču na plasman biopesticida na tržište. Ipak, istraživanja usmerena na proizvodnju, formulaciju i primenu biopesticida mogu značajno doprineti njihovoj komercijalizaciji i širenju upotrebe. Buduća istraživanja trebaju se fokusirati na unapređenje tehnika i multidisciplinarnih pristupa kako bi se obezbedili preparati za zaštitu bilja koji su pouzdani, bezbedni, efikasni i ekonomski pristupačni. Identifikacija prirodnih izvora pesticida stoga predstavlja prioritet i podstiče ulaganja u organsku poljoprivredu.

Literatura

- Abba, Y., Hassim, H., Hamzah, H., Noordin, M.M. 2015. Antiviral activity of resveratrol against human and animal viruses. *Adv. Virol.*, 184241.
- Adrian, M. and Jeandet, P. 2012. Effects of resveratrol on the ultrastructure of *Botrytis cinerea* conidia and biological significance in plant/pathogen interactions. *Fitoterapia*, 83, 1345–1350.
- Ali, S.S., Al-Tohamy, R., Koutra, E., Moawad, M.S., Kornaros, M., Mustafa, A.M., Mahmoud, Y.A., Badr, A., Osman, M.E.H., Elsamahy, T., et al. 2021. Nanobiotechnological advancements in agriculture and food industry: Applications, nanotoxicity, and future perspectives. *Sci. Total Environ.*, 792, 148359.
- Aynalem, B., Muleta, D., Jida, M., Shemekite, F., Aseffa, F. 2022. Biocontrol competence of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Bacillus thuringiensis* against tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick 1917 under greenhouse and field conditions. *Heliyon*, 8, 6.
- Bahrulolum, H., Nooraei, S., Javanshir, N., Tarrahimofrad, H., Mirbagheri, V.S., Easton, A.J., Ahmadian, G. 2021. Green synthesis of metal nanoparticles using microorganisms and their application in the agrifood sector. *J. Nanobiotechnol.*, 19, 86.
- Balasubramanian, S. and Tyagi, R.D. 2017. 3–Biopesticide Production From Solid Wastes. In Tyagi, Ashok Pandey, Current Developments in Biotechnology and Bioengineering; Jonathan, W.C., Wong, R.D., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands,; pp. 43–58.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Barka, E.A., Lahlali, R., Mauch-Mani, B. 2022. Editorial: Elicitors, secret agents at the service of the plant kingdom. *Front. Plant Sci.*, 13, 1060483.
- Campagna, M. and Rivas, C. 2010. Antiviral activity of resveratrol. *Biochem. Soc. Trans.*, 38, 50–53.
- Damalas, C.A. and Koutroubas, S.D. 2018. Current Status and Recent Developments in Biopesticide Use. *Agriculture*, 8, 13.
- de Oliveira, J.L. 2021. 1-Nano-biopesticides: Present concepts and future perspectives in integrated pest management. In *Advances in Nano-Fertilizers and Nano-Pesticides in Agriculture*; Woodhead Publishing Series in Food Science. Technology and Nutrition: Sawston, UK, pp. 1–27.
- Di Ilio, V. and Cristofaro, M. 2021. Polyphenolic extracts from the olive mill wastewater as a source of biopesticides and their effects on the life cycle of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Int. J. Trop. Insect. Sci.*, 41, 359–366.
- do Nascimento Junior, D.R., Taberner, A., Cabral Albuquerque, E.C.d.M., Vieira de Melo, S.A.B. 2021. Biopesticide encapsulation using supercritical CO₂: A comprehensive review and potential applications. *Molecules*, 26, 4003.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J., Benhamou, N., Asselin, A., Bélanger, R. 1994. Suppression of *Pythium aphanidermatum* and induction of defense reactions. *pathology*, 84, 313–320.
- Fagernäs, L., Kuoppala, E., Arpiainen, V. 2015. Composition, utilization and economic assessment of torrefaction condensates. *Energy Fuels*, 29, 3134–3142.
- Ferri, M., Vannini, M., Ehrnell, M., Eliasson, L., Xanthakis, E., Monari, S., Sisti, L., Marchese, P., Celli, A., Tassoni, A. 2020. From winery waste to bioactive compounds and new polymeric biocomposites: A contribution to the circular economy concept. *J. Adv. Res.*, 24, 1–11.
- Franeta, F., Mikić, S., Milovac, T., Mitrović, B., Indić, D., Vuković, S. 2019. Maize defence mechanisms against the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae). *International Journal of Pest Management*, 65:1, 23–32.
- Glare, T., Caradus, J., Gelernter, W., Jackson, T., Keyhani, N., Köhl, J., Marrone, P., Morin, L., Stewart, A. 2012. Have biopesticides come of age? *Trends Biotechnol.* 30(5):250–8.
- Grainge, M. and Ahmed S. 1988. *Handbook of Plants with Pest-Control Properties*. Resource Systems Institute. East-West Center, John Wiley & Sons, Honolulu.
- Green deal – Farm to Fork strategy, https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en Pristupljeno 17.09.2024.
- Gvozdenc, S., Indić, D., Vuković, S., Grahovac, M., Tanasković, S. 2012. Antifeeding activity of several plant extracts against *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantridae) larvae. *Phytomedicine*, 27 (4), 305–311.
- Hagner, M., Kuoppala, E., Fagernäs, L., Tiilikkala, K., Setälä, H. 2015. Using the copse snail *Arianta arbustorum* (Linnaeus) to detect repellent compounds and the quality of wood vinegar. *Int. J. Environ. Res.*, 9, 53–60.
- Hagner, M., Tiilikkala, K., Lindqvist, I., Klaus, N., Hanne, W., Anssi, K., Kimmo, R. 2020. Performance of liquids from slow pyrolysis and hydrothermal carbonization in plant protection. *Waste Biomass Valor.*, 11, 1005–1016.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Hajnal-Jafari, T., Stamenov, D., Đurić, S. 2020. Proizvodnja i primena biopreparata. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
- Hassan, O., Chang, T. 2017. Chitosan for eco-friendly control of plant disease. *Asian J. Plant Pathol*, 11(2), 53-70.
- Hossain, M.M., Scott, M.I., McGarvey, B.D., Conn, K., Ferrante, L., Berruti, F., Briens, C. 2015. Insecticidal and anti-microbial activity of bio-oil derived from fast pyrolysis of lignin, cellulose, and hemicellulose. *J. Pest. Sci.*, 88, 171–179.
- https://uzb.minpolj.gov.rs/wp-content/uploads/2023/05/Lista_sredstva_za_zastitu_bilja_za_organsku_proizvodnju_na_30maj2023.pdf
- Jadhav, K. and Nagarkar, J. 2022. Development of karanj oil and castor oil nanoemulsions and its encapsulation into beads for controlled release larvicidal activity. *J. Adv. Sci. Res.*, 13, 93–100.
- Jiang, W., Peng, Y., Ye, J., Wen, Y., Liu, G., Xie, J. 2019. Effects of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* on the Mortality and Immune Response of *Locusta migratoria*. *Insects*, 31; 11(1):36.
- Kumar, P., Pandhi, S., Mahato, D.K., Kamle, M., Mishra, A. 2021. Bacillus-based nano-bioformulations for phytopathogens and insect-pest management. *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 31, 128.
- Lindqvist, I., Lindqvist, B., Tiilikkala, K. 2010. Birch tar oil is an effective mollusc repellent: Field and laboratory experiments using *Arianta arbustorum* (Gastropoda: Helicidae) and *Arion lusitanicus* (Gastropoda: Arionidae). *Agric. Food Sci.*, 19, 1–12.
- López, M.D., Cantó-Tejero, M., Pascual-Villalobos, M.J. 2021. New Insights Into Biopesticides: Solid and liquid formulations of essential oils and derivatives. *Front. Agron.*, 3, 763530.
- Lowry, G.V., Avellan, A., Gilbertson, L.M. 2019. Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. *Nat. Nanotechnol.*, 14, 517–522.
- Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697.
- Manchikanti, P. 2019. Bioavailability and environmental safety of nanobiopesticides. In *Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands,; pp. 207–222.
- Miletić, V., Indić, D., Vuković, S., Lazić, S., Gvozdenac, S., Šunjka, D. 2013. Etarska ulja i biljni ekstrakti od značaja u fitomedicini. *Biljni lekar*, 3, 350-361.
- Mitrić, S., Sunilahpasić, A., Šunjka, D., Vuković, S., Žabić, M., Hamidović, S., Kelečević, B. 2024. Dissipation dynamic of nicosulfuron in different types of agricultural soils. *Plant Soil Environ*, 70(4):245-251.
- Ndao, A., Kumar, L.R., Tyagi, R.D., Valéro, J. 2020. Biopesticide and formulation processes based on starch industrial wastewater fortified with soybean medium. *J. Environ. Sci. Health*, 55, 115–126.
- Palermo, D., Giunti, G., Laudani, F., Palmeri, V., Campolo, O. 2021. Essential oil-based nano-biopesticides: Formulation and bioactivity against the confused flour beetle *Tribolium confusum*. *Sustainability*, 13, 9746.
- Perišić, V., Perišić, V., Hadnađev, M., Đekić, V., Dapčević-Hadnađev, T., Vuković, S., Vukajlović, F. 2019. Impact of diatomaceous earth application on the rheological properties of wheat, triticale and rye flour dough. *Journal of Stored Products Research*, 82, 91-97.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

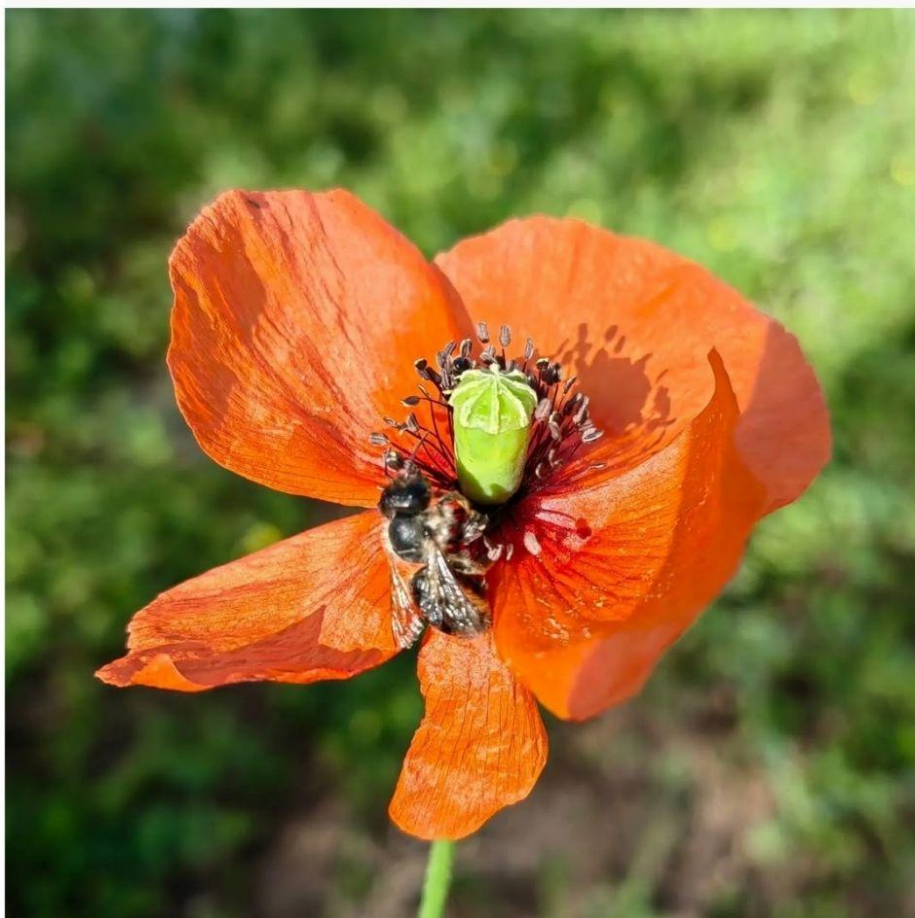
- Perišić, V., Vuković, S., Perišić, V., Pešić, S., Vukajlović, F., Andrić, G., Kljajić, P. 2018. Insecticidal activity of three diatomaceous earths on lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* F., and their effects on wheat barley, rye, oats and triticale grain properties. *Journal of Stored Products Research*, 75, 38-46.
- Poopathi, S., Murugan, K., Selvakumari, J., Mani, C., Bala, P. 2016. Production of Microbial Bio-Pesticides from Waste Disposal of Chicken Feathers. *Ferment. Technol.*, 5, e123.
- Ranglová, K., Lakatos, G.E., Câmara Manoel, J.A., Grivalský, T., Suárez Estrella, F., Acien Fernández, F.G., Molnár, Z., Ördög, V., Masojádek, J. 2021. Growth, biostimulant and biopesticide activity of the MACC-1 *Chlorella* strain cultivated outdoors in inorganic medium and wastewater. *Algal Res.*, 53, 102136.
- Riedo, J., Wettstein, F.E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wächter, D., Martin-Laurent, F., Bucheli, T.D., Walder, F., van der Heijden, M.G.A. 2021. Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils—the Ghost of a Conventional Agricultural Past? *Environ. Sci. Technol.*, 55, 2919–2928.
- Saberi Riseh, R., Skorik, Y.A., Thakur, V.K., Moradi Pour, M., Tamanadar, E., Noghabi, S.S. Encapsulation of plant biocontrol bacteria with alginate as a main polymer material. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22, 11165.
- Sala, A., Artola, A., Sánchez, A., Barrena, R. 2020. Rice husk as a source for fungal biopesticide production by solid-state fermentation using *B. bassiana* and *T. harzianum*. *Bioresour. Technol.*, 296, 122322.
- Sekhon, B.S. 2014. Nanotechnology in agri-food production: An overview. *Nanotechnol. Sci. Appl.*, 20, 31–53.
- Singh, R.K., Ruiz-May, E., Rajput, V.D., Minkina, T., Gómez-Peraza, R.L., Verma, K.K., Shekhawat, M.S., Pinto, C., Falco, V., Quiroz-Figueroa, F.R. 2022. Viewpoint of Chitosan Application in Grapevine for Abiotic Stress/Disease Management towards More Resilient Viticulture Practices. *Agriculture*, 12, 1369.
- Sundh, I., Goettel, M.S. 2013. Regulating biocontrol agents: a historical perspective and a critical examination comparing microbial and macrobial agents. *Biocontrol*, 58, 575-593.
- Šunjka, D. and Vuković, S. Biopesticides in plant protection chapter. In *Agricultural Studies on Different Subjects*; ČIĞ, A., Ed.; IKSAD Publishing House: Ankara, Turkey, 2021; pp. 381–412.
- Šunjka, D., Lazić, S., Vuković, S., Alavanja, A., Nadj, Dj., Mitrić, S. 2021. Residue and dissipation dynamic of spinetoram insecticide in pear fruits. *Plant protection science*, 57, 4, 326-332.
- Šunjka, D., Mechora, Š. 2022. An Alternative Source of Biopesticides and Improvement in Their Formulation—Recent Advances. *Plants*, 11, 3172.
- Šunjka, D., Pucarević, M., Lazić, S., Stojić, N., Milošević, L., El Bilali, H., Bošković, D., Vuković, S., Mitrić, S., Berjan, S., Šušnjar, A., Ećimović, J. 2024. Monitoring of Herbicide Residues in Agricultural Soils in Vojvodina Province (Northern Serbia). *Land*, 13, 1347.
- Sunulahpašić, A., Mitrić, S., Šunjka, D., Žabić, M., Predić, T., Šipka, M., Rodić, L. 2020. Adsorption of nicosulfuron herbicide in the agricultural soils of Bosnia and Herzegovina. *Plant, soil and environment*, 66: 162-166.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Tamm, L., Thuerig, B., Apostolov, S., Blogg, H., Borgo, E., Corneo, P.E., Fittje, S., de Palma, M., Donko, A., Experton, C., et al. 2022. Use of Copper-Based Fungicides in Organic Agriculture in Twelve European Countries. *Agronomy*, 12, 673.
- Tiilikkala, K., Fagernäs, L., Tiilikkala, J. 2010. History and use of wood pyrolysis liquids as biocide and plant protection product. *Open Agric. J.*, 4, 111–118.
- Tim priređivača (2024): Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji. Dvadeset drugo, izmenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
- Vasiljević, M., Vojnov, B., Balešević Tubić, S., Milošev, D., Miladinov, Z., Šeremešić, S. (2021). Mogućnost unapređenja organske poljoprivrede uvođenjem biodinamičkih preparata. *Letopis naučnih radova/Annals of agronomy*, 45, 1, 9-18.
- Vuković, S., Šunjka, D., Indić, D., Gvozdenac, S., Miletić, V. 2013. Botanički fungicidi i herbicidi od značaja za poljoprivredu. *Biljni lekar*, br. 4, 451-458.
- Werdin González, J.O., Gutiérrez, M.M., Ferrero, A.A. 2014. Fernández Band, B. Essential oils nanoformulations for stored-product pest control-Characterization and biological properties. *Chemosphere*, 100, 130–138.
- Wilson, K., Grzywacz, D., Curcic, I., Scoates, F., Harper, K., Rice, A., Paul, N., Dillon, A. 2020. A novel formulation technology for baculoviruses protects biopesticide from degradation by ultraviolet radiation. *Sci. Rep.*, 10, 13301.
- Zaller, J. G., Köpke, U. 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendments on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment. *Biology and Fertility of Soils* 40:222-229.
- Zhang, W., Qiu, L., Gong, A., Cao, Y., Wang, B. 2013. Solid-state fermentation of kitchen waste for production of *Bacillus thuringiensis*-based bio-pesticide. *BioResources*, 8, 1124–1135.
- Zhang, W., Zou, H., Jiang, L., Yao, J., Liang, J., Wang, Q. 2015. Semi-solid state fermentation of food waste for production of *Bacillus thuringiensis* biopesticide. *Biotechnol. Bioproc. E*, 20, 1123–1132.
- Zibae, A. 2011. Botanical Insecticides and Their Effects on Insect Biochemistry and Immunity. In book: *Pesticides in the Modern World-Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment*, Chapter 4.

NAČINI SUZBIJANJA ŠTETOČINA U ORGANSKOJ PROIZVODNJI

Dejana Stanić



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹Jedan od najvećih izazova u organskoj proizvodnji, pored suzbijanja prouzrokovala biljnih bolesti jeste suzbijanje štetočina među kojima značajno mesto zauzimaju insekti čiji je diverzitet veoma izražen. Pored insekata, značajne štete nanose i grinje, nematode, puževi, glodari, zečevi i ptice. Osnovni principi organske proizvodnje jesu proizvodnja zdravih i kvalitetnih biljaka sa potvrđenim procesom proizvodnje uz očuvanje životne sredine, održavanje plodnosti zemljišta i održavanje biodiverziteta što se postiže podsticanjem razvoja prirodnih neprijatelja (predatora i parazitoida), korišćenje korisnih biljnih vrsta i alelopatskih odnosa. Prema Little and Frost (2008), glavni principi organskih sistema proizvodnje su, osim dobrog upravljanja zemljištem koje vodi održavanju visokog sadržaja organske materije i visokoj mikrobiološkoj aktivnosti i strukturi, dobro osmišljen plodored koji je važan u pogledu smanjenja napada štetočina, kao i preventivni, a ne hemijski pristup kontroli korova, prouzrokovala bolesti i štetočina.

U tom smislu, osnovni koncept zaštite bilja u organskoj proizvodnji zasniva se upravo na sprovođenju niza indirektnih, odnosno preventivnih mera koje obuhvataju agrotehničke i mehaničko-fizičke mere.

Preventivne mere imaju za cilj sprečavanje i smanjenje uslova za pojavu štetočina, odnosno održavanje ravnoteže između štetočina i njihovih prirodnih neprijatelja. Osim navedenih, primenjuju se i direktne mere koje obuhvataju biološke mere, odnosno primenu prirodnih neprijatelja i primenu biopesticida.

Indirektne (preventivne) mere suzbijanja

Agrotehničke mere. Obuhvataju niz mera kojima se stvaraju povoljni agroekološki uslovi za rast i razvoj gajenih biljaka, a nepovoljni za razmnožavanje i razviće štetočina. Primena ovih mera mora biti usmerena ka povećanju biodiverziteta, a to podrazumeva uključivanje većeg broja biljnih vrsta u plodored i odgovarajući način obrade zemljišta što vodi boljoj vremenskoj i prostornoj eksploataciji pristupačnih resursa (Dekker, 1997). Agrotehničke mere obuhvataju: sanitarne mere, izbor parcele i preduseva, izbor biljne vrste i sorte, pripremu i obradu zemljišta, održavanje plodnosti zemljišta i đubrenje, i upotrebu zdravog semena i

¹ Dr Dejana Stanić, vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sadnog materijala. Sanitarne mere podrazumevaju obaveznu dezinfekciju oruđa sa 70% alkoholom i kontejnera za proizvodnju rasada sa vrelom vodom, kompostiranje biljnih ostataka koji ne smeju trunuti i služiti kao prelazni domaćin raznim štetočinama, kao i primenu toplotnih tretmana, odnosno dezinfekciju zemljišta.

Kada je u pitanju organska proizvodnja voća, izbor parcele sa povoljnim klimatskim uslovima i zemljište koje odgovara proizvodnji neke vrste ili sorte voća predstavlja prvi preduslov za uspešnu proizvodnju. U takvim uslovima biljke se brže razvijaju i lakše podnose napad štetočina. Udaljenost voćnjaka za organsko gajenje od konvencionalnih voćnjaka i saobraćajnica mora biti najmanje 20 metara uz podizanje zelene barijere visine 1,5 metar. Veoma važan preduslov je i ekspozicija terena za podizanje zasada. Najpovoljnija je južna ili jugoistočna ekspozicija i postavljanje redova u pravcu sever-jug kako bi se što bolje iskoristila sunčeva svetlost i vazdušno strujanje. Izbegavaju se mesta u blizini šuma zbog moguće migracije štetnih vrsta insekata koje se šire iz šumskih sastojina kao što je gubar, razne vrste potkornjaka, zemljomerke i druge vrste. Ako su na planiranoj parceli za podizanje zasada u prethodnoj godini korištena hemijska sredstva za zaštitu bilja, zemljište za organsku proizvodnju može se koristiti tek poslije dvije do pet godina, a optimalni period je tri godine.

Kada je u pitanju organska proizvodnja povrća, najpogodnije su osunčane parcele na blagim kosinama sa redovima postavljenim u pravcu duvanja vetrova, dok se izbegavaju parcele na zasenjenim mestima i u blizini šuma. Takođe, od velike važnosti je minimalna udaljenost od susednih parcela gde je prisutna konvencionalna proizvodnja povrća, pa je poželjno da se podigne biološka barijera od žbunastih biljaka čija visina treba biti veća od gajenih biljaka, ali i od susednih biljaka u konvencionalnoj proizvodnji. Cilj ove barijere jeste zaštita sertifikovane organske proizvodnje od eventualnog prelaženja nedozvoljenih hemijskih sredstava, ali ona treba da posluži i kao mesto za razvoj korisnih vrsta insekata u biološkoj borbi.

Pravilan izbor biljne vrste i sorte ili hibrida je veoma važan iz razloga što su ograničene mogućnosti đubrenja i borbe protiv štetočina u odnosu na konvencionalnu proizvodnju. Zbog toga izbor lokaliteta, plodored i otporne sorte imaju još veći značaj. Seme i sadni materijal moraju biti organskog porekla, odnosno bez upotrebe genetski modifikovanih biljaka i u saglasnosti sa metodama organske proizvodnje najmanje jednu vegetacionu sezonu, ili u slučaju višegodišnjeg useva, dve vegetacione sezone. U tom pogledu, izbor biljne vrste i sorte treba prilagoditi datim proizvodnim uslovima (rokovima setve, temperaturnim i svetlosnim

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

uslovima), kao i dati prednost lokalnim sortama ukoliko su zadovoljavajućeg kvaliteta. Takođe, izbor preduseva je veoma važan preduslov za uspešnu proizvodnju. Tako su najbolji predusevi za organsku proizvodnju voća strna žita, leguminoze i heljda.

Imajući u vidu da se brojne vrste štetočina prenose sadnim materijalom kao što su brojne ksilofagne vrste insekata, zatim štitaste vaši, grinje, nematode i druge vrste, setva zdravog i sertifikovanog semena i sadnja sadnog materijala proizvedenih u rasadnicima za organsku proizvodnju je veoma važna preventivna mera. Takođe, veoma važno je i prilagoditi vreme setve tako da se biljke ne nalaze u osetljivoj fenofazi u periodu povoljnom za pojavu štetočina.

Priprema zemljišta u organskoj proizvodnji podrazumeva sprovođenje eventualnih agromeliorativnih mera nakon obavezno urađene fizičko-hemijske analize zemljišta. U proizvodnji povrća primenjuje se dezinfekcija zemljišta pregrejanom vodenom parom i solarizacija kojima se vrši suzbijanje štetnih vrsta insekata i nematoda u zemljištu. Za solarizaciju se koristi tanka polietilenska folija kojom se prekriva prethodno pripremljeno i usitnjeno zemljište koje je tretirano sa velikom količinom vode. Zemljište se ostavlja prekriveno folijom od šest do osam sedmica u najtoplijem periodu godine (juli-avgust). U Sjedinjenim Američkim Državama primenjuje se postupak tzv. biofumigacije. Naime, unošenjem biljnih ostataka preduseva iz porodice Brassicaceae i korištenjem specijalnih folija u organskom gajenju paradajza, pojačava se efekat solarizacije (Chelami and Olson, 1997). Takođe, brojni literaturni izvori ukazuju da upotreba crvene malč folije takođe doprinosi značajnom smanjenju šteta od nematoda (Oljača i sar., 2005).

Kada je u pitanju obrada zemljišta, aktivnosti trebaju biti usmerene ka stvaranju i održavanju humusnog oraničnog sloja, očuvanju i povećanju mikrobiološke aktivnosti u zemljištu i smanjenju gubitka obradivog plodnog sloja što se postiže redukovanom obradom, minimalnom dubinom oranja, smenom gajenih biljnih vrsta (plodoredom) i zasejavanjem ili zatravljanjem zemljišta. Opšte je pravilo da se u organskoj biljnoj proizvodnji oranje zemljišta obavlja do dubine humusnog sloja, i to kada sadrži manje vlage u odnosu na konvencionalnu proizvodnju (Tanović i sar., 2007). U organskoj proizvodnji često se izvodi redukovana obrada, odnosno smanjen broj i intenzitet operacija uz intenzivnu primenu pokrovnih useva ili malča koje štite obradive površine od degradacije usled spoljašnjih faktora (pljuskovi, vetar). Da bi redukovana obrada dala zadovoljavajuće rezultate, obavezno je zasejavanje useva za zelenišno đubrivo, kao i pokrovnih useva koji, osim što poboljšavaju strukturu zemljišta i doprinose suzbijanju korova, služe i kao stanište za korisne vrste insekata (Mirecki, 2011).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Održavanje plodnosti zemljišta i đubrenje bez prekomernih količina azota u velikoj meri doprinosi uspešnoj kontroli štetnih insekatskih vrsta, dok nedovoljno đubrenje izaziva slabiji porast i razvoj biljaka koje slabije podnose napad štetočina. Neophodno je redovno obavljati analizu plodnosti zemljišta i na osnovu toga vršiti đubrenje pri čemu se koriste isključivo organska đubriva kao što su stajsko đubrivo, kompost, humus (glistenjak), treset, drveni pepeo i biljni rastvori. Đubrivo mora biti propisanog kvaliteta bez ostataka pesticida, teških metala, semena korova i štetočina. Održavanje plodnosti zemljišta podrazumeva zelenišno đubrenje, kompostiranje, zgoreli stajnjak, zaoravanje biljnih ostataka, zastiranje (malčiranje) i različite kombinacije zatravljivanja i obrade u redu i međurednom prostoru. U proizvodnji organskog povrća, nastiranje zemljišta, odnosno upotreba malča je važna agrotehnička mera koja doprinosi ne samo boljem rastu i razvoju biljaka, nego i smanjenoj brojnosti mnogih vrsta štetočina (Lamont, 2005; Díaz-Pérez, 2009). U tu svrhu koriste se različiti sintetički i organski materijali (slama, biljni otpaci). Danas se koriste različite vrste polietilenskih folija različite obojenosti (crne, prozirne, crno-bele, obojene i biorazgradive PE folije) koje ispoljavaju repelentno delovanje na različite vrste sovice, lisnih vaši, tripsa, grinja i minera (Momirović, 2004; Tuovinen et al., 2006). Tako, aluminijumska folija reflektuje ultraljubičaste zrake koji deluju zbunjujuće na insekte i menjaju njihov smer letenja. Rezultati istraživanja su pokazali da na povrtarskim biljkama upotreba folije može da odloži pojavu biljnih vaši, a samim tim da zaštite mladi usev od virusa koje prenose ove štetočine. Smanjenje broja vaši u poljima postiže se i korišćenjem različitih vrsta malča (obojeni plastični, aluminijumski i biorazgradivi malč) (Greer and Dole, 2013). Često se primenjuju i neke biljne vrste koje imaju efekat zaštite od štetočina. Tako se na primer biljka buhač (*Pyrethrum cinerariaefolium*) koristi u zaštiti krompira od krompirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) (Lazić, 2008). U organskoj proizvodnji koriste se i kompostirane materije koje deluju pozitivno na strukturu zemljišta, ali i sadrže određene toksine koji ispoljavaju nematocidni efekat (Akhtar and Malik, 2000). Tako primera radi, pojedine američke kompanije za potrebe organske poljoprivrede proizvode samleveni hitinski omotač školjki i rakova čijim se unošenjem u zemljište povećava populacija specifičnih gljiva koje inficiraju nematode i na taj način smanjuju njihovu brojnost (Oljača i sar., 2005).

Plodored kao sistem vremenske i prostorne smene useva, pored toga što doprinosi održavanju plodnosti zemljišta i smanjenoj zakorovljenosti, takođe u velikoj meri smanjuje brojnost i napad brojnih štetočina. Imajući u vidu da gajene biljke iz iste familije često napadaju iste vrste insekata,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

istu ili srodnu biljnu vrstu na isto mesto treba gajiti posle četiri ili pet godina. Tako na primer, ne preporučuje se uzastopno gajenje paradajza, paprike, plavog patlidžana ili krompira, niti njihovo kombinovanje u plodoredu više godina. Dobri predusevi za pomenute biljne vrste su strna žita, kukuruz, šećerna repa i leguminoze. Za useve koji su jako osetljivi na napad nematoda kao što je krastavac, dobri predusevi su strna žita, kukuruz, neke leguminoze, crni luk, a veoma pogodni su raž i vigna jer svojom otpornošću smanjuju brojnost populacija nematoda. Repica, ogrštica i slačica sadrže glukozinolate koji takođe ispoljavaju nematocidni efekat, pa služe kao dobri predusevi, naročito kada se kao ozimi pokrovni usevi inkorporiraju u zemljište neposredno pred sadnju (Brown and Morra, 1997).

Mehaničko-fizičke mere. Pored agrotehničkih, u organskoj proizvodnji primenjuju se i mehaničko-fizičke mere koje obuhvataju sakupljanje insekata, korišćenje zaštitnih mreža, lovljenje insekata iskopavanjem lovnih jama, lovnih kanala i postavljanjem lovnih i ljepljivih pojaseva na deblu, zatim struganje kore, korišćenje lovnih stabala, sakupljanje napadnutih biljaka i biljnih delova, kao i upotreba raznih vrsta atraktanata i repelenata.

Sakupljanje insekata može se obavljati u svim stadijumima razvića tokom cele godine. Kada su u pitanju voćnjaci, sakupljaju se gusenična i pagusenična gnezda, ili se odsecaju i spaljuju biljni delovi sa gnezdim vrsta koje žive gregarno i ispredaju velike količine paučinastih niti poput dudovca (*Hyphantria cunea* Drury), jabukinog moljca (*Yponomeuta malinella* Zeller) i čupavotrbe prelje (*Eriogaster lanestris* L.). Sakupljanje odraslih jedinki se može sprovesti otresanjem grana voćaka u ranim jutarnjim časovima kada su one trombe i slabo pokretljive. Ova mera je vrlo efikasna za sakupljanje običnog majskog gundelja (*Melolontha melolontha* (L.)) i štetnih vrsta insekata iz familije Curculionidae (*Anthonomus pomorum* (L.), *Anthonomus pyri* Gyllenhal). U ovu svrhu, ispod stabala se postavlja belo platno na koje insekti padaju, a zatim se sakupljaju i mehanički uništavaju. Veoma efikasno je sakupljanje slabije pokretnih insekata što se najčešće odnosi na sakupljanje i uništavanje jaja i gusenica velikog kupusara (*Pieris brassicae* (L.)), jaja, larvi i imaga krompirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* (Say.)), imaga žilogriza (*Capnodis tenebrionis* (L.)) i drugih vrsta.

Imajući u vidu da se u biljnim ostacima održavaju i prezimljavaju različiti razvojni stadijumi insekata, njihovim sakupljanjem i uništavanjem se u velikoj meri smanjuje brojnost štetne entomofaune. Tako se uklanjanjem otpalog lišća i napadnutih plodova zaostalih na granama ili otpalih ispod krošnje smanjuje brojnost populacija štetnih vrsta kao što su miner

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

zmijolikih mina (*Lyonetia clerkella* L.), miner okruglih mina (*Leucoptera malifoliella* (Costa)), jabukin smotavac (*Cydia pomonella* L.), galica ploda kruške (*Contarinia pyrivora* (Riley)), jagodin sjajnik (*Stelidota geminata* (Say.)) i drugih vrsta. Nakon orezivanja voćaka i vinove loze potrebno je ukloniti i uništiti biljni materijal jer u njemu prezimljavaju lisne i štitaste vaši, lisne buve, staklokrilci i druge vrste. Tako se odsecanjem i odstranjivanjem napadnutih mladara uništavaju larve pojedinih vrsta kao što je breskvin smotavac (*Grapholita molesta* Busck) i breskvin moljac (*Anarsia lineatella* Zeller).



Slika 4.1. i 4.2. *Leptinotarsa decemlineata* (Say.) i *Capnodis tenebrionis* (L.) (foto: Stanić)



Slika 4.3. i 4.4. Oštećenja na listu prouzrokovana prisustvom *Lyonetia clerkella* L. i *Leucoptera malifoliella* (Costa) (foto: Stanić)

Lovne jame se koriste u svrhu suzbijanja rovca (*Gryllotalpa gryllotalpa* (L.)), tako što se u jesen, polovinom septembra, pre odlaska na prezimljavanje kopaju jame dubine do 70 cm koje se ispune stajnjakom i prekriju zemljištem. Toplota stajnjaka koji fermentiše privlači rovca koji se u velikom broju sakuplja u ovim jamama. Tokom zime ili rano u proleće, stajnjak se zajedno sa rovcima izbacuje napolje i mehanički uništava. Kopanje lovnih kanala služi kao značajna mera suzbijanja repine pipe (*Bothynoderes punctiventris* Schoenherr) i žitnog bauljara (*Zabrus tenebrioides* (Goeze)) koji se javljaju u vidu žarišta ili oaza.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Naime, oko mesta parcele na kojoj je biljna vrsta bila zasejana prethodne godine, kopa se lovni kanal dubine i širine oko 30 cm sa zakošenom unutrašnjom stranom (prema parceli) i vertikalnom spoljnom stranom. Insekti u nastojanju da pređu na novu nenapadnutu parcelu, upadaju u ovaj kanal, a zatim se mehanički uništavaju.

Struganje stare kore stabla je vrlo efikasna mehanička mera u suzbijanju štetnih vrsta insekata koje se zaklanjaju, ulutkavaju ili prezimljavaju pod starom, ispucalom korom voćki i vinove loze kao što je jabukin cvetojed (*Anthonomus pomorum* (L.)), jabukin smotavac (*Cydia pomonella* L.) i grozdovi smotavci (*Lobesia botrana* Denis & Schiff., *Eupoecilia ambiguella* (Hübner)).



Slika 4.5. i 4.6. *Anthonomus pomorum* (L.) i *Cydia pomonella* L.
(foto: Stanić)

Struganjem kore insekti se mehanički direktno uništavaju ili se sprečava njihovo zaklanjanje pod koru. Ovaj postupak se vrši pomoću metalnih četki ili tupog metalnog noža i to uglavnom posle kiše, kada je kora mekana i nakvašena. Ispod stabala se postavlja platno na koje padaju insekti koji se potom mehanički uništavaju. Lovna stabla se koriste za privlačenje voćnih potkornjaka (*Scolytus rugulosus* Ratzeburg, *Scolytus mali* Wood & Bright) sa ciljem da ženke umesto u voćke, polažu jaja u ova stabla. Dužina stabala može biti od jednog do dva metra, a najčešće se koriste stabla koja su posečena prethodne godine. Postavljanje lovnih stabala se naročito preporučuje duž strane voćnjaka koja se graniči sa šumom. Stabla se na više mesta trebaju izbušiti da bi se omogućilo bolje oslobađanje mirisa koji privlači štetočine. Lovna stabla se postavljaju krajem marta, a uklanjaju i spaljuju u junu i oktobru. Lovni pojasevi služe za hvatanje insekata koji se ulutkavaju ili prezimljavaju u pukotinama kore stabla kao što su odrasle jединke jabukinog cvetojeda (*Anthonomus pomorum* (L.)) jabukinog svrdlaša (*Rhynchites bacchus* L.), gusenice

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

jabukinog smotavca (*Cydia pomonella* L.) i šljivinog smotavca (*Grapholita funebrana* Treitschke).

Od sredine juna, pa do kraja septembra kada larve smotavaca odlaze na ulutkavanje, odnosno prezimljavanje, postavljaju se lovni pojasevi, a zatim svakih deset dana skidaju i spaljuju. Napravljeni su najčešće od talasastog papira koji se u nekoliko slojeva obmota oko stabla voćaka na visinu od jednog metra iznad površine zemljišta. Lepljivi pojasevi se takođe postavljaju oko stabala, najčešće tokom jeseni u cilju sprečavanja odlaska beskrilnih ženki velikog i malog mrazovca (*Erannis defoliaria* Clerck, *Operophtera brumata* L.) u krunu voćaka radi polaganja jaja, ili tokom vegetacije u cilju sprečavanja odlaska gusenica mnogih vrsta leptira u gornje delove krošnje.

U povrtarskoj organskoj proizvodnji i na manjim površinama primenjuju se zaštitne mreže kojima se prekrivaju gajene biljke čime se smanjuje napad pojedinih vrsta muva kao što je kupusna muva (*Chortophila brassicae* Bouche) i lukova muva (*Hylemia antiqua* Meig.). Korištenjem ovih mreža sprečava se polaganje jaja na biljke u periodu leta imaga (u rano proleće do kraja aprila).

U zaštićenom prostoru, kao i na otvorenom, pojava štetnih vrsta insekata uspešno se može smanjiti primenom atraktanata, odnosno sredstava koja privlače insekte na određeno mesto gde se mogu lako uništiti. Koriste se vizuelni atraktanti koji insekte privlače bojom ili svetlošću, i olfaktorni, koji ih privlače mirisom.

Vizuelni atraktanti koji insekte privlače bojom mogu biti u vidu različito obojenih lepljivih traka i ploča, ili u vidu obojenih lovnih posuda. Obojene trake i ploče su različitih dimenzija i premazane su sporosušecim lepkom. Najčešće se koristi žuta boja koja privlači najveći broj vrsta insekata, a naročito lisne vaši i voćne muve (*Rhagoletis cerasi* (L.), *Ceratitidis capitata* (Wiedemann)), dok bela boja privlači malininu bubu (*Byturus tomentosus* (De Geer)) i voćne ose (*Hoplocampa testudinea* (Klug), *Hoplocampa brevis* (Klug), *Hoplocampa minuta* (Christ), *Hoplocampa flava* Hartig). Lepljive ploče su dimenzija 15×20 cm, 20×20 cm ili 20×30 cm, a postavljaju se na vidljivo mesto u krošnju stabala pred početak cvetanja na visini od 1,0-1,8 m.

U povrtarskoj proizvodnji, u zaštićenom prostoru, ploče se postavljaju na krovnu konstrukciju plastenika, duž redova u visini biljaka. Žute ploče privlače lisne vaši i razne vrste muva, dok je plava boja posebno privlačna za tripse. Tako se u suzbijanju duvanovog i kalifornijskog tripsa (*Thrips tabaci* Lind., *Frankliniella occidentalis* (Pergan.)), postavljanjem većeg broja ovih ploča značajno smanjuje brojnost populacije. Osim lovnih ploča, koriste se i obojene lovne posude raznih dimenzija, ispunjene vodom uz dodatak nekoliko kapi deterdženta. Tako, plava boja privlači

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

polifagnu vrstu, rutavu bubu (*Epicometis hirta* (Poda)) čija štetnost zavisi od brojnosti populacije, obilnosti cvetanja i vremenskih uslova (Kulina et al., 2006; Sivčev, 2006). Preporučuje se postavljanje 20-30 lovnih posuda po hektaru, na rubna mesta u voćnjaku. Kada su u pitanju lisne vaši, krilatim formama je najprivlačnija žuta boja, mada ceo spektar boja u kojem se nalaze narandžasta- žuta-zelena ima određeni stepen privlačnosti za njih. Iz tog razloga, pored žutih, u upotrebi su i zelene lovne klopke koje imitiraju boju lista, ali su manje efikasne (Lalićević i sar., 2020).

Vizuelni atraktanti koji insekte privlače svetlošću koriste se u vidu lovnih lampi različitih konstrukcija i izvora osvetljenja. Primenjuju se za noćne insekte koji su fotofilni, kao što su sovice, mrazovci i druge vrste. Insekti koji dolete na svetlosnu lampu udaraju u njene delove i padaju u entomološki kavez ili posebnu posudu sa alkoholom ili vodom. Mirisni ili olfaktorni atraktanti deluju na čulo mirisa, a mogu biti hranidbeni, seksualni i agregacioni. Hranidbeni atraktanti se koriste kod insekatskih vrsta koje nakon eklozije nisu polno zrele, pa imaju period dopunske ishrane. Kao mamci se koriste plastične posude u koje se sipa voda zajedno sa atraktantom (sirćetno vino, melasa). Privučene mirisom, jedinke oba pola ulaze u klopku iz koje ne mogu da izađu, i uginjavaju. Tako se za smanjenje brojnosti jagodinog sjajnika (*Stelidota geminata* (Say)) koriste lovne klopke napunjene vodom i plodovima jagode koje služe kao atraktant. Za hvatanje azijske voćne mušice (*Drosophila suzukii* (Matsumura)) kao atraktant najčešće se koristi jabukovo sirće ili mešavina sirćeta, crnog vina i vode u razmeri 2:2:1, ili mešavina jabukovog sirćeta i male količine svežeg kvasca. Za praćenje leta drugih vrsta voćnih muva koriste se lovne posude sa amonijumstearatom, dok se za hvatanje jabukinog staklokrilca (*Synanthedon myopaeformis* (Borkhausen)) koriste žute lovne posude u koje se sipa groždani sok u vrenju. Kao atraktant za hvatanje sovice koristi se melasa u vrenju, za razne vrste smotavaca amilacetat, dok se za hvatanje osa koristi voćni sok u previranju. Lovne posude se postavljaju početkom maja, a prazne jednom sedmično u naredna tri meseca, čime se značajno smanjuje brojnost populacije.

Seksualni atraktanti (feromoni) su materije koje proizvode ženke u cilju privlačenja mužjaka. Specifični su za svaku vrstu, a proizvode se sintetički u obliku kapsula koje se postavljaju u feromonske klopke čije je dno prekriveno lepljivom pločom. Mužjaci privučeni mirisom sintetizovanih feromona doleću do klopke i zalepe se na lepljivu ploču. Upotreba feromona pruža brojne prednosti i ekološki prihvatljiv i bioracionalan način suzbijanja štetočina, ne samo u organskoj poljoprivredi (Nahar et al., 2020; Sohrawardy et al., 2021). Korištenjem feromonskih klopki

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

utvrđuje se prisustvo određene vrste, registruje se početak, dinamika i brojnost populacije. Takođe, primenjuje se i metoda zbunjivanja, odnosno ometanja parenja. Ovom metodom se pred početak leta leptira na jedinicu površine (ha) postavi 300-1000 feromonskih dispenzora, na visinu od oko dva metra. Na taj način vazduh biva zasićen mirisom ženki koji zbunjuje mužjake i onemogućava im pronalazak ženki koje ostaju neoplođene. Osim toga, postavljanjem većeg broja feromonskih klopki u voćnjacima vrši se masovno izlovljavanje mužjaka što je naročito značajno u organskoj proizvodnji voća. U voćarskoj proizvodnji, feromonske klopke imaju široku primenu kod mnogih štetnih insekata, naročito smotavaca, od kojih se neke vrste navode kao povremene, dok su neke, kao na primer jabukin smotavac (*Cydia pomonella* L.) konstantne i ekonomski najznačajnije vrste na celom arealu rasprostranjenja (Beers et al., 1993; Tešanović, 2009; Paraschiv et al., 2019; Maggi and Chreil, 2023; Pszczolkowski, 2023; Stanić, 2023). Primena seksualnih atraktanata u povrtarskoj proizvodnji je znatno manje zastupljena u odnosu na voćarsku, mada se mogu koristiti feromoni za suzbijanje kupusnog moljca (*Plutella maculipennis* Curt.) i važnijih vrsta sovice (kupusna, povrtna, pamukova i druge vrste).

Agregacioni ili populacioni feromoni privlače oba pola i služe za „sporazumevanje” među jedinkama iste vrste, podstičući njihovo okupljanje, odnosno agregaciju. Posebno su značajni kod potkornjaka koji napadajući stablo, ispuštaju agregacioni feromon koji privlači ostale jedinice prema istom domaćinu.

Za razliku od atraktanata, repelenti su prirodna ili sintetička jedinjenja koja odbijaju štetočine od biljaka i time sprečavaju nastanak šteta. Takvo odbijajuće delovanje imaju različiti ekstrakti iz biljaka kao što su prirodna etarska ulja iz citrusa, karanfilića, cimeta, timijana, cveta buhača i drugih biljaka. Repelentno delovanje imaju i mirisi i druge izlučevine pojedinih biljaka zahvaljujući biohemijskim supstancama, odnosno alelohemikalijama koje one stvaraju i luče korenom ili nadzemnim delovima biljke. Gajenjem dve ili više povrtarskih vrsta na istom polju u isto vreme dobijaju se združeni usevi. Združenom setvom ili sadnjom se usled lučenja ovih specifičnih supstanci i pozitivnog delovanja susednih biljaka („dobri i loši” susedi), postiže zaštita biljaka od napada štetočina koja može biti direktna, onemogućavanjem naseljavanja štetočina na usevu, i indirektna privlačenjem prirodnih neprijatelja štetočina (Yildirim and Turan, 2013; Vukomanović, 2018). Tako, paradajz posađen zajedno sa kupusom štiti kupus od kupusne muve (*Chortophila brassicae* Bouche), gusenica kupusara (*Pieris brassicae* (L.), *Pieris rapae* (L.)) i drugih leptira. Crni luk posađen između redova mrkve štiti ovu biljku od mrkvine muve, ali i zbog veće gustine useva negativno utiče i na brojnost

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

populacije mrkvine lisne vaši (*Cavariella aegopodii* (Scopoli)), a pozitivno deluje na populaciju prirodnih neprijatelja ove vrste (Sekulić i sar., 2008; Radman i sar., 2021). Repelentno delovanje ispoljavaju biljke belog luka na lisnu vaš krastavca (*Aphis gossypii* Glov.), dok biljke crnog luka deluju zbunjujuće na kupusnu lisnu vaš (*Brevicoryne brassicae* (L.)). Na sličan način Ben-Issa i saradnici (2017) ističu praktičnu primenu združene setve u cilju smanjenja šteta koje izazivaju polifagne vrste lisnih vaši kao što su zelena breskvina vaš (*Myzus persicae* Sulz.) i crna repina vaš (*Aphis fabae* Scopoli). Takođe, biljke krompira u združenoj setvi sa crnim lukom su manje privlačne zelenoj breskvinoj vaši što je utvrđeno u poljskim i u laboratorijskim uslovima (Ninković et al., 2009; Ninković et al., 2013).

U združenim usevima sa povrćem, preporučuje se gajenje lekovitih i aromatičnih biljaka koje ispoljavaju repelentno delovanje na brojne štetne vrste insekata, ali i onih koje privlače korisne insekte i polinatore, čime se održava prirodna ravnoteža i podstiče biodiverzitet (Kreuter, 2002; Stanić, 2022). Posljednjih godina sve su češća istraživanja mogućnosti upotrebe etarskih ulja aromatičnih biljaka. Tako su rezultati istraživanja pokazala da etarska ulja anisa, mente i limunove trave imaju repelentno dejstvo na sremzinu lisnu vaš (*Rhopalosiphum padi* (L.)) (Pascuall-Vilalobos et al., 2017). Takođe, Ben-Issa i saradnici (2017), među ukrasnim cvetnim vrstama navode repelentno delovanje niske kadifice (*Tagetes patula nana*) i nevena (*Calendula officinalis*) na kupusnu lisnu vaš (*Brevicoryne brassicae* L.), i aromatičnih biljaka, kao što je bosiljak (*Ocimum basilicum*), ruzmarin (*Rosmarinus officinalis*) i lavanda (*Lavandula latifolia*) na zelenu breskvinu vaš (*Myzus persicae* Sulz.), kao i majčine dušice (*Thymus vulgaris*) i čubre (*Satureja hortensis*) na crnu repinu vaš (*Aphis fabae* Scop). Repelentno delovanje prema krompirovoj zlatici (*L. decemlineata* (Say.)) ispoljavaju ren i buhač, i dragoljub koji odbija belu leptirastu vaš (*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.)) od biljaka između kojih je posejan, ali služi i kao lovna biljka za biljne vaši koje se na njemu naseljavaju. Takođe, biljke ječma izložene mirisima bele lobode (*Chenopodium album* L.) i crne pomoćnice (*Solanum nigrum* L.), repelentno deluju prema sremzinoj lisnoj vaši (*Rhopalosiphum padi* (L.)) (Ninković et al., 2013). Zbog odbijajućeg delovanja na duvanskog štitastog moljca (*Bemisia tabaci* (Genn.)) preporučuje se gajenje bosiljka u združenim usevima sa paradajzom, a navodi se i njegov pozitivni efekat na osobine paradajza (Hogg et al., 2011). Lekovita biljka, mačja metvica (*Nepeta* spp.) sadrži nepetalakton koji repelentno deluje na pojedine insekte, a sa druge strane privlači parazitoidne osice koje parazitiraju lisne vaši, pa se u Velikoj Britaniji i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Sjedinjenim Američkim Državama ova biljka koristi za privlačenje osica u cilju povećanja njihove brojnosti (Woodward, 2012).

Uspešnu organsku povrtarsku proizvodnju u velikoj meri ograničavaju štetne nematode koje su naročito prisutne u zemljištima lakšeg mehaničkog sastava i u toplijim klimatskim regionima. Neke od njih su veoma specifične, kao što je *Globodera* spp., na krompiru, dok najveće štete čine ektoparazitne nematode iz roda *Meloidogine*, *Heterodera* i *Pratylenchus*. Lekovite i aromatične biljke, osim što deluju kao repelenti za štetne vrste insekata, isto delovanje ispoljavaju i prema štetnim nematodama u zemljištu. Tako se danas u svetu mnogo radi na proučavanju nematocidnog efekta koji pri gajenju povrća u zaštićenom prostoru imaju neven, dragoljub, kadifca i facelija (White et al., 1995), odnosno kompostiran materijal ili uljne pogače nekih tropskih biljaka kao što je *Azadirachta indica* (Oljača i sar., 2005). Utvrđeno je da koren nevena i kadifce izlučuje fitoncide koji sprečavaju razvoj nematoda i tako doprinose smanjenju njihove brojnosti u zemljištu (Simoni, 2004). Kadifce su naročito korisne u gajenju paradajza, krompira, kupusnjača, mrkve i pasulja. Takođe, špargla (*Asparagus officinalis*), crna i bijela gorušica (*Brassica nigra*, *Sinapis alba*) i neke vrste iz roda *Ambrosia* mogu značajno smanjiti napad nematoda (Igre Barčić i Maceljski, 2001). Značajnu efikasnost u suzbijanju juvenilnih stadijuma nematoda ispoljavaju i ulja mnogih začinskih i aromatičnih biljaka kao što je timol i karvakol (Oka et al., 2000).

U organskim sistemima gajenja se duž ivica parcela vrši setva graničnih biljaka, odnosno zaštitnih pojaseva čija je uloga višestruka jer služe kao fizička barijera koja smanjuje broj štetnih jedinki koje slete u polje, ali i svojim mirisom „maskiraju” biljku domaćina. Osim toga, služe za prostorno razdvajanje organske proizvodnje od konvencionalne, zatim kao zeleni đubrivo, ali i značajno doprinose očuvanju biodiverziteta i biokontroli štetočina jer obezbeđuju polen za favorizovanje korisnih vrsta. Zaštitni pojasevi su posebno značajni kod napada biljnih vaši jer smanjuju zarazu virusima koje na ovim biljkama mogu očistiti svoje stilete i tako se osloboditi neperzistentnih virusa (DiFonso et al., 1996). Tako, na primer usev ovasa u širini od jednog metra pokazao se kao vrlo efikasan u smanjenju zaraze krompira Y virusom (Radcliffe et al., 2007). Ove biljke mogu služiti i kao klopke jer su privlačnije za biljne vaši od gajene biljke (Hooks and Fereres, 2006, cit. Lalićević i sar. 2020). Naročito u povrtarskoj organskoj proizvodnji, ovi zaštitni pojasevi često predstavljaju mešavinu jednogodišnjih i višegodišnjih aromatičnih i drugih korisnih biljaka ili samoniklih vrsta. Od jednogodišnjih biljnih vrsta koriste se: mirođija, neven, timijan, kadifca, dragoljub, facelija, heljda, kamilica, a od dvogodišnjih i višegodišnjih vrsta cvetajući i samonikli lukovi,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

maslačak, anis, korijander, hajdučka trava i deteline. Tako se gajenjem facelije (*Phacelia tanacetifolia*) kao biljke koja dugo cveta, polinatorima obezbeđuje velika količina polena i nektara, ali i osolikim muovama kao značajnim predatorima biljnih vaši. Sa druge strane, biljne vrste koje istovremeno privlače štetočine i njihove prirodne neprijatelje koriste se kao lovni usevi u biološkoj borbi (Sarkar et al., 2018). Tako, na primer, borač (*Borago officinalis*) istovremeno privlači zelenu breskvinu vaš (*Myzus persicae* Sulz.) koja tokom vegetacije napada brojne povrtarske biljke, kao i njene prirodne neprijatelje, odnosno zlatooke (*Chrysopa septempunctata* Westmael, *Chrysoperla carnea* Stephens) i parazitoidnu osicu *Aphidius colemani* Viereck (Fujinuma et al., 2010).

Direktne mere suzbijanja

Direktne mere suzbijanja obuhvataju biološke mere, odnosno primenu prirodnih neprijatelja (predatora, parazitoida i patogenih mikroorganizama), kao i primenu biopesticida.

Biološke mere. Biološke mere podrazumevaju suzbijanje štetočina primenom njihovih prirodnih neprijatelja (predatora, parazitoida) i patogenih mikroorganizama (virusa, bakterija ili gljiva). Predatori su organizmi koji se hrane drugim organizmima, najčešće štetnim za poljoprivrednu proizvodnju. Pored nekih vrsta ptica i sisara, značajni predatori su i mnogi insekti, grinje i nematode.

- Prirodni neprijatelji (predatori i parazitoidi)

Među insektima, postoji značajan broj predatorskih vrsta kao što su zlatooke (*Chrysopa septempunctata* Westmael, *Chrysoperla carnea* (Stephens)) čije se larve hrane lisnim vašima, lisnim buvama, grinjama i larvama mnogih vrsta. U mnogim državama uzgajaju se u laboratorijskim uslovima. Takođe, predatorske stenice, a naročito vrste iz rodova *Orius* i *Anthocoris* (Anthocoridae, Hemiptera) su značajni predatori lisnih vaši, lisnih buva, raznih vrsta gusenica, grinja i drugih štetočina. Najznačajnije vrste su *Anthocoris nemoralis* (Fabricius) i *Anthocoris nemorum* (L.) koje se u laboratorijskim uslovima masovno proizvode i unose u voćnjake radi biološkog suzbijanja štetnih vrsta. Njihova predatorska uloga je naročito važna u smanjenju brojnosti lisnih buva kruške (*Cacopsylla pyri* (L.), *Cacopsylla pyrisuga* (Foerster), *Cacopsylla pyricola* (Foerster)) jer se odlikuju visokom efikasnošću, izraženoj sklonosti ka migraciji i brzom uticaju na promenu brojnosti njihovih populacija (Shaltiel and Coll, 2004; Souliotis and Moschos, 2008).



Slika 4.7. i 4.8. *C. carnea* – izgled larve (foto: <https://entocacre.nl>) i *A. nemorum* – izgled imaga (foto: <https://ukrbin.com>)

U povrtarskoj proizvodnji, značajne su predatorske stenice iz roda *Orius*, *Macrolophus* i *Dicyphus*. Hrane se tripsima, lisnim vašima, grinjama i larvama leptirastih vaši. Jedne od najznačajnijih predatorskih vrsta su i bubamare (Coccinellidae, Coleoptera) koje se hrane lisnim i štitastim vašima, grinjama, gusenicama, larvama opnokrilaca i tvrdokrilaca. Predatori su i u stadijumu larve i u stadijumu imaga (Tešanović i sar., 2010; Slogget, 2021; Taranto, 2022; Stanić, 2024). Naročito su značajne sedmotačkasta bubamara (*Coccinella septempunctata* L.) koja kao imago pojede oko 500 vaši, a kao larva oko 190 i dvotačkasta bubamara (*Adalia bipunctata* (L.)) koja u stadijumu imaga pojede oko 400 vaši, a u stadijumu larve oko 70. Njihova predatorska uloga je veoma značajna u smanjenju broja štitastih i leptirastih vaši na mnogim gajenim biljkama, naročito na citrusima. Tako je vrsta *Chilocorus bipustulatus* (L.), važan predator lovorove štitaste vaši (*Aonidia lauri* (Bouché)) (Graora i Radonjić, 2016).



Slika 4.9. i 4.10. *C. septempunctata* – izgled imaga (foto: Stanić) i *Syrphidae* – izgled larve (foto: Stanić)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

U pojedinim zemljama, brašnasta vaš citrusa (*Planococcus citri* (Risso)) biološki se suzbija ispuštanjem bubamare *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, dok se u Turskoj kao predatorska vrsta koristi bubamara *Serangium parcesetosum* Sicard u suzbijanju bele leptiraste vaši citrusa (*Dialeurodes citri* (Ashmead)) (Uygun et al., 1996). Takođe, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) je u svetu poznata po uspešnom biološkom suzbijanju narandžine štitaste vaši (*Icerya purchasi* Maskell), dok se za biološko suzbijanje vunastih štitastih vaši koristi vrsta *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. Jedna od najinvazivnijih vrsta širom sveta je višebojna azijska bubamara (*Harmonia axyridis* (Pallas)) koja je u Kanadu, Sjedinjene Američke Države i Evropu unesena zbog biološkog suzbijanja štitastih i lisnih vaši (Mičetić Stanković i sar., 2011). Značajnu predatorsku ulogu imaju i trčuljci (Carabidae, Coleoptera) čije se odrasle jedinke i larve hrane larvama mnogih vrsta, kao i kusokrilci (Staphylinidae, Coleoptera) koji se hrane štetnim insektima i grinjama u zemljištu. Takođe, značajni predatori su i osolike muve (Syrphidae, Diptera) čije se larve hrane lisnim i štitastim vašima i grinjama (Turk et al., 2019; Reggo et al., 2022; Stanić, 2024). Komercijalno se proizvode lutke osolikih muva iz kojih eklodiraju odrasle jedinke koje polažu jaja u blizini kolonija lisnih vaši. Jedna larva osolike muve tokom dve sedmice razvoja, prosečno pojede 300-500 vaši. Tako se na primer, u biološkoj kontroli lisnih vaši na malini, pri nižoj infestaciji unosi 100 lutki po hektaru, najčešće tri puta, obavezno pre cvetanja jer odrasle jedinke moraju imati dovoljno polena i nektara za reprodukciju. Za biološko suzbijanje, koristi se i predatorska mušica galica (*Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)) (Cecidomyiidae, Diptera) koja se u mnogim zemljama laboratorijski uzgaja i komercijalno prodaje u stadijumu lutke. Tako se u zasadima maline ova vrsta pokazala efikasnijom u kontroli lisnih vaši u odnosu na *Aphidius colemani* Viereck koja se veoma često koristi u biološkoj zaštiti povrća.

Prirodni neprijatelji mnogih štetnih insekata i grinja su predatorske grinje. Najznačajnije predatorske vrste koje se koriste u voćnjacima za biološko suzbijanje pripadaju rodovima *Phytoseius*, *Phytoseiulus*, *Amblyseius* i *Typhlodromus*. U svetu je poznat tehnološki postupak suzbijanja koprivine grinje (*Tetranychus urticae* Koch) u zaštićenom prostoru pomoću predatorske grinje *Phytoseilus persimilis* Athias-Henriot koja se hrani jajima, larvama i odraslim jedinkama. U Evropi postoji nekoliko kompanija koje se bave komercijalnom proizvodnjom ove grinje u različitim stadijumima od kojih je najpoznatija firma Koppert (Malais and Ravansberg, 2003). Osim *Phytoseilus persimilis*, komercijalno se proizvode i prodaju i druge predatorske grinje iz rodova

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Phytoseiulus i *Amblyseius* koje se koriste u suzbijanju tripsa, naročito kalifornijskog cvetnog tripsa (*Frankliniella occidentalis* (Pergande)).

Entomopatogene nematode su obligatni ili fakultativni paraziti insekata koji u telo domaćina ulaze kroz prirodne otvore (usni aparat, anus, stigme) ili direktno kroz kutikulu. Nakon ulaska, nematode iz svog tela oslobađaju simbiotske bakterije koje se veoma brzo razmnožavaju u hemolimfi. Bakterije rastvaraju tkivo domaćina i pretvaraju ga u hranu za nematode. Usled toga, domaćin uginje za nekoliko časova ili u roku od jednog do dva dana. Iako su bakterije primarni uzročnici uginuća domaćina, i same nematode sintetišu toksine koji pospešuju njegovo uginjavanje. Entomopatogene nematode imaju brojne osobine koje ih čine izrazito dobrim biološkim agensima kao što su širok spektar domaćina, aktivno traženje domaćina, jednostavno laboratorijsko gajenje i terenska primena, dugoročna efikasnost i bezbednost za životnu sredinu. Sprovedena su brojna istraživanja koja ukazuju na efikasnu primenu ovih nematoda u kontroli štetnih vrsta insekata kao što su žilogriz, jabukin smotavac, breskvin smotavac i breskvin staklokrilac (Nježić, 2016). U velikom broju zemalja ove nematode se komercijalno proizvode i distribuiraju kao biološki preparati koji se vrlo efikasno primenjuju u organskoj proizvodnji. Tako se u cilju smanjenja brojnosti prezimljujućih larvi jabukinog smotavca koriste entomopatogene nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) i *Steinernema feltiae* (Filipjev) koje se primenjuju na mestima prezimljavanja larvi. Takođe, nematode iz rodova *Steinernema* i *Heterorhabditis* su komercijalizovane kao agensi biološke borbe protiv mnogih štetočina, kao što su larve gundelja i rovca. Tretiranjem zemljišta ovim nematodama smanjuje se brojnost prezimljujućih larvi crne i žute šljivine ose (*Hoplocampa minuta* (Christ), *Hoplocampa flava* (L.)) za 62-92% (Nježić and Ehlers, 2020). Za suzbijanje grčica i larvi rilaša koriste se predatorske nematode od kojih su najznačajnije vrste *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, *Steinernema feltiae* (Filipjev) i *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Schneider).

Za razliku od predatora, parazitoidi žive na račun domaćina samo u stadijumu larve, a kao odrasle jedinice vode drugačiji način života i uglavnom se hrane cvetnim nektarom. Parazitoidi polažu jaja na domaćina (ektoparazitoidi) ili unutar njega (endoparazitoidi). Žive i razvijaju se u ili na domaćinu dok ne završe svoj razvoj uzrokujući njegovo uginjavanje. Među njima, najvažnije su parazitoidne osice iz familija Ichneumonidae, Braconidae i Trichogrammatidae, kao i muve guseničarke (familija Tachinidae).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Najznačajniji predstavnici parazitoidnih osica koji se koriste za suzbijanje štetnih vrsta insekata u voćarstvu i vinogradarstvu su parazitoidi jaja, larvi, lutki i imaga. U voćnjacima se najčešće koriste *Trichogramma embryophagum* (Hartig) i *Trichogramma cacoeciae* Marchal, koje se u svetu komercijalno proizvode i ispuštaju u voćnjake čime se smanjuje brojnost populacija štetnih vrsta. Ove osice parazitiraju jaja leptira i osa listara iz familije Tenthredinidae, a veoma su značajne i u biološkom suzbijanju jabukinog smotavca (*Cydia pomonella* L.). Takođe, značajni parazitoidi jaja gubara (*Lymantria dispar* L.) su vrste *Anastatus disparis* R. i *Ooencyrtus kuvanae* (Howard) koje se gaje u laboratorijskim uslovima, a potom ispuštaju u prirodu. Za biološko suzbijanje kalifornijske štitaste vaši koristi se osica *Encarsia perniciosi* (Tower), za dudovu štitastu vaš primenjuje se *Encarsia berlesei* (Howard), a za belu leptirastu vaš, vrsta *Encarsia formosa* Gahan. Značajna parazitoidna vrsta je i *Aphelinus mali* (Haldeman) koja parazitira larve krvave vaši (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann)). U nekim evropskim zemljama, za biološko suzbijanje jabukine ose (*Hoplocampa testudinea* (Klug)) primenjuje se parazitoidna osica *Lathrolestes ensator* (Brauns) koja može smanjiti brojnost populacije larvi za 20-40%. Najveća efikasnost u biološkom suzbijanju smeđe mramoraste stenice (*Halyomorpha halys* Stal) utvrđena je kod parazitoida jaja iz rodova *Trissolcus* i *Anastatus*, dok se dobri rezultati u suzbijanju jagodinog sjajnika (*Stelidota geminata* (Say)), postižu korištenjem parazitoida larvi *Brachyserphus abruptus* (Say). Biološko suzbijanje brašnatih i leptirastih vaši na citrusima je jedan od najvažnijih mera u većini mediteranskih zemalja. Tako se brašnasta vaš citrusa (*Planococcus citri* (Risso)) suzbija ispuštanjem parazitoidne osice *Leptomastix dactylopii* Howard, dok se bela leptirasta vaš citrusa (*Dialeurodes citri* (Ashmead)) u Italiji i Izraelu suzbija primenom parazitoidne osice *Encarsia lahorensis* (Howard) (Barbagalo et al., 1992; Pollini et al., 1993). U mnogim mediteranskim zemljama se biološko suzbijanje vunaste leptiraste vaši (*Aleurothrixus floccosus* (Maskell)) primenjuje ispuštanjem endoparazitoidne osice *Cales noacki* Howard čija efikasnost iznosi 70-80%. Takođe, za suzbijanje medećeg cvrčka (*Metcalfa pruinosa* (Say)) koristi se parazitoidna osica *Neodryinus typhlocybae* (Ashmead) (Masten and Seljak, 2006). Kao značajni parazitoidi prezimljujućih lutki sivog i žutog grozdovog smotavca značajne su osice *Dibrachys affinis* Masi i *Dibrachys cavus* (Walker) koje su u Španiji ispoljile efikasnost od 70% (Abram et al., 2021).

U povrtarskoj proizvodnji, u svetu je veoma proširena tehnologija upotrebe parazitoidne osice *Encarsia formosa* Gahan, za suzbijanje bele leptiraste vaši (*Trialeurodes vaporariorum* (Westw.)) u zaštićenom prostoru. U promet se stavlja u stadijumu lutke koja se unosi odmah

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

nakon pojave prvih jedinki leptiraste vaši, i još nekoliko puta nakon toga. U suzbijanju minirajućih muva (*Liriomyza* spp.) koriste se parazitoidne osice (*Dacnusa sibirica* Telenga, *Diglyphus isaea* (Walker) i *Opius pallipes* Wesmael). Biljne vaši kao značajne štetočine mnogih povrtarskih biljaka efikasno se suzbijaju primenom osica *Aphidius colemani* Viereck, *Aphidius ervi* Haliday i *Aphelinus abdominalis* (Dalman) koje polažu jaja u odrasle jedinke vaši izazivajući njihovu mumificiranost. U biološkoj borbi protiv sovice, kupusara, i kukuruznog plamenca koriste se parazitoidne osice iz roda *Trichogramma* koje parazitiraju jaja leptira, pa se uzgajaju i komercijalno proizvode u tu svrhu.

Parazitoidne vrste iz reda dvokrilaca (Diptera) parazitiraju larve mnogih vrsta leptira, kao i odrasle jedinke tvrdokrilaca, skakavaca i stenica. Najveći broj vrsta polaže jaja na telo domaćina. Nakon piljenja, larve parazitoide prodiru kroz kožu, hrane se u telu domaćina u kojem provode celi razvoj izazivajući njegovo uginuće.

- Entomopatogeni mikroorganizmi i njihovi proizvodi

Primena entomopatogenih mikroorganizama u suzbijanju brojnih vrsta štetnih insekata zauzima značajno mesto. Biološki preparati mogu biti na bazi različitih mikroorganizama (gljive, bakterije, virusi).

Entomopatogene gljive - žive u prirodi, u zemljištu i inficiraju insekte prodirući u telo kroz kutikulu ili otvore stigmi (Đukić i sar., 2007). Približno oko 80% bolesti kod insekata izazivaju entomopatogene gljive koje prodiru direktno kroz kutikulu (Litwin et al., 2020) i ispunjavaju telo sporama koje ga razaraju, i koje su vidljive na površini (Altinok et al., 2019; Solanki et al., 2020). Najčešće entomopatogene gljive uključuju rodove *Aspergillus*, *Beauveria*, *Fusarium*, *Culicinomyces*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Tolypocladi* i *Verticillium* (Ramanujam et al., 2014; Grgić i sar., 2022). Najčešće obolevaju larve koje deo života provode u zemljištu, ili one koje su skrivene u biljnim ostacima ili pod korom drveća, odnosno na mestima sa visokom vlažnošću. Na pojedinim vrstama lisnih vaši i kruškinih buva razvijaju se gljive *Entomophthorales* koje direktno prodiru kroz kutikulu insekata. Tako se gljive *Entomophthora planchoniana* Cornu i *Entomophthora fresenii* Gustafsson razvijaju na zelenoj lisnoj vaši jabuke (*Aphis pomi* De Geer), *Entomophthora planchoniana* Cornu na pepeljastoj vaši jabuke (*Dysaphis plantaginea* (Passerini)), dok se *Entomophthora aphidis* Hoffmann razvija na krvavoj vaši (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann)). Jedan od načina prirodnog suzbijanja štetnih insekata jeste i korišćenje ovih gljiva od kojih se mnoge komercijalno proizvode i koriste kao biološka zaštita folijarnom aplikacijom ili direktnim unošenjem u zemljište (Jaber and Ownley,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

2017). Entomopatogene gljive se sve više primenjuju u biološkoj kontroli jer ne postoji opasnost od zagađenja okoline, smanjuje se mogućnost rezistentnosti, dolazi do povećanja biodiverziteta uz mogućnost suzbijanja insekata u svim razvojnim stadijumima (Asi et al., 2013; Araujo and Hughes, 2016; Sultana et al., 2017). Međutim, njihova primena ispoljava i određene nedostatke kao što su duže vreme delovanja na insekte, visoka cena koštanja i kompleksnija primena (Jaronski, 2014; Singh et al., 2017). U uslovima organske proizvodnje, u mnogim zemljama široku primenu imaju bioinsekticidi na bazi entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) koji se koriste u biološkom suzbijanju jabukinog smotavca, jabukine ose, smeđe mramoraste stenice, majskog gundelja, trešnjine muve i lešnikovog žiška. U biološkom suzbijanju krompirove zlatice i bele leptiraste vaši, kao veoma efikasna pokazala se primena gljive *Beauveria bassiana* i *Verticilium lecanii* (Zimm.), dok se tretiranjem zemljišta suspenzijom gljive *Metarhizium brunneum* Petch. postiže visoka smrtnost prezimljujućih lutki kruškine plodomorke (*Contarinia pyrivora* Riley).

Bioinsekticidi na bazi bakterija smatraju se najefikasnijim biopesticidima. Navedeni agensi ishranom dospevaju u digestivni sistem insekata i izlučuju toksine koji izazivaju proliferaciju digestivnog trakta. Prvi simptomi delovanja su prestanak ishrane, a nakon nekog vremena, uginjavanje insekata. Entomopatogene bakterije koje se koriste u biološkoj borbi pripadaju familijama Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae i Bacillaceae (Đukić i sar., 2007). Najveću upotrebu ima bakterija *Bacillus thuringiensis* koja se koristi za suzbijanje velikog broja štetnih insekata kao što su: gubar, dudovac, mali mrazovac, jabukin smotavac, pepeljasti grozdov smotavac, maslinin moljac, gusenice kupusara, kupusnog moljca, krompirove zlatice i drugih vrsta. Ova bakterija u vreme sporulacije sintetizira kristale sa insekticidnim proteinima koji prodiru u hemolimfu i izazivaju uginjavanje. Preparati na bazi ove bakterije se najčešće primenjuju folijarno, nakon piljenja larvi. Fotolabilni su i nemaju dugo rezidualno delovanje, pa se ponovno primenjuju nakon sedam dana. Osim *Bacillus thuringiensis*, široku primenu imaju i preparati na bazi bakterije *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao koji se u Turskoj koriste za suzbijanje lešnikovog žiška. U organskoj proizvodnji, primenjuju se i derivati mikroorganizama koji nastaju fermentacijom prirodnih zemljišnih organizama (bakterije *S. spinosa*) koji se nazivaju naturaliti. Najpoznatiji insekticid iz ove grupe je spinosad koji ispoljava kontaktno i digestivno delovanje. Kontaktno deluje na sve razvojne stadijume štetnih insekata, s tim što se u cilju ispoljavanja zadovoljavajućeg efekta na položena jaja insekta mora

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

direktno nanijeti na njih, dok je za larve i imaga dovoljno da dođe u kontakt sa tretiranom površinom. U voćarstvu se koristi na jabuci, malini, jagodi i vinovoj lozi za suzbijanje štetnih vrsta iz redova Thysanoptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera i Coleoptera. Preparati na bazi spinosada primenjuju se folijarno, a postoji i insekticidni mamac sa atraktantom (spinosad), koji se koristi za suzbijanje muve masline (*Bactrocera olea* (Rossi)) i mediteranske voćne muve (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)).

Granuloza se javlja kod insekata koji tokom godine imaju dve, tri i ponekad četiri generacije. Virusi se razvijaju u masnom tkivu i krvnim ćelijama. Infektivni su za sve gusenice iz familije Tortricidae, a obolele gusenice dobijaju belu boju. Viruse granuloze larve usvajaju putem ishrane, nakon čega virus ulazi u hemolimfu u kojoj se umnožava što uzrokuje uginuće zaraženih insekata. Virusi granuloze se komercijalno proizvode i koriste za suzbijanje jabukinog smotavca, smotavca pokožice ploda i raznih vrsta sovice. Poliedroza se najčešće javlja kod insekata koji imaju samo jednu generaciju godišnje. Najpoznatije poliedroze su kod gubara i dudovca. Virusi poliedroze se proizvode industrijski.

Botanički biopesticidi. U organskoj poljoprivrednoj proizvodnji veoma značajnu primenu imaju botanički biopesticidi, odnosno ekstrakti različitih vrsta biljaka (piretrin, menta, bor, kim, uljana repica), zatim azadirahthin, kvazija, rotenon i razna biljna ulja.

Poznato je da biljke sadrže brojne odbrambene mehanizme kojima se štite od napada raznih štetočina zahvaljujući postojanju različitih supstanci sa pesticidnim svojstvima kao što su etarska ulja. To su prirodne materije, odnosno kompleksna mešavina lipofilnih, tečnih, mirisnih i isparljivih komponenti koje se nalaze u sekretornim strukturama aromatičnih biljaka. Pripadaju različitim hemijskim jedinjenjima (fenoli, alkoholi, etri, aldehidi, ketoni, amini, amidi). Biljni fenoli predstavljaju jednu od najčešćih grupa odbrambenih jedinjenja koja imaju repelentnu ulogu. Takođe, veoma važnu ulogu ima malignin koji povećava žilavost lišća smanjujući tako ishranu insekata i nutritivni sadržaj lista, odnosno izaziva "antifeeding" efekat. Isti efekat za mnoge vrste insekata ispoljavaju i flavoni, flavononi i flavani. Toksično ili repelentno delovanje za insekte imaju i alkaloidi, od kojih je napoznatiji nikotin koji se nalazi u korenu biljke duvana (*Nicotiana tabacum*). Nikotin se transportuje u lišće gdje se skladišti u vakuolama, a oslobađa se kada se insekti počinju hraniti lišćem i vakuole probiju usnim aparatom (Kovačević i Momirović, 2004). Najznačajniji biljni insekticidi su piretrin i azadirahthin, a osim njih, primenjuju se kvazija, rotenon i biljna ulja.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Piretrini su insekticidna jedinjenja koja se ekstrahuju iz cveta biljke buhača (*Chrysanthemum cinerarifolium*). Ispoljavaju brzo delovanje na insekte, odnosno izazivaju „knock down” efekat (Gunasekara, 2004; Nayak, 2020). Koriste se za suzbijanje lisnih vaši, cikada i većeg broja insekata u stadijumu larve. U zasadima vinove loze se primenjuju za suzbijanje cikade *Scaphoideus titanus*, vektora fitoplazme *Ca. Phytoplasma vitis*.

Azadirahthin je alkaloid izolovan iz drveta neem (*Azadirachta indica*) koje potiče iz Afrike i Azije. Predstavlja jedan od istaknutih komercijalnih biopesticida u organskoj proizvodnji u celom svetu. Ispoljava „antifeeding” efekat i ometa rast insekata. Širokog je spektra delovanja i koristi se za suzbijanje brojnih insekatskih vrsta, kao što su lisne vaši na jabuci, obična kruškinu buva, sivi grozdov smotavac i mnoge druge vrste (Kilani-Morakchi et al., 2021). Osim registrovanih biopesticida koji su najčešće ekstrahovani iz semena biljke neem, u organskoj proizvodnji povrća koriste se i uljne pogače koje ispoljavaju nematocidni efekat (Riga and Lazarovitz, 2001). One se inkorporiraju u zemljište i ne deluju toksično na zemljišne mikroorganizme.

Kvazija je ekstrakt tropske biljke *Quassia amara* koji deluje kao repelent. Koristi se za suzbijanje lisnih vaši, jabukine lisne ose (*Hoplocampa testudinea* Klug) i gusenica brojnih insekata.

Rotenon je prirodni insekticid koji se ekstrahuje iz korena i lišća tropskih biljaka (*Derris* spp. i *Lonchocarpus* spp.) (Vacacela Ajila et al., 2020). Ispoljava kontaktno i digestivno delovanje na insekte (Nayak, 2020).

Biljna ulja (mentino ulje, ulje crnogorične smole, ulje uljane repice) su mešavine prirodnih supstanci koje su ekstrahovane iz različitih biljnih delova (cvetovi, seme, plodovi). Koriste se kao insekticidi, akaricidi, fungicidi i inhibitori klijanja. Imaju široku primenu u organskoj proizvodnji voća i povrća. Insekticidni efekat imaju etarska ulja lekovitih biljaka, uglavnom iz porodica Lamiaceae, Myrtaceae, Asteraceae, Rutaceae, Lauraceae i Apiaceae. Takođe, veoma efikasnim etarskim uljima koja se koriste u zaštiti biljaka, smatra se ulje bosiljka, citrusa, eukaliptusa, lavande, ruzmarina i različitih vrsta metvice (Dizdar, 2012; Škadra, 2014). Istraživanjima je utvrđeno da etarska ulja pet biljnih vrsta (*Foeniculum vulgare* Mill., *Mentha piperita* L., *M. pulegium* L., *Ocimum basilicum* L. i *Pimpinella anisum* L.) pokazuju efikasno insekticidno delovanje na biljne vaši (Ikbal and Pavela, 2019). Tako se biljna ulja koriste za suzbijanje kalifornijskog tripsa (*Frankliniella occidentalis* Pergan.), običnog paučinara (*Tetranychus urticae* Koch), leptiraste vaši duvana (*Bemisia tabaci* Genn.), zelene breskvine vaši (*Myzus persicae* (Sulzer)) i drugih vrsta štetnih insekata.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Osim navedenih botaničkih insekticida, u organskoj proizvodnji koriste se i sapuni, kaolinska glina, pčelinji vosak, lecitin, kalijev sapun i hidrolizirani proteini.

Sapuni se koriste za suzbijanje biljnih vaši, bele leptiraste vaši i nekih vrsta grinja. Naročito se koristi kalijumov sapun koji nastaje mešanjem masti biljnog porekla kao što je maslinovo, kokosovo ili palmino ulje, i alkalnih proizvoda (kalijum hidroksid). Često se dodaje piretroidima biljnog porekla radi poboljšanja njihove efikasnosti. Uzrokuje gušenje insekata i oštećuje kutikulu, pa izaziva njihovo uginuće. Pogodan je za folijarnu primenu i koristi se za suzbijanje lisnih vaši i raznih vrsta muva (Paulić, 2022).

Kaolinska glina je silikatni aluminijev mineral koji se na biljku nanosi kao vodeni rastvor. Isparavanjem vode na tretiranoj biljci ostaje bela prevlaka koja smanjuje stres biljaka usled visokih temperatura i ultraljubičastog zračenja, poboljšava fotosintezu i fiziološko stanje biljke. Takođe, repelentno deluje na mnoge štetne insekte koji se otežano kreću po površini tretirane biljke, čime se smanjuje njihova ovipoziciona aktivnost i hranjenje na voćkama i vinovoj lozi (Glenn and Puterka, 2004; Glenn, 2016). Primena kaolinske gline u voćarskoj proizvodnji smatra se prekretnicom u organskoj proizvodnji voća (Glenn, 2009). Tako su nakon dužeg istraživanja Markó i sar. (2008) utvrdili da je u zasadima jabuke višestruka primena kaolinske gline značajno smanjila brojnost najznačajnijih štetnih vrsta insekata jabuke kao što su: jabukina zelena lisna vaš (*Aphis pomi* De Geer), kalifornijska štitasta vaš (*Comstockaspis perniciosa* (Comstock)), jabukin cvetojed (*Anthonomus pomorum* (L.)), jabukina osa (*Hoplocampa testudinea* Klug) i jabukin smotavac (*Cydia pomonella* L.). Tokom višegodišnjeg istraživanja u zasadima kruške, Daniel i sar. (2005) utvrdili su da je kaolinska glina najefikasnije delovanje ispoljila na smanjenje brojnosti kruškinog cvetojeda (*Anthonomus piri* Koll.) i obične kruškine buve (*Cacopsylla pyri* (L.)), koja predstavlja najznačajniju štetocinu kruške u svim rejonima njenog gajenja (Erler, 2004; Jenser et al., 2010; Civolani, 2012; Tešanović i sar., 2016). Zbog svog širokog spektra delovanja, kaolinska glina takođe deluje na određene štetočine koštičavog voća, posebno na trešnji i višnji. Tako se koristi u suzbijanju maraskinog svrdlaša (*Anthonomus rectirostris* L.), trešnjine muve (*Rhagoletis cerasi* (L.)) (Mezofi et al., 2018), maslinine muve (*Bactrocera oleae* (Rossi)) i maslinovog medića (*Saissetia oleae* Olivier (Pascual et al., 2010).

Pčelinji vosak se koristi kod debljih preseka grana nakon rezidbe koje je potrebno zaštititi od prodiranja biljnih patogena i štetočina. Kod vinove loze preporučuje se premazivanje preseka većih od dva centimetra u cilju sprečavanja infekcije fitopatogenim gljivama.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Lecitin je proizvod prirodnog porekla koji se sastoji od složene mešavine fosfatida (fosfatidilkolin, fostatidiletanolamin i fosfatidilinozitol) u kombinaciji sa drugim materijama (trigliceridi, masne kiseline, ugljenihidrati). Ispoljava insekticidna i akaricidna svojstva (Bretones and Aguilera, 2020).

Hidrolizirani proteini osim što podstiču vegetativni porast biljaka, koriste se i kao hranidbeni atraktanti (Cola et al., 2015). Imaju veliki značaj u monitoringu pojedinih vrsta insekata jer ih privlače u klopke u kojima se nalaze. Upotrebljavaju se kao atraktanti u kombinaciji sa bioinsekticidima. Primenuju se u zasadima masline i citrusa za privlačenje muve masline (*Bactrocera oleae* (Rossi)) i mediteranske voćne muve (*Ceratitis capitata* (Wiedemann)) tokom leta i dopunske ishrane odraslih jedinki.

Regulatori razvoja insekata se često mogu koristiti u organskoj proizvodnji kao sredstva koja inhibiraju proces presvlačenja insekata. Po prestanku presvlačenja larve ne uzimaju hranu i ubrzo uginu. Koriste se za suzbijanje krompirove zlatice, jabukinog smotavca, kruškine buve, lisnih minera, grozdovih smotavaca i drugih vrsta. Inertna prašiva u svom sastavu imaju amorfnе silikate koji apsorbuju vosak sa površine tela insekata ili imaju čestice koje su oštre i mehanički oštećuju kutikulu insekata. Obično se koristi diatomejska zemlja za suzbijanje različitih vrsta gusenica, naročito u povrtarskoj proizvodnji.

Suzbijanje puževa, glodara i ptica u organskoj biljnoj proizvodnji

U organskoj biljnoj proizvodnji, veliku štetu nanose puževi koji se javljaju pretežno na skrovitim, mračnim i vlažnim mestima. Uglavnom su prisutni puževi sa ljušturom kao što su vrste *Helix pomatia* L. i *Cepaea* spp., a od puževa golaća štete nanose vrste iz rodova *Limax*, *Deroceras* i *Milax*. Puževi izazivaju direktne i indirektne štete. Direktne štete nastaju usled ishrane na listovima, plodovima i drugim sočnim delovima biljaka. Na listovima su oštećenja vidljiva u vidu nepravilnih ovalnih izgrizotina, a na plodovima su površinske ili duboke izgrizotine nepravilnog oblika. Indirektne štete nastaju usled zagađenja biljaka sa izmetom i sa sluzi, preko kojih prenose i fitopatogene viruse, bakterije i gljive.

U cilju suzbijanja puževa, u organskoj proizvodnji primenuju se preventivne i mehaničke mere. Preventivne mere podrazumevaju redovnu kontrolu vlažnosti u zaštićenom prostoru korišćenjem ventilatora i stalnim provetravanjem, kao i primenu sistema navodnjavanja kap po kap čime se vlaga direktno usmerava gajenoj biljci i na taj način smanjuje vlažnost koja pogoduje razvoju puževa. Mehaničke mere

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

podrazumevaju ručno sakupljanje i odlaganje puževa u jače plastične kese koje se vežu da bi se puževi ugušili, zatim otresanje sa drvenastih biljaka ili postavljanje raznih barijera (ograda, kanali ispunjeni pepelom, peskom ili raznim strugotinama koje oštećuju telo puževa prelaskom preko njih, krečom ili drugim dehidratantnim sredstvima). Sakupljanje puževa je najbolje vršiti neposredno nakon kiše, rano ujutru ili tokom noći uz pomoć lampe. Kako bi se olakšao ovakav način prikupljanja, na pojedinim mestima se može pripremiti veštačko stanište u vidu plastične cevi, drveta, zgužvane novine ili tkanine. Sakupljanje puževa se vrši i postavljanjem plastičnih posuda napunjenih pivom koje se ukopavaju u zemljište tako da vrh čaše ne bude potpuno u nivou zemljišta, nego da se izdigne oko jednog centimetra. Takođe, sejanjem pojedinih biljaka koje odbijaju puževe (pelin, komorač, anis, ruzmarin, beli luk, ren, timijan, mak) oko gajenih povrtarskih biljaka, sprečava se nastanak šteta. U nekim zemljama primenjuju se biološke mere korištenjem predatorske nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita*, nakon čega je potrebno biljke dobro zaliti kako bi nematode dospele dublje u zemljište.

Pored puževa, značajne štetočine u poljoprivredi su i glodari, a ponekad i zečevi. Najveće štete mladim voćnjacima nanose mali šumski miš (*Apodemus sylvaticus* L.), veliki poljski miš (*Apodemus flavicollis* Melch.), poljska voluharica (*Microtus arvalis* Pall.) i vodena voluharica (*Arvicola terrestris* L.). Miševi su naročito štetni za mlade voćnjake jer su mlade sadnice često jedina hrana do koje mogu doći tokom hladne zime. Voluharice često izgrizaju korenje voćaka, kako u prizemnom delu tako i ispod zemljišta, pa se voćke suše i lako vade iz zemljišta. Značajne štete može naneti i evropski zec (*Lepus europaeus* Pallas) koji oštećuje koru debla izazivajući sušenje stabla, naročito kada je visok snežni pokrivač. Glodari najveća oštećenja prave tokom jeseni i zime, a štete su naročito izražene u godinama kada je topla jesen jer su ratarski usevi već skinuti, a njihova aktivnost se ne smanjuje zbog viših dnevnih temperatura (Jurišić i sar., 2021).

U cilju suzbijanja glodara primenjuju se agrotehničke, mehaničke i biološke mere. Agrotehničke mere podrazumevaju obradu zemljišta kojom se uništavaju hodnici i gnezda sa mladuncima, povređuju odrasle jedinke ili se izbacuju na površinu i postaju plen ptica. Takođe, neophodno je uklanjanje korovske vegetacije koja predstavlja idealno stanište za njihov razvoj. Mehaničke metode obuhvataju postavljanje raznih hranidbenih atraktanata, odnosno klopki napravljenih od žitarica ili mekinja, nakon čega se vrši njihovo uništavanje. Osim atraktanata, koriste se i repelenti, među kojima primenu ima ekstrakt semena ljute paprike kapsicin koji ispoljava odbijajuće delovanje na glodare i zečeve.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Biološke mere podrazumevaju primenu njihovih prirodnih neprijatelja, odnosno predatora (zmije, mačke, psi, lasice, kune i ptice) i patogenih mikroorganizama. Najbolji predatori glodara su zmije, ali se one ne mogu koristiti ciljano za suzbijanje glodara, i sove, ali je njihovo područje delovanja ograničeno uz gnezdo (Uzin, 2008). Najbolji rezultati zaštite voćnjaka postižu se pravovremenim i preventivnim pregledom lokaliteta, ali je najbolje utvrditi i analizirati starosnu i polnu strukturu glodara na šta ukazuju i drugi autori u svojim istraživanjima (Turchin and Batzli, 2001; Jurišić i sar., 2021).

U organskim voćnjacima, osim obezbeđivanja povoljnih uslova za razvoj predatorskih vrsta insekata, potrebno je napraviti i skloništa za druge korisne životinje kao što su lasice, ježevi i ptice. U tu svrhu se postavljaju kućice koje privlače ptice koje imaju značajnu ulogu u regulisanju brojnosti štetnih vrsta insekata i glodara. Međutim, ptice često mogu naneti i velike štete hraneći se semenkama i plodovima gajenih biljaka. Među njima se naročito ističu siva vrana (*Corvus cornix* L.), svraka (*Pica pica* L.) i poljski vrabac (*Passer montanus* L.). U cilju njihovog rasterivanja koriste se vizuelni i zvučni efekti, a usevi se prekrivaju sintetičkom mrežom radi zaštite u vreme sazrevanja zrnastih kultura.

Literatura

- Abram, P.K., Labbe, R.M., Mason, P.G. 2021. Ranking the host range of biological control agents with quantitative metrics of taxonomic specificity. *Biological Control*, 152, 104427.
- Akhtar, A., Malik, A. 2000. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plants parasitic nematodes a review: *Bioresource Technology*, Vol. 74, 35.
- Altieri, M.A., Nicholls. C. I. 2006. *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*, Berkeley, CA, USA, University of California, p. 290.
- Altinok, H., Altinok, M. A., Koca, A. S. 2019. Modes of action of entomopathogenic fungi. *Curr. Trends Nat. Sci*, 8 (16), 117-124.
- Araújo, J. P. M., & Hughes, D. P. 2016. Diversity of Entomopathogenic Fungi. *Advances in Genetics*, 1–39. doi:10.1016/bs.adgen.2016.01.001.
- Asi, M. R., Bashir, M. H., Afzal, M., Zia, K., Akram M. 2013. Potential of Entomopathogenic Fungi for Biocontrol of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23 (3): 913-918.
- Barbagallo, S., Longo, S., Patti, I., Rapisarda, C. 1992. Efficiency of biological control against citrus whitefly in Italy. *Boll. Zool. Agr. Bachic. Ser.II*, 24 (2), 121-135.
- Beers, E. H., J. F. Brunner, M. J. Willett, and G. M. Warner. 1993. Orchard pest management. *Good Fruit Grower*, Yakima, WA.
- Ben-Issa, R., Gomez, L., Gautier, H. 2017. Companion Plants for Aphid Pest Management. (<http://doi.org/10.3390/insects8040112>).
- Bretones, M., Aguilera, F. 2020. Use of lecithins as a biocide against arthropods. European patent application.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Brown, P.D., Morra, M. J. 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate containing plants. In *Advances in Agronomy*, Vol. 61:167-215. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 23-42. doi:10.1007/s11157-020-09525-1.
- Chelami, D.O., Olson, S. M. 1997. Adaptation of solarization to the integrated management of soilborne pests of tomato under humid conditions. *Phytopatology* 87 (3): 250-258.
- Civolani, S. 2012. The past and present of pear protection against the pear psylla, *Cacopsylla pyri* L. In Perveen, F. (Ed.), *Insecticides - Pest Engineering* (pp. 385-408). Rijeka: IN TECH.
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., Roupael, Y. 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38.
- Čengić-Džomba, S., Drkenda, P., Đikić, M., Gadžo, D., Latinović, N., Mirecki, N., Mirecki, S. 2014. *Organska proizvodnja*, Univerzitet Crne Gore, Biotehnički fakultet Podgorica.
- Daniel, C., Pfammatter, W., Kehrl, P., Wyss, E. 2005. Processed kaolin as an alternative insecticide against the European pear sucker, *Cacopsylla pyri* (L.). *Journal of Applied Entomology*, 129: 363-367. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.00981.x>.
- Dekker, J. 1997. Weed diversity and weed management. *Weed Science*. Vol. 45:357-363.
- Díaz-Pérez J.C. 2009. Root Zone Temperature, plant growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* (Plenck) var. Italica) as affected by plastic film mulches. *Scientia Horticulturae* 123 (2): 156-163.
- Difonso, C.D., Ragsdale, D.W., Radcliffe, E.B., Gudmestad, N.C. and Secor, G. A. 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. *Ann. Appl. Biol.* 129, 289 – 302.
- Dizdar, M. 2012. Alelopatski fenomeni u povrtnim i travnjačkim kulturama. *Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb.
- Đukić, D. A., Jemcević, V. T., Kuzmanova, J. 2007. *Biotehnologija zemljišta*. Univerzitetu Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku.
- Erlener, F. 2004. Natural enemies of the pear psylla *Cacopsylla pyri* in treated vs untreated pear orchards in Antalya, Turkey. *Phytoparasitica*, 32 (3), 295-304.
- Fujinuma, M., Kainoh, Y., Nemoto, H. 2010. *Borago officinalis* attracts the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 45, 615-620.
- Glenn, D. M. 2009. Particle Film Mechanisms of Action That Reduce the Effect of Environmental Stress in 'Empire' Apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134,3,314-321.
- Glenn, D. M. 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality. *Scientia Horticulturae*, 201 (2), 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.035>.
- Glenn, D. M., Puterka, G. J. 2004. Particle Films: A New Technology for Agriculture. *Horticultural Reviews*, 31 (1), 1-44. <https://doi.org/10.1002/9780470650882.ch1>
- Grahovac, M., Inđić, D., Lazić, S., Vuković, S. 2009. Biofungicidi i mogućnosti primjene u savremenoj poljoprivredi. *Pesticidi i Fitomedicina*, 24 (4), 245-258.
- Graora, D., Radonjić, S. 2016. Bionomy of the Laurel scale *Aonidia lauri* (Bouche) (Hemiptera: Diaspididae) in Podgorica, Montenegro. *Pesticides and Phytomedicine*, 31(1-2), 69-75.
- Greer, L. and Dole, J. M. 2013. Aluminium Foil, Aluminium-painted Plastic, and Degradable Mulches Increase Yields and Decrease Insect-vectored Viral Diseases

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Grgić, S., Čosić, J., Sarajlić, A. 2022. Entomopatogene gljive roda *Fusarium*: potencijal u biološkoj kontroli kukaca. *Poljoprivreda*, 28, 51-57.
- Gunasekara, A. S. 2004. Environmental fate of pyrethrins. Environmental Monitoring Branch, Department of Pesticide Regulation, Sacramento, CA, 1-19.
- Hogg, B. N., Bugg, R. L., Daane, K. M. (2011). Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. *Biol. Control*. 56, 76-84.
- Hooks, C. R. R. and Fereres, A. 2006. Protecting plants from non – persistently aphid – transmitted viruses: A review on the use of barrier plants as a management tool. *Virus Research* 120, 1-15.
- Igrc Barčić, J., Maceljki, M. 2001. Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetočina, Zrinski, Čakovec.
- Ikbal, C., Pavela, R. 2019. Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science*. 92: 971-986.
- Jaber, L. R., Ownley, B. H. 2017. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116, 36-45. doi:10.1016/j.biocontrol. 2017.01.018.
- Jaronski, S. T. 2014. Mass Production of Entomopathogenic Fungi: State of the Art. *Mass Production of Beneficial Organisms*, 357-413. doi:10.1016/b978-0-12-391453-8.00011-x.
- Jenser, G., Szita, E., Bálint, J. 2010. Measuring pear psylla population density (*Cacopsylla pyri* L. and *C. pyricola* Förster): review of previous methods and evaluation of a new technique. *North-Western Journal of Zoology*, 6 (1), 54-62.
- Jurišić, A., Ivanović, I., Poljaković-Pajnik, L., Vasić, V., Velojić, M., Drekić, M., Petrović, A., Meselđžija, M., Dabić, S., Potkonjak, A. 2021. Priručnik za kontrolu i suzbijanje glodara u šumarstvu-praktikum, Vojvodina šume, Petrovaradin.
- Jurišić, A., Kranik, N., Ivanović, I., Vuković, S., Potkonjak, A. 2021. Glodari i njihova kontrola u voćnjacima, *Biljni lekar/Plant doctor*, 49, 5, 613-625. DOI: 10.5937/BiljLek2105613J.
- Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H., Sifi, K. 2021. Azadirachtin-based insecticide: Overview, risk assessments, and future directions. *Frontiers in Agronomy*.
- Kovačević, D., Momirović, N. 2004. Borba protiv korova u organskoj poljoprivredi. *Acta herbológica*, 13 (2), 261-267.
- Kreuter, M. L. 2002. *Bio. Vrt. Andromeda*, Rijeka.
- Kulina, M., Mojević, M., Tešanović, D. 2006. Uticaj klimatskih faktora na dinamiku cvjetanja jabuke (*Malus* sp.). *Agroznanje*, vol. 7. br. 2, 27-36.
- Lalićević, I., Radonjić, A., Petrović-Obradović, O. 2020. Primena vizuelne i olfaktorne percepcije u monitoringu i suzbijanju biljnih vaši. *Biljni lekar/Plant doctor*, 48, 1/2020, 5-14.
- Lamont W. J. 2005. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. *HortTechnology* 15 (3), 477-481.
- Lazić, B. 2008. *Organska poljoprivreda*, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Little, T., Frost, D. 2008. *A farmer's guide to Organic fruit and vegetable production*. Organic Centre Wales. Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences. UK.
- Litwin, A., Nowak, M., Rozalska, S. 2020. Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 23-42. doi:10.1007/s11157-020-09525-1.
- Maggi, C., Chreil, R. 2023. Codling Moth (*Cydia pomonella*) Biology, and Integrated Pest Management. *Tree Fruit Insects*, (1) 1-12.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Malais, M. K., Ravensberg, W. J. 2003. Knowing and recognizing. The biology of glasshouse pests and their natural enemies. *Koopert and Reed business Information*: 1-288.
- Markó, V., Blommers, L. H. M., Bogya, S., Helsen, H. 2008. Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid. *Journal of Applied Entomology*, 132: 26-35. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01233.x>.
- Masten, T., Seljak, G. 2006. Širenje medvećeg cvrčka (*Metcalfa pruinosa* Say) u Hrvatskoj. *Glasilno biljne zaštite* (6), 316-318.
- Mezofi, D., Sipos, P., Vetek, G., Elek, R., Marko, V. 2018. Evaluation of kaolin and cinnamon essential oil to manage two pests and a fungal disease of sour cherry at different tree canopy levels, DOI: 10.1007/s41348-018-0168-2.
- Mičetić Stanković, V., Koren, T., Stanković, I. 2011) The Harlequin ladybird continues to invade southeastern Europe. *Biological Invasions*, Vol. 13, Num. 8: 1711-1716.
- Mirecki, N. 2011. Proizvodnja povrća u organskoj poljoprivredi. Program razvoja organske poljoprivrede u Crnoj Gori, 1-76.
- Momirović, N. 2004. Korišćenje mulč polietilenskih folija u povrtarskoj proizvodnji. *Draft verzija preglednog naučnog rada*; 1-23.
- Nahar, N., Uddin, M.M., de Jong, P., Struik, P.C., Stomph, T.J. 2020. Technical efficacy and practicability of mass trapping for insect control in Bangladesh. *Agronomy for Sustainable Development*, 40: 19.
- Nayak, P. 2020. Botanical pesticides: An insecticide from plant derivatives. *Biotica Research Today*, 2 (8), 727-730.
- Ninkovic V., Dahlin I., Vucetic A., Petrovic-Obradovic O., Glinwood R. 2013. Volatile Exchange between Undamaged Plants-a New Mechanism Affecting Insect Orientation in Intercropping. *PLoS ONE* 8 (7): e69431.
- Ninkovic, V., Glinwood, R., Dahlin, I. 2009. Weed-barley interactions affect plant acceptance by aphids in laboratory and field experiments. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 133. 38-45. of Vegetables. *HortTehnology*, 13 (2), pp. 276-284.
- Nježić, B. 2016. Entomopatogene nematode u biološkoj zaštiti bilja. *Glasnik zaštite bilja*, 4, 10-14.
- Nježić, B., Ehlers, R.U. 2020. Entomopathogenic nematodes control Plum Sawflies (*Hoplocampa minuta* and *H. flava*). *Journal of applied entomology*, 144, 6, 491-499.
- Oka, Y., Nacar, S., Putiesky, E., Ravid, U., Zohara, Y., Spiegel, Y. 2000. Nematocidal activity of essential oils and their components against root knot nematode. *Phytopathology*, 90 (7), 710-715.
- Oljača, S., Kovačević, D., Momirović, N., Mratinić, E., Sivčev, B., Mladenović, M., Medić, N., Hristov, S., Relić, R., Adamović, O., Stojanović, B., Grubić, G., Bogdanov, N., Sredojević, Z., Rodić, V., Lazarević, J., Fotirić, M. 2005. Organska poljoprivredna proizvodnja, Monografija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Zemun.
- Paraschiv, M., Hornoiu, S., Chiş, C., Vîrteiu, A. 2019. The flight of codling moth (*Cydia pomonella* Linnaeus, 1758). Population in apple orchards in Sălişteia (Alba: Romania).
- Pascual, S., Cobos, G., Seris, E., Nunez, G., M. 2010. Effects of processed kaolin on pests and non-target arthropods in a Spanish olive grove, DOI:10.1007/s10340-009-0278-5.
- Pascual-Villalobos, M. J. Cantó-Tejero, M., Vallejo, R., Guirao, P., Rodríguez-Rojo, S. Cocero, M. J. 2017. Use of nanoemulsions of plant essential oils as aphid repellents. *Industrial Crops i Products*, 110, 45-57.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

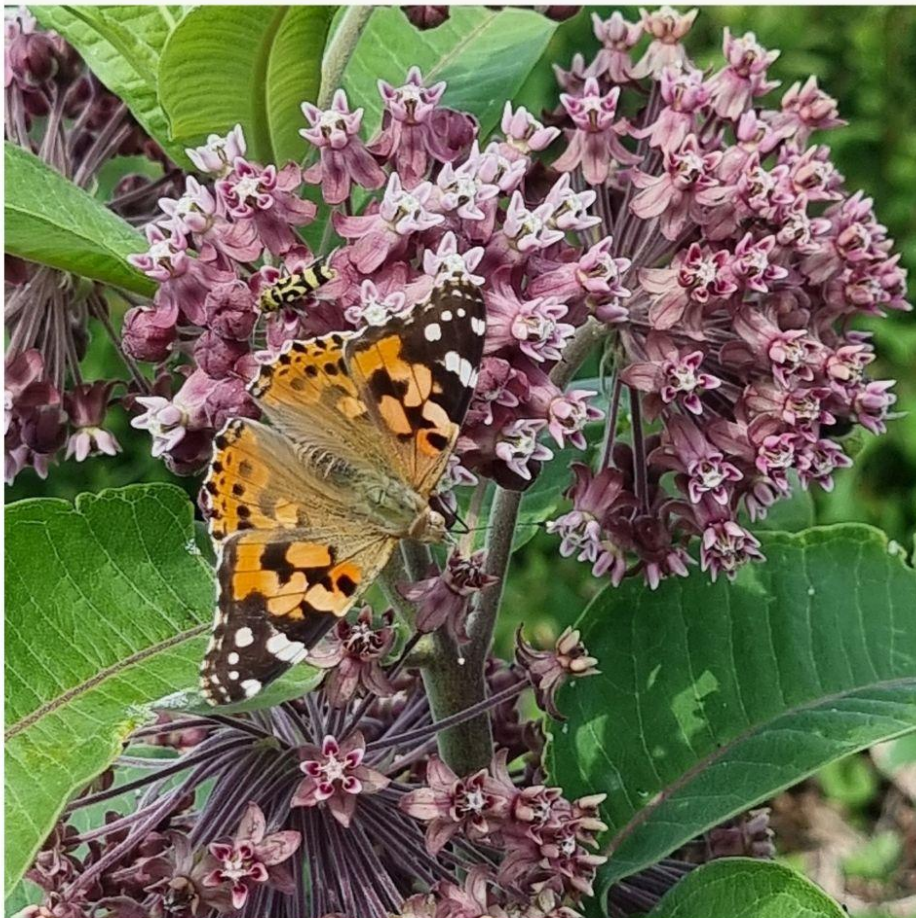
- Paulić, T. 2022. Novi trendovi u zaštiti bilja od bolesti i štetnika u ekološkoj proizvodnji, Diplomski rad, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek.
- Pollini A., Ponti I., Laffi F. 1993. Insetti dannosi alle piante da frutto, Edizioni Li Informatore Agrario. Verona. p.163-186.
- Pszczolkowski, M. A. 2023. Prospects of Codling Moth Management on Apples with Botanical Antifeedants and Repellents. *Agriculture*, 13, 311. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020311>.
- Radcliffe, E.B., Ragsdale, D.W. and Suranyi, R.A. (2007). IPM case studies, seed potato. H. van Emden, R. Harrington (Eds.), *Aphids as crop pests*, CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 613-625.
- Radman, S. Fabek Uher, S., Benko, B., Opačić, N., Toth, N., Žutić, I. 2021. Primjena ljekovitih biljaka u ekološkoj zaštiti povrća, *Glasnik zaštite bilja*, Broj 3, Ekološka poljoprivreda i zaštita, 4-10.
- Ramanujam, B., Rangeshwaran, R., Sivakmar, G., Mohan, M., Yandigeri, M. S. 2014. Management of Insect Pests by Microorganisms. *Proceedings of Indian National Science Academy*, 80 (2), 455-471.
- Rego, C., Smit, J., Aguiar, A. F., Cravo, D., Penado, A., Boieiro, M. 2022. A pictorial key for identification of the hoverflies (Diptera: Syrphidae) of the Madeira Archipelago, *Biodiversity Data Journal*, 10: e78518. doi: 10.3897/BDJ.10.e78518.
- Riga, E., Lazarovitz, G. 2001. Development of an organic pesticide based of neem products. *Phytopathology* 91141.
- Sarkar, S.C., Wang, E., Wu, S., Lei, Z. 2018. Application of Trap Cropping as Companion Plants for the Management of Agricultural Pests: a Review: *Insects* <https://doi.org/10.3390/insects9040128>
- Sekulić, R., Spasić, R., Kereši, T. 2008. Štetočine povrća i njihovo suzbijanje. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad i Beograd, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Shaltiel, L., Coll, M. 2004. Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The Importance of Orchard colonization time and neighboring vegetation. *Biocontrol Science & Technology*, 14: 811-821.
- Simoni, E. 2004. Biobrt: prirodne tehnike: kako održati vrt bujnim poštujući prirodu. Leo-Commerce, Rijeka.
- Singh, D., Raina, T. K., Singh, J. 2017. Entomopathogenic Fungi: An Effective Biocontrol Agent for Management of Insect Populations Naturally. *Pharm. Sci. & Res.* Vol. 9 (6), 2017, 830-839.
- Sivčev, L. 2006. Masovno izlovljavanje rutave bube u cilju njenog suzbijanja. *Zaštita bilja*, vol. 57 (1-4), No 255-258, 89-98, Beograd.
- Sloggett J. J. 2021. Aphidophagous ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) and climate change: a review. *Insect Conservation and Diversity*, 14: 709-722.
- Sohrwardy, H., Debnath, J., Al Mahbub, A., Tofazzal Islam, R. 2021. Eco-friendly management of insect pests in agriculture by pheromones: a review. *Ecology Journal* (2): 203-215.
- Solanki, M. K., Kashyap, P. L., Kumari, B. (Eds.) 2020. *Phytobiomes: Current Insights and Future Vistas*. Springer Singapore. 225-250. doi:10.1007/978-981-15-3151-4.
- Souliotis, C., Moschos, T. 2008. Effectiveness of some pesticides against *Cacopsylla pyri* and impact on its predator *Anthocoris nemoralis* in pear-orchards. *Bulletin of Insectology* 61 (1), 25-30.
- Stanić, D. 2022. Značaj gajenja združenih usjeva povrtarskih biljaka u zaštiti od štetočina, *Biljni Lekar/Plant Doctor*, 50, 5/2022, 363-374.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Stanić, D. 2024. The predators of aphids on apples in the region East Sarajevo (Bosnia and Herzegovina). *Plant Protection Science*, 60, 2024 (1): 97-105. <https://doi.org/10.17221/64/2023-PPS>.
- Stanić, D. 2023. Štetna entomofauna jabuke na području Istočnog Sarajeva (Republika Srpska, Bosna i Hercegovina), *Biljni Lekar/Plant Doctor*, vol. 51, br. 5, str. 673-689, DOI: 10.5937/BiljLek2305673S.
- Sultana, R., Kumar, S., Yanar, D. 2017. Application of Entomopathogenic fungi for insect pests control. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 7-13.
- Škadra, A. 2014. Upotreba insekticidnih biljnih vrsta u bilinogojstvu. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
- Tanović, N., Pejičić, J., Džubur, A., Mijanović, K., Hadžić, A., Busuladžić, I. 2007. *Organska proizvodnja hrane*. Izdavač Univerzitet „Džemal Bijedić“ Mostar, Agromediteranski fakultet Mostar.
- Taranto L., Rodrigues I., Villa M., Santos S., Pereira J.A. 2022. Response of the Coccinellidae community within sustainable vineyards to the surrounding landscape. *Agronomy*, 12: 2140.
- Tešanović, D. 2009. Diverzitet štetnih insekata jabuke na području Istočnog Sarajeva. Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet.
- Tešanović, D., Spasić, R., Jerinić Prodanović, D. 2016. Psyllid Species (*Cacopsylla* spp.) in Pear Orchards of East Sarajevo. *Agro-knowledge Journal*, vol. 17, no 1, 81-89.
- Tešanović, D., Spasić, R., Makera, A. 2010. The predators of aphid species in the location Kula (East Sarajevo). I Scientific Symposium of agronomists with international participation, "Agrosym", December 9-11, Jahorina.
- Tuovinen, T., Kikas, A., Tolonen, T., Kivijärvi, P. 2006. Organic mulches vs. black plastic in organic strawberry: does it make a difference for ground beetles (Col., Carabidae). *Journal of Applied Entomology*. 130 (9-10): 495-503.
- Turchin, P., Batzli, G. O. 2001. Availability of food and the population dynamics of arvicoline rodents. *Ecology*, 82 (6): 1521-1534.
- Turk, J. K., Memon, N., Memon, M. I. 2019. First record and description of two species of genus *Scaeva* Fabricius (Diptera: Syrphidae) from Balochistan, Pakistan, *Pure and Applied Biology*, 8: 1271-1280.
- Uygun, N., Ulusoy, R., Karaca, I., Kersting, U. 1996. Approaches on biological control of *Dialeurodes citri* (Ashmead) in Turkey. XX Int. Congress of Entomology, Firenze, 25-31.08., Summary No. 22-050.
- Uzin, I. 2008. Suzbijanje glodavaca u voćnjacima, Specijalistički rad, Sveučilište Josipa Jurja Štrosmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
- Vacacela, A., Oliveira, E., Lemos, F., Haddi, K., Colares, F., Marques Gonçalves, P. H., Venzon, M., Pallini, A. 2020. Effects of lime sulfur on *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis*, two naturally occurring enemies of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest management science*, 76 (3), 996-1003.
- Vukomanović, T. 2018. Alelopatija u ekološkom uzgoju povrća, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- White, A.J., Wratten, S.D., Berry, N.A., Weigmann, U. 1995. Habitat manipulation to enhance biological control of *Brassica* pests by hover flies (Diptera: Syrphidae). *J. Econ. Entomol.*, 88, 1171-1176.
- Woodwards, P. 2012. Pest-repellents plants. Hyland House, Melbourne.
- Yildirim, E., Turam, M. 2013. Growth, yield and mineral content of broccoli intercropped with lettuce. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23 (3), 919-922.

BIOINSEKTICIDI KAO POTENCIJAL ZA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVO SUZBIJANJE ŠTETOČINA

Dragana Bošković



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹Tokom prethodne dve decenije biološko suzbijanje štetnih organizama u poljoprivredi dobija sve više na značaju, sa ciljem smanjenja upotrebe sintetičkih sredstava za zaštitu bilja, čija primena sa sobom nosi niz negativnih posledica po čoveka, životinje i celokupnu biocenozu. Proizvodnja, implementacija i potražnja za biopesticidima razvija se istovremeno širom sveta. Definicija biopesticida se tokom godina menjala i proširivala, te današnja uža definicija biopesticida podrazumeva ekološki prihvatljive pesticide dobijene od prirodnih supstanci (biohemikalija), mikroorganizama i biljaka (Dutta, 2015). U širem smislu, biološki načini suzbijanja se zasnivaju na upotrebi bioloških agenasa prirodnog porekla, odnosno prirodnih neprijatelja, koji uključuju parazitoide, parazite, predatore, patogene ili produkte njihovog metabolizma (mikotoksini), antagoniste i kompetitore koji se koriste u cilju smanjenja populacija štetnih organizama (Van Driesche and Bellows, 1996; Poveda et al., 2020). Takođe, biološka zaštita podrazumeva i korišćenje biljnih ekstrakata, etarskih ulja i semiohemikalija kao bioloških agenasa, uključujući i transgene biljke (plant-incorporated protectants - PIP).

Na osnovu štetnih organizama koje suzbijaju, biopesticidi se dele na biofungicide (suzbijanje fitopatogenih prouzrokovaca bolesti), bioherbicide (suzbijanje korova), bionematocide (suzbijanje štetnih nematoda), bioakaricidi (suzbijanje štetnih paučinara) i bioinsekticide (suzbijanje štetnih insekata) (Gupta and Dikshit 2010; Abbey et al., 2019).

Biolološko suzbijanje štetnih insekata u poljoprivrednoj proizvodnji, ne odnosi se samo na implementaciju u organskom sistemu, već predstavlja i važan resurs u integralnom sistemu proizvodnje.

U nastojanju da se smanji upotreba hemijskih sredstava, raste potreba za manje toksičnim i štetnim pesticidima koji su ekološki prihvatljiviji, sa smanjenim rizikom po zdravlje ljudi i životnu sredinu (Bošković et al., 2024a). Potražnja i tržište biopesticida beleže značajan rast, iako su i dalje ispod nivoa konvencionalnih pesticida. Ipak, procene ukazuju da će u narednih deset godina biopesticidi dostići nivo sintetičkih pesticida. Povećana potražnja za ovim proizvodima proizilazi iz potrebe za organski gajenim poljoprivrednim proizvodima, bez ostataka pesticida, što je jedan od glavnih ciljeva *Green Deal* agende Evropske Unije.

¹ Dr Dragana Bošković, istraživač saradnik
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Prednosti bioinsekticida u odnosu na sintetičke insekticide (Daraban et al., 2023; Bošković et al., 2024a):

- Odlikuje ih niska toksičnost za ljude, životinje, korisne i neciljane organizme poput predatora, parazitoida i polinatora;
- Ispoljavaju manji uticaj na životnu sredinu;
- Najčešće su visoko selektivni, delujući samo na ciljane organizme i njima srodne vrste, za razliku od konvencionalnih pesticida koji mogu uticati na neciljane organizme poput korisnih insekata, ptica i sisara;
- Razvoj rezistentnosti je odložen, usporen ili nepostojeći;
- Većina bioinsekticida ima kraći polu-vek razgradnje i manju perzistentnost, što rezultira bržom razgradnjom pod uticajem spoljašnjih faktora u poređenju sa sintetičkim insekticidima;
- Karenca i radna karenca su kraće.

Nedostaci bioinsekticida u odnosu na sintetičke insekticide (Tijjani et al., 2016; Wang et al., 2020; Stenberg et al., 2021):

- Biološka efikasnost nakon primene u velikoj meri zavisi od faktora spoljašnje sredine, kao što su temperatura i vlaga, na koje su osetljivi;
- Najčešće sporije deluju, što predstavlja značajno ograničenje u situacijama kada je potencijalna šteta velika i zahteva brzo delovanje;
- Ograničavajući faktor upotrebe prirodnih neprijatelja kao agenasa za kontrolu brojnosti različitih štetočina je nemogućnost njihove jednostavne introdukcije u biocenozu, u kojoj se sponatno do tada nisu nalazili;
- Tehnološko-komercijalna ograničenja, koja se najviše ispoljavaju pri masovnoj proizvodnji biopreparata, posebno problemi pri formulisanju, predstavljaju jedan od glavnih izazova njihove primene jer se radi o nestabilnim (npr. biopesticidi na bazi bakterija ili virusa) ili lako isparljivim materijama (botanički biopesticidi);
- Biološka specifičnost biopesticida, sa aspekta zaštite životne sredine, predstavlja značajnu prednost. Međutim, iz perspektive poljoprivrede to može biti nedostatak, jer delovanje ovih preparata utiče isključivo na određene ciljane vrste, bez šireg spektra delovanje na druge štetočine.

Bioinsekticidi u svom sastavu mogu da sadrže živi organizam (makro ili mikrobiološki agens) ili supstancu prirodnog porekla kao biološki agens (Bošković et al., 2018), koja pored direktnog delovanja, može da ispoljava dejstvo i preko metabolita poput toksina, kristala ili antibiotika. Takođe,

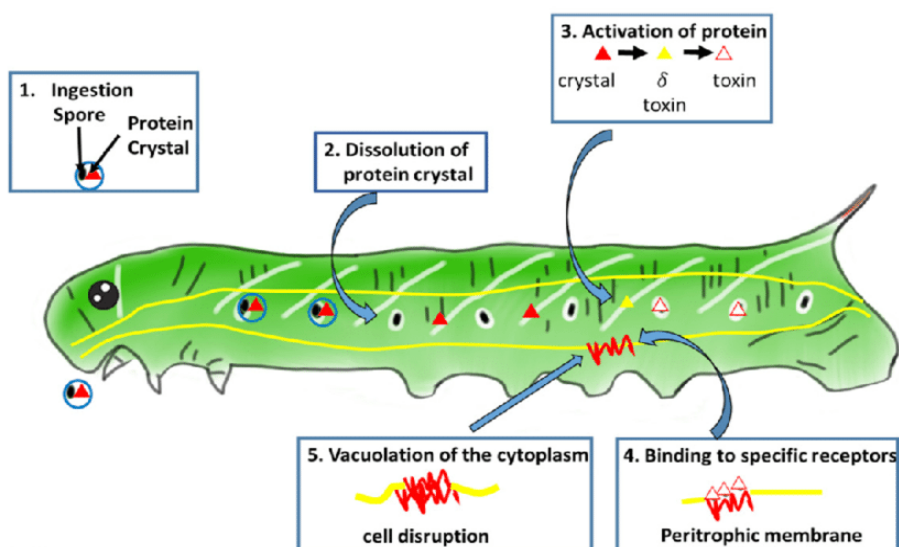
Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

delovanje može da se manifestuje i kroz povećanje otpornosti biljaka (Copping and Menn, 2000). Prema biološki aktivnom agensu, bioinsekticidi se dele u tri osnovne kategorije (Singh, 2017; Simpson et al., 2019):

- Mikrobiološki bioinsekticidi (bakterije, gljive, virusi itd);
- Plant-incorporated protectants (PIP) – transgene biljke sa unetim genima druge vrste;
- Biohemijski insekticidi – supstance prirodnog porekla (biljni ekstrakti, semiohemikalije, etarska ulja i dr.).
- Makrobiološki insekticidi (predatori i parazitoidi)

Mikrobiološki bioinsekticidi

Ova grupa predstavlja alternativu sintetičkim insekticidima u zaštiti bilja, a među njih se ubrajaju bioinsekticidi koji sadrže entomopatogene mikroorganizme kao biološki aktivne agense, uključujući bakterije, gljive, viruse, protozoe, čak i neke alge (Singh, 2017), koje karakteriše visoka selektivnost, jer obično deluju na jednu ili nekoliko vrsta srodnih insekata (Copping and Menn, 2000; Simpson et al., 2019). Deluju pretežno digestivno, razmnožavajući se u crevnom traktu insekata i postepeno dovodeći do smrti domaćina. Takođe, insekticidni efekat mogu ispoljiti i putem toksina koje sintetišu, a većina tih toksina pripada grupi peptida (Singh, 2017; Simpson et al., 2019).



Slika 5.1. Mehanizam delovanja *Bacillus thuringiensis* u larvama Lepidoptera (foto: https://www.researchgate.net/figure/Mode-of-action-of-Bacillus-thuringiensis-in-Lepidopteran-caterpillar-1-ingestion-of_fig3_318039006)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Bakterija *Bacillus thuringiensis* (Bt) jedan je od prvih entomopatogenih mikroorganizama, čija bioinsekticidna svojstva su bila predmet mnogih istraživanja. Reč je o gram-pozitivnoj bakteriji, široko rasprostranjenoj u različitim ekološkim nišama, pri čemu se njene spore mogu izolovati iz zemljišta, slatkovodnih sistema, rizosfere, uginulih insekata itd. (Palma et al., 2014). Ono što izdvaja *B. thuringiensis* od ostalih pripadnika roda *Bacillus* je sposobnost proizvodnje parasporalnih kristalnih inkluzija. Ovi kristali se sastoje od proteina (Cry i Cyt) i nosioci su insekticidnog delovanja na veliki broj vrsta iz reda Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, Hymenoptera i Hemiptera, najčešće u stadijumu larve. Bt ispoljava delovanje na *Tribolium castaneum* (Herbst), *Leptinotarsa decemlineata* (Say), *Anthonomus grandis* (Boh.), *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Tenebrio molitor* (L.), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), *Diabrotica virgifera* (J. L. Le Conte), *Sitophilus oryzae* (Schoenherr), *Melolontha melolontha* (L.), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Domínguez-Arrizabalaga et al., 2020). Pored insekticidnog, utvrđeno je i ispoljavanje akaricidnih i nematocidnih svojstava. Iako je pomenuta bakterija jedna od najpoznatijih mikrobioloških agenasa u zaštiti bilja, zbog svojih povoljnih osobina i dobre efikasnosti ispitivana su i njena dejstva kao biofertilizatora, biofungicida i bioherbicida (Kumar et al., 2021).

Trenutno aktuelni izazovi primene Bt su usmereni na razvoj transgenih biljaka, sa ciljem razvoja biljnih vrsta otpornih na više štetočina i smanjenja, tj. usporavanja, razvoja rezistentnosti ciljanih organizama. U svetu je do sada otkriveno preko 100 različitih klasa Bt toksina, poput onih povezanih sa vegetativnom fazom rasta nazvani Vip (vegetative insecticidal protein) i Sip (secreted insecticidal protein) proteini, koji se izlučuju u medijum (Palma et al., 2014; Domínguez-Arrizabalaga et al., 2020). Cry geni su klasifikovani u 75 porodica (Cry 1 - Cry 75), 40 Cyt gena grupisanih u 3 porodice (Cyt 1, Cyt 2 i Cyt 3) i 146 Vip gena, koji su grupisani u 4 porodice (Vip 1 - Vip 4) (Crickmore et al., 2020).

Bt toksini koriste se preko 60 godina kao bioinsekticidi, jer su specifični, bezbedni i razgradivi, što im daje višestruku prednost u odnosu na sintetičke insekticide (Palma et al., 2014; Domínguez-Arrizabalaga et al., 2020). Takođe, pomenuti toksini su bezbedni po zdravlje ljudi, kičmenjaka i biljaka, te ne dolazi do njihove akumulacije u životnoj sredini (Duarte Neto et al., 2020).

Mehanizam delovanja Bt toksina nije u potpunosti razjašnjen. Najveći broj istraživanja insekticidnog dejstva sproveden je na vrstama iz reda Lepidoptera, ali se pretpostavlja da putem sličnog mehanizma delovanja utiču i na druge redove insekata.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Da bi se insekticidni efekat ispoljio neophodno je da insekt unese u organizam neki od pomenutih proteina, te da on dospe u srednji deo crevnog trakta, gde se rastvara i dolazi do proteolitičke aktivacije pomoću enzima. To dalje dovodi do pucanja proteina i oslobađanja fragmenata toksina, što omogućava toksinima da se vežu za specifične receptore locirane na membranama epitela ćelija srednjeg creva kod domaćina. Tada dolazi do stvaranja pora sa neselektivnom permeabilnošću praćenom osmotskim šokom, razgradnjom ćelija i na kraju smrću insekata (Palma et al., 2014; Jurat-Fuentes and Crickmore, 2017; Domínguez-Arrizabalaga et al., 2020).

Pored *Bacillus*, gram-negativne bakterije iz roda *Pseudomonas* takođe mogu da ispoljavaju insekticidno dejstvo. Ove aerobne, rizosferne, bakterije su široko rasprostranjene u prirodi i najčešće deluju na larvene stadijume insekata (Mnif and Ghribi, 2015), tako što ih insekti unose putem hrane pri čemu dolazi do njenog naseljavanja u srednjem delu crevnog trakta, što dovodi do smrti (Kupferschmied et al., 2013). Do sada je identifikovano oko 90 gena odgovornih za insekticidno dejstvo vrsta roda *Pseudomonas* (Flury et al., 2016). Vrsta *Pseudomonas fluorescens* svojim toksinima utiče na komarca vrste *Aedes aegypti* (Linn) (Lalithambika et al., 2014). Soj *P. aeruginosa* ispoljava larvicidni efekat na *Anopheles arabiensis* (Patton) i *Bactrocera oleae* (Rossi) (Omoya and Akinyosoye, 2011; Mostakim et al., 2012), dok soj *P. chlororaphis* lučenjem proteina toksičnih za insekte utiče na smrtnost larvi *Spodoptera* i *Heliothis* (Ruffner et al., 2013). Najveći izazov za efikasno korišćenje ovih bakterija jeste prevazilaženje izazova stabilnosti i vitalnosti u formulisanim preparatima, jer se najčešće bioinsekticidi na bazi bakterija ovog roda moraju čuvati u hladnijim uslovima (frižider) (Stockwell and Stack, 2007).

Insekticidno delovanje ispoljavaju i druge bakterije, poput entomopatogenih sojeva koji pripadaju vrsti *Lysinibacillus sphaericus* (ranije poznatog i kao *Bacillus sphaericus*), takođe delovanjem putem toksina (Bin A - Tpp1 i Bin B - Tpp2) na epitelne ćelije mikrovila u srednjem crevu larvi komaraca, pojedinih vrsta simulida (Ruiu et al., 2015), kao i kod vrsta *Blatella germanica* (L.), *Spodoptera litura* (F.) (Nishiwaki et al., 2007; Berry, 2012). Predstavnici roda *Paenibacillus* (*P. popilliae* i *P. lentimorbus*) su entomopatogene vrste koje utiču na larve familije Scarabaeidae (Khachatourians, 2019). Bakterija *Brevibacillus laterosporus* je izolovana iz različitih supstrata poput zemljišta, slatkovodnih sistema, mora, insekatskih ljuštura, površine lista i dr. Za ovu bakteriju je utvrđeno da je entomopatogen nekih vrsta iz reda Coleoptera (*Leptinotarsa decemlineata*, *Lasioderma serricorne* (Fabricius), *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), *Anthonomus grandis*

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Boheman)), Lepidoptera (*Cydia pomonella* (L.), *Anticarsia gemmatalis* (Hubner)), Diptera (*Culex quinquefasciatus* (Say), *Ae. aegypti*), nekih nematoda i mekušaca (Ruiu et al., 2013). Još jedna bakterija koja poseduje insekticidno dejstvo, naročito na larve komaraca, je gram-pozitivna bakterija *Clostridium bifermentans* (Edagiz et al., 2015; Glare et al., 2017).

Različiti sojevi bakterija ispoljavaju drugačiji efekat na insekte domaćine, ali je većini bakterija koje infestiraju insekte, zajedničko delovanje pomoću toksina. Neke od navedenih vrsta već su godinama komercijalno dostupne za primenu u poljoprivrednoj proizvodnji, ali u manjoj meri u odnosu na sintetičke pesticide.

Budućnost primene mikrobioloških insekticida je svetla, upravo zbog uklanjanja mnogih sintetičkih insekticida sa tržišta i potrebe za proizvodnjom zdravstveno bezbedne hrane (Glare et al., 2017).

Pojedina jedinjenja izolovana iz aktinomicete *Saccharopolispora spinosa*, takođe poseduju insekticidno dejstvo. Aktinomicete su poznate zbog svog antibiotiskog, ali i anti-kancerogenog, imunosupresivnog i insekticidnog dejstva (Tao et al., 2019). Derivati ove aktinomicete svrstani su u grupu spinozina koji su po svojoj strukturi makrociklični laktoni, koji se međusobno razlikuju po različitim stepenima metilacije. Jedinjenja iz ove grupe, koja ispoljavaju insekticidni efekat, karakterišu se drugačijim mehanizmom delovanja u odnosu na poznate sintetičke insekticide, što ih čini posebno značajnim u implementaciji antirezistentne strategije. Takođe, karakteriše ih i smanjen negativan uticaj na životnu sredinu (Salgado and Sparks, 2005; Bacci et al., 2016). Najaktivnije komponente spinozina su spinozin A i spinozin D (Tao et al., 2019), koji su komercijalizovani 1997. godine za suzbijanje štetočina iz redova Lepidoptera, Thysanoptera (tripsi), Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hymenoptera, Isoptera, Orthoptera i dr. (Salgado and Sparks, 2005; Sparks et al., 2021). Njihov mehanizam delovanja sličan je kao kod alosterinih aktivatora nikotin acetilholinskih receptora (nAChR), pritom istovremeno delujući antagonistički na receptore γ -aminobuterne kiseline (GABA) (Salgado and Sparks, 2005). Na taj način utiču na nervni sistem insekata i dovode do kontrakcija mišića, paralize i na kraju do smrti insekata (Shimokawatoko et al., 2012).

Spinetoram (XDE-175) je višekomponentni tetraciklični makrolid koji se sastoji od dve aktivno povezane komponente (XDE-175-J i XDE-175-L), nastao kao proizvod fermentacije *S. spinosa*. Razlika između ove dve komponenta je jedna dodatna metil grupa na četvrtom ugljeniku centralnog prstena prisutna kod XDE-175-L (EPA, 2009). Ovaj insekticid

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

deluje kontaktno i digestivno na insekte i do sada nije utvrđeno njegovo fitotoksično delovanje. Preparat na bazi ove aktivne supstance odobren je 2007. godine na Novom Zelandu, nakon čega je njegova primena proširena i u druge zemlje, poput SAD-a, Kanade, Meksika, Malezije i dr. (Shimokawatoko et al., 2012). Takođe, preparat na bazi spinetorama registrovan je i u Republici Srbiji (Petrović i Sekulić, 2023).

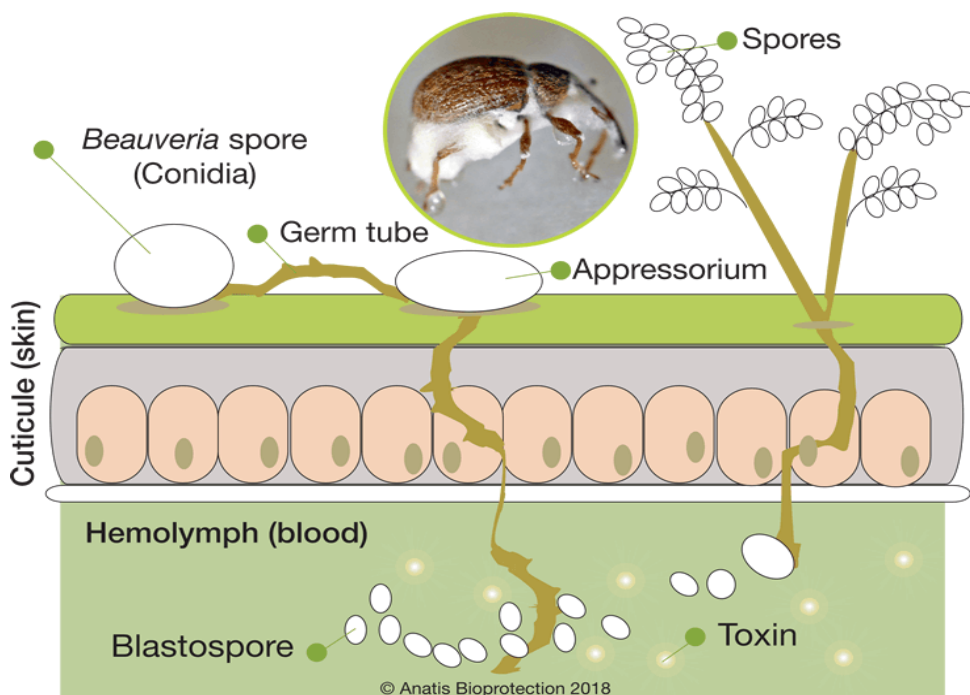
Još jedan insekticid, nastao takođe kao fermentacijski proizvod iz iste aktinomicete je spinosad. Poput spinetorama, ispoljava kontaktno i digestivno dejstvo na insekte iz redova Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera, Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera i druge, ispoljavajući isti mehanizam delovanja (Salgado and Sparks, 2005; Hertlein et al., 2011). Karakteriše ga brzo delovanje na insekte.

Otkriće novih insekticida iz grupe spinozina predstavlja primer uspeha u razvoju prirodnih preparata sa visokom efikasnošću u suzbijanju insekata, a istovremeno s manjim uticajem na životnu sredinu, naročito na neciljane organizme. Ipak, izuzetak su polinatori, posebno pčele, koji su i dalje podložni njihovom dejstvu, iako je štetnost u poređenju sa sintetičkim insekticidima smanjena (Mayes et al., 2003; Biondi et al., 2012). Međutim, izazov u primeni jedinjenja poput spinetorama i spinosada predstavlja mogućnost razvoja rezistentnosti kod insekata. Zbog toga se preporučuje izbegavanje njihove kontinuirane upotrebe, te da se koriste u rotaciji ili kombinaciji sa insekticidima koji imaju drugačiji mehanizam delovanja (Bošković, 2019).

Kada je reč o rodu *Metarhizium*, izdvajaju se tri važna predstavnika *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium album* i *Metarhizium flavoviride* (Sinha et al., 2016). Pomenute vrste smatraju se bezbednim i ekološki prihvatljivim izvorom bioloških agenasa. Entomopatogena gljiva *Metarhizium anisopliae*, ranije poznata kao *Entomophthora anisopliae*, patogen je mnogih insekata i najviše proučavana vrsta ovog roda, a njeni domaćini pripadaju redovima Coleoptera, Orthoptera, Dermaptera, Isoptera, Homoptera, Heteroptera, Diptera, Hymenoptera, Siphonaptera, Lepidoptera i dr. (Zimmermann, 2007). Nalazi se u zemljištu, gde infektivne spore (konidije) dolaze u kontakt sa insektima i na taj način ostvaruju zarazu, pod odgovarajućim uslovima sredine, odnosno uz odgovarajuću temperaturu i vlažnost (Senthil-Nathan, 2015). Takođe, jedan od preduslova efikasne infekcije jeste i osetljivost domaćina. Do zaraze dolazi kada infektivna spora dođe u kontakt sa kutikulom insekta domaćina, prilikom čega nastupa klijanje i formiranje apresorije. Zatim sledi penetracija kroz kutikulu savladavanjem imunog odgovora domaćina, praćena prodiranjem hife do hemolimfe i na kraju smrt insekta. Nakon toga sledi proces produkcije novih spora (Zimmermann, 2007; Schrank and Vainstein, 2010). Brojni sojevi *M. anisopliae* razlikuju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

se po taksonomskim karakteristikama, odnosno morfološkim osobinama (veličini i pigmentaciji) spora, a takođe su i visoko specifični za određene domaćine (Zimmermann, 2007; Schrank and Vainstein, 2010). Konidije ove vrste su hidrofobne i šire se iz infestiranih tela uginulih insekata (Schrank and Vainstein, 2010). Nedostatak primene insekticida na bazi ove gljive je činjenica da je od vremena primene do smrti insekta potreban duži vremenski period.



Slika 5.2. Mehanizam delovanja gljive *Beauveria bassiana*
(foto: <https://2018.igem.org/Team:Aix-Marseille/Design>)

Gljive iz roda *Beauveria* takođe ispoljavaju insekticidno delovanje i šire se na isti način, disperzijom iz inficiranih tela uginulih insekata. Mnogi izolati su veoma specifični prema domaćinu. Najznačajniji predstavnici ovog roda, koji su se pokazali kao efikasni biološki agensi za suzbijanje insekata su *Beauveria bassiana*, *Beauveria brongniartii*, *Beauveria amorpha* i *Beauveria caledonica* (Sinha et al., 2016). Komercijalni preparati na bazi ovih gljiva prisutni su na tržištu još od osamdesetih godina prošlog veka, naročito u Severnoj Americi (Mascarin and Jaronski, 2016). Gljiva *Beauveria bassiana* se prirodno nalazi u zemljištu širom sveta i deluje kao entomopatogen na različite vrste insekata. Način prodiranja konidija je sličan mehanizmu prodiranja gljiva roda *Metarhizium*, a pored toga produkuje metabolit beauvericin – toksični ciklični heksadepsipeptid koji pored insekticidnog ispoljava antibiotsko i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

citotoksično dejstvo (Zimmermann, 2007b). Prednost ove gljive ogleda se u njenoj kompatibilnosti sa drugim biološkim agensima, kao i njihovom sinergističkom efektu, naročito kada se uzme u obzir činjenica da se radi o različitim mehanizmima delovanja (Mascarin and Jaronski, 2016).

Predstavnici roda *Verticillium* (*V. lecanii* i *V. chlamydosporium*) su značajni mikrobiološki korisni agensi. *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium lecanii*) je važan entomopatogen koji parazitira biljne vaši, tripse, ali i vrste iz reda Diptera, Homoptera, Hymenoptera i Lepidoptera (Sinha et al., 2016). Nakon prodiranja u telo domaćina, smrt insekta nastupa u roku od 7-10 dana (Altinok et al., 2019). Lako se masovno proizvodi, skladišti i ispoljava efikasnost u širokom rasponu temperatura i nivoa vlažnosti. Ova vrsta proizvodi toksične metabolite kao što su basianolid i ciklosporini koji ispoljavaju insekticidno delovanje, što je čini poželjnim agensom u današnjem trendu proizvodnje organske hrane (Yadav et al., 2019).

Iz roda *Isaria*, najčešće proučavani predstavnici su gljive *Isaria fumosorosea*, ranije poznata pod nazivom *Paecilomyces fumosoroseus* i *Isaria farinosa*, ranije poznata kao *Paecilomyces fumosoroseus*. Nakon kontakta sa površinskim slojem kutikule insekata, blastospore gljive prodiru u telo domaćina i ostvaruju infekciju, što dovodi do krajnjeg, smrtnog ishoda (Altinok et al., 2019). Izolovane su iz zemljišta i brojnih insekatskih vrsta, a parazitiraju insekte iz reda Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera i Diptera (Zimmermann, 2008). Iz soja ACCC37775 vrste *I. fumosorosea* izolovan je metabolit beauvericin kojem se pripisuje insekticidno, antibakterijsko, antiviralno i citotoksično delovanje (Weng et al., 2019).

Vrlo efikasani i atraktivani biološki agensi za suzbijanje insekata čine virusi na čijem se istraživanju sve više radi u poslednjih nekoliko decenija (Singh, 2017). Baculovirusi (familija Baculoviridae) su grupa DNK virusa koji su specijalizovani za infestaciju insekata. Podeljeni u četiri roda: Alphabaculovirus, Betabaculovirus, Gammabaculovirus i Deltabaculovirus (Ikeda et al., 2015). Ovi virusi prisutni su širom sveta, a šire se lako pomoću vetra ili kiše. Specifični su za domaćina, najčešće inficiraju jednu vrstu ili nekoliko bliskih srodnika. Najveći broj domaćina nalazi se u redu Lepidoptera (moljci i leptiri) i to u stadijumu larve (Senthil-Nathan, 2015). Baculovirusi se, prema morfologiji njihovih okluzivnih tela, mogu podeliti na dve osnovne grupe: nukleopolihedrovirusi (NPV) i granulovirusi (GV) (Simpson et al., 2019). Da bi ostvarili infekciju domaćina, larve moraju putem ishrane uneti baculoviruse, nakon čega dospevaju u srednji crevni trakt, a potom se šire po celom telu (Senthil-Nathan, 2015). Takvi insekti ne mogu da vare hranu i umiru nekoliko dana po ostvarenju infekcije (Singh, 2017). Karakteristika ovih virusa, kao i svih ostalih, ogleda se u tome što su

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

obligatni paraziti, tj. ne mogu se umnožavati bez domaćina. Za njih je utvrđeno da ne ispoljavaju negativan uticaj na biljke, sisare, akvatične i neciljane organizme.

Virusi kao biološki agensi, pogodni su za primenu u organskoj i integralnoj poljoprivrednoj proizvodnji, a sve više dobijaju na značaju jer se uspešno mogu koristiti za suzbijanje štetočina iz redova Lepidoptera, Hymenoptera i Coleoptera.

Entomopatogeni organizmi mogu da se nanose na površinu plodova ili lišća, za tretiranje zemljišta, potapanje korena, tretiranje semena u zavisnosti od mehanizma delovanja i štetočine za čije su suzbijanje namenjeni. Takođe, mogu da se koriste u sistemima *attract and kill* (privuci i ubij), kao i u klopnama za autoinokulaciju (Lee et al., 2019; Kirschbaum et al., 2020). Entomopatogeni mikroorganizmi u svojstvu bioloških agenasa, uprkos tome što nude ekološki prihvatljiv način suzbijanja štetnih organizama i visoku specifičnost prema domaćinu, često su manje poželjni u poređenju sa sintetičkim insekticidima. Zato je potrebno uložiti posebne napore kako bi se ovaj problem što pre prevazišao. Iako mikrobiološki bioinsekticidi poseduju veliki potencijal, prilikom formulisanja preparata mora se uzeti u obzir njihova osetljivost na toplotu, sunčevu svetlost i isušivanje, kako bi se ostvarila široka primena ovih sredstava (Qu et al., 2022).

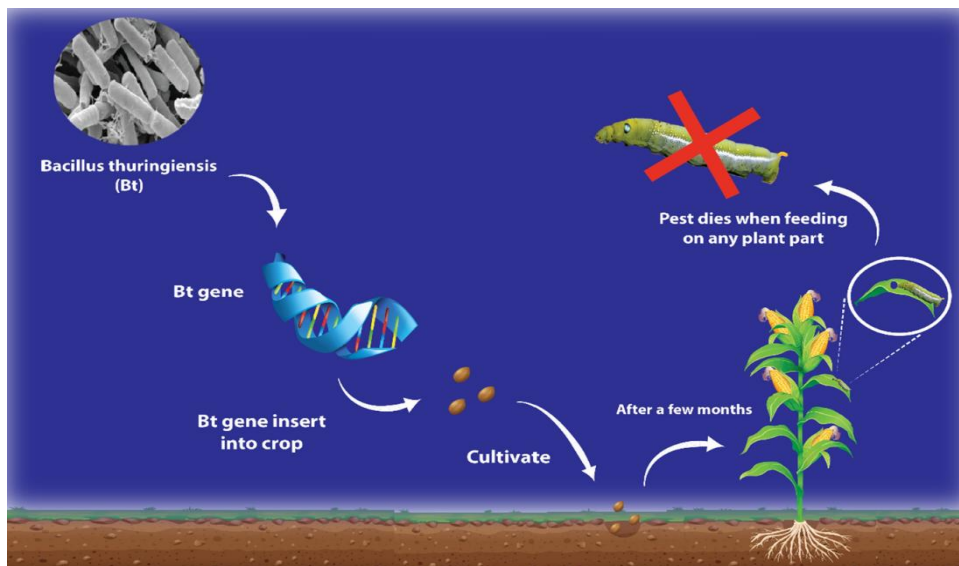
Razvoj, formulacija i proizvodnja preparata koji kao biološke agense sadrže različite vrste mikroorganizama, predstavlja najveći izazov za njihovo efikasno korišćenje jer je proces proizvodnje najčešće skup, dugotrajan i zahteva specijalizovanu opremu.

Transgene biljke – Plant-incorporated protectants (PIP)

Transgene biljke (*plant-incorporated protectants, PIP*) –predstavljaju organizme kojima se putem inkorporacije unose geni drugih vrsta (biljke ili mikroorganizma), pri čemu su izabrani geni odgovorni za ispoljavanje poželjnih osobina. Ovakve biljke mogu da sadrže jedan gen ili grupu gena, koje se genetičkim inženjeringom unose u njihovu DNK (Parween, 2019; Basnet et al., 2021). Trend u istraživanjima transgenih biljaka zasniva se na pronalaženju novih proteina sa insekticidnim delovanjem što čini jedan od najvažnijih izazova u ovoj oblasti, dok gajenje ovih biljaka u sistemu organske poljoprivredne proizvodnje nije dozvoljeno. Prvi primer uspešno stvorene PIP biljke posedovao je Cry proteine (Bt toxins) unete iz bakterije *B. thuringiensis*, koji ispoljavaju insekticidno delovanje

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

(Parween, 2019). Insekticidni efekti primene ovih biljaka ispoljavaju se nakon što insekti putem hrane unesu delove tkiva PIP biljke.



Slika 5.3. Plant-incorporated protectants (PIP)

(foto:<https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-021-00281-0>)

Pomenute biljke, koje sadrže Bt gene, su odobrene u pojedinim državama za komercijalnu upotrebu u usevima kukuruza, krompira, pirinča, soje i dr., za suzbijanje oko 30 najznačajnijih štetočina iz redova Coleoptera i Lepidoptera. Međutim, iako je postignuta dobra zaštita navedenih useva, najveće ograničenje intenzivne primene PIP biljaka je razvoj rezistentnosti insekata koji je dokazan u poljskim i laboratorijskim uslovima (Pardo-López et al., 2013). Nova generacija ovakvih organizama su dsRNA PIP biljke koje su odobrene od strane FDA (Food and Drug Administration, SAD), a deluju ometajući sintezu Snf7 proteina. Ovakve transgene (genetski modifikovane) biljke koriste se za suzbijanje kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera*) (Chakraborty et al., 2023), a usevi u kojima se primenjuju se gaje širom Amerike, Azije i Australije, dok je njihova upotreba u Evropi ograničena (Parker and Sander, 2017).

Biohemijski bioinsekticidi

Biohemijski bioinsekticidi pripadaju grupi organskih jedinjenja, koja dovode do smrti ili paralize insekata, ali najčešće deluju na promene u fiziologiji i ponašanju insekata (Chakraborty et al., 2023). U ovu grupu

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

bioinsekticida spadaju semiohemikalije, botanički insekticidi (biljni ekstrakti i etarska ulja) i regulatori rasta.

Semiohemikalije su definisane kao hemijski signali koje proizvodi jedan organizam, a koji izazivaju promene u ponašanju kod jedinki iste ili različitih vrsta. Prema dostupnim literaturnim podacima, najčešće su podeljene u četiri kategorije: feromoni, alomoni, kairomoni i alomoni-kairomoni (Parween, 2019), a mogu biti insekatskog, životinjskog i biljnog porekla (Chakraborty et al., 2023). Koriste se kao atraktanti u klopama specijalizovanim za monitoring pojave i brojnosti populacije, masovno izlovljavanje, strategije privluci i ubij (*lure and kill*), sprečavanje kopulacije (*mating disruption*), kao i strategije koje odbijaju štetne vrste, a istovremeno privlače prirodne neprijatelje (*push and pull*). Nasuprot tome, mogu imati i repelentno dejstvo. Još jedan od načina primene semiohemikalija kao bioinsekticida je privlačenje prirodnih neprijatelja, poput parazitoida ili predatora štetnih insekata (Sharma et al., 2019). Ovakav vid suzbijanja štetočina nudi brojne prednosti, jer omogućava kontrolu velikog broja insekata uz upotrebu malih količina semiohemikalija, što ga čini ekonomski profitabilnom i jeftinom metodom. Ne ispoljavaju negativan uticaj na životnu sredinu i veoma su selektivni, bez uticaja na neciljane organizme (Parween, 2019). Upravo zbog ovoga raste potražnja za bioinsekticidima na bazi semiohemikalija na tržištu, naročito u integralnom sistemu poljoprivredne proizvodnje (Qu et al., 2022).

Trend kojem se teži u primeni i istraživanju semiohemikalija kao bioinsekticida je njihova interakcija sa drugim biološkim agensima (predatori, paraziti, parazitoidi), kako bi se povećala efikasnost.

Botanički insekticidi predstavljaju prirodne supstance, poreklom iz biljaka koje ispoljavaju efekat na mnoge insekte, ubijajući ih ili menjajući njihovo ponašanje (Isman, 2020). U poslednje dve decenije u cilju pronalazjenja novih, alternativnih i sigurnijih metoda za suzbijanje štetočina u poljoprivredi, sve više dobijaju na značaju. Delovanje botaničkih insekticida može da bude kontaktno, digestivno, repelentno, odbijanje od ishrane (antifeeding), deterentno (odbijanje ženki za polaganje jaja) ili inhibitorno delovanje na rast (Vuković i Šunjka, 2021). Mehanizam delovanja je vrlo kompleksan i karakterističan za svako etarsko ulje ili biljni ekstrakt, jer se najčešće radi o sinergističkom efektu više jedinjenja istovremeno.

Biljni ekstrakti predstavljaju supstance ekstrahovane različitim metodama iz biljaka, odnosno biljnih delova poput cveta, lista, ploda, korena, stabljike itd. Ovi ekstrakti bogati su biohemijski aktivnim

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

komponentama kao što su vitamini, minerali, fitohemikalije, antioksidanti, etarska ulja itd. Ekstrakti mnogih biljaka, najčešće iz porodica Apocyanaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Ranunculaceae i Rosaceae, bogati su sekundarnim molekulima za koje je utvrđeno da ispoljavaju insekticidno dejstvo na neke štetočine (Pavela, 2016). Najčešće ispoljavaju repelentno delovanje, ali mogu da utiču i na promene u ponašanju insekata, remeteći proces polaganja jaja ili ih odbijaju od hranjenja. Pored repelentnog, ove materije mogu da ispoljavaju kontaktni, digestivni i fumigantni efekat na različite stadijume razvika insekata. Upravo repelentni i deterentni efekat na insekte ispoljava veliki broj etarskih ulja. Etarska ulja predstavljaju kompleksnu smešu bioaktivnih, aromatičnih i isparljivih jedinjenja u kojima može da se identifikuje i preko 400 različitih komponenata (de Groot and Schmidt, 2016). Biljni ekstrakti, uključujući etarska ulja, nude neograničen resurs biorazgradivih, ekonomičnih i obnovljivih alternativnih mera za suzbijanja štetočina u poljoprivredi.

Za određena etarska ulja već je dokazano da imaju insekticidno delovanje, pri čemu se mogu koristiti kao pojedinačna ulja ili u mešavinama više ulja. Takođe, mogu se formulirati i kao preparati koji se oslanjaju isključivo na terpeneske komponente. Na tržištu su dostupni formulirani preparati koji sadrže etarska ulja sledećih biljaka (Isman, 2020):

- Cimet (*Cinnamomum verum* J.Presl)
- Citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor)
- Karanfilić (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry.)
- Eukaliptus (*Eucalyptus globulus* Labill)
- Limun trava (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf)
- Menta (*Mentha* spp.)
- Pomorandža (*Citrus sinensis* L. Osbeck)
- Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* Linn.)
- Čajno drvo (*Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel)
- Majčina dušica (*Thymus vulgaris* L.)

Za etarsko ulje anisa *Pimpinella anisum* (L.) utvrđeno je da ispoljavaja deterentni efekat na *D. suzukii* u laboratorijskim uslovima (Bošković et al., 2024b). Pored toga, etarska ulja zbog svog sinergističkog efekta, mogu da se kombinuju za suzbijanje različitih štetnih insekata. Mešavinama etarskih ulja geranijuma (*Pelargonium graveolens* L'Hér.), mirođije (*Anethum graveolens* L.) i bora (*Pinus sylvestris* L.) ispoljavaju deterentni efekat na azijsku voćnu mušicu (*D. suzukii*) (Bošković et al., 2023; Bošković et al., 2024c). Efekat na mediteransku voćnu muvu (*Ceratitis capitata* Wiedemann), u laboratorijskim uslovima ispoljava

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mešavina etarskih ulja *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, *Cedrus atlantica* (Endl. Manetti ex Carrière) i *Corymbia citriodora* (Hook. K.D. Hill & L.A.S. Johnson) (Alves et al., 2019). Etarsko ulje manuke (*Leptospermum scoparium* J.R.Forst. & G.Forst.) deluje sinergistički sa etarskim uljem origana (*Origanum vulgare* L.) na larve *Aedes aegypti* (L.) (Muturi et al., 2017).

I pored brojnih pozitivnih karakteristika, ključni izazov u primeni etarskih ulja i biljnih ekstrakata je njihova nestabilnost u poljskim uslovima, budući da su podložni oksidaciji i isparavanju, što rezultira ubrzanom razgradnjom (Chakraborty et al., 2023). Efikasnost zavisi od uslova sredine u kojoj se primenjuju, kao i načina aplikacije, što često zahteva više tretmana u toku vegetacijske sezone, praćena kraćom efikasnošću i višom cenom u odnosu na konvencionalne pesticide (Pavela, 2016; Isman, 2020; Vuković i Šunjka, 2021). Takođe, novi trendovi u formulisanju botaničkih insekticida oslanjaju se na moderne metode koje dovode do postepenog otpuštanja aktivnih susptanci koje pospešuju stabilnost, efikasnost i usporavaju njihovu degradaciju. Najnovije metode formulacije ovih preparata temelje se na nanotehnologiji koja uključuje enkapsulaciju etarskih ulja u nanonosače, obično izrađene od biopolimera. Pored povećanja efikasnosti, ove metode obezbeđuju nisku toksičnost prema neciljanim organizmima i životnoj sredini, što dodatno podstiče potražnju za ovim bioinsekticidima i doprinosi njihovoj konkurentnosti na tržištu sintetičkih sredstava za zaštitu bilja. Nanotehnologija u procesu formulisanja bioinsekticida ima za cilj povećanje prinosa poljoprivrednih proizvoda, a smanjenje upotrebe hemijskih sredstava za zaštitu bilja. Formulirani proizvodi koji se zasnivaju na nanotehnologiji mogu biti u vidu nanokapsula (NCs), nanogelova (NGSs), nanočestica (NPs) ili nanosfera (NSs). Biopolimeri koji se koriste za nanoformulaciju etarskih ulja, mogu biti biljnog ili životinjskog porekla, kao što su zein, želatin, hitozan, modifikovan hitozan, prirodne gume i njihove kombinacije (Menossi et al., 2021).

Botanički insekticidi predstavljaju ključni faktor u integralnoj i organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, omogućavajući smanjenje upotrebe hemijskih sredstava za zaštitu bilja uz održavanje visokih prinosa. Oni su važna komponenta u odlaganju ili usporavanju razvoja rezistentnosti i sve više stiču značaj usled rastuće svesti potrošača o zdravstveno bezbednoj hrani bez ostataka pesticida, što izaziva sve veće interesovanje.

Bionematocidi i bioakaricidi

Nematode mogu da nanesu ogromne štete poljoprivrednim usevima i zasadima. Najčešći bionematocid kao biološki aktivan agens sadrži

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Bacillus spp., koji predstavlja najveći potencijal u zaštiti rizosfere od ovih štetočina, delovanjem preko izlučenih toksina. Na vrstu *Meloidogyne incognita* efikasnost ispoljavaju *Bacillus megaterium* i *B. firmus* (Keren-Zur et al., 2000; Engelbrecht et al., 2018). Takođe, vrste *B. subtilis*, *B. nematocida* i *B. thuringiensis* ispoljavaju efekat na odrasle nematode, larve ili njihova jaja (Engelbrecht et al., 2018). Gljiva *Myrothecium verrucaria* ispoljava kontaktno delovanje na nematode, inhibira razvoj i piljenje iz jaja. Vrste iz roda *Pasteuria* spp., koje pripadaju gram pozitivnim bakterijama, deluju kao biološki agensi na vrste roda *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Heterodera* i *Globodera*. Infestirane nematode ostaju žive do stadijuma odrasle jedinice, ali im je plodnost drastično smanjena. Takođe, još jedna gljiva deluje kao bionematocid, *Purpureocillium lilacinus* izolat P251, parazitirajući jaja i druge stadijume (Wilson and Jackson, 2013; Machado, 2022). U laboratorijskim uslovima utvrđeno je nematocidno delovanje karvona, glavne komponentu etarskog ulja biljke *Carum carvi* L. (Martins et al., 2015). I pored svega, tržište bionematocida u Evropi još uvek nije dovoljno razvijeno, za razliku od Sjedinjenih Američkih Država, gde se rade opsežnija istraživanja.

Pored insekata i nematoda, grinje takođe dovode do značajnih ekonomski šteta u poljoprivredi. Suzbijanje ovih štetočina se takođe najviše izvodi primenom hemijskih sredstava za zaštitu bilja, dok su se istraživanja u oblasti bioakaricida intezivirala od 1980. godine. Gljive *B. bassiana* i *M. anisopliae* najproučavaniji su biološki agensi u svojstvu bioakaricida. Pored mikrobioloških agensa, triterpenoid azadirachtin ekstrahovan iz biljke *Azadirachta indica* (A. Juss), ispoljava repelentni efekat, utiče na redukciju fekunditeta i dovodi do smrti grinja. Mnoga etarska ulja ispoljavaju akaricidni efekat, kao što su etarsko ulje bosiljka, kima, citronele, nane, karanfilića (Marcic, 2012).

Makrobiološki bioinsekticidi

U prirodne neprijatelje, pored mikrobioloških patogena, spadaju još i zoofagni (makrobiološki) prirodni neprijatelji kao što su predatori i parazitoidi. Predatori se hrane različitim stadijumima insekata i značajno mogu da redukuju brojnost štetočina. Razlika između parazita i parazitoida ogleda se u tome što parazitoidi ubijaju svog domaćina, dok kod druge kategorije to nije obligatna pojava. Ženke parazitoida su jedine uključene u aktivno traženje domaćina (vrsta, veličina, stadijum razvića, fiziološko stanje). Prvo traže stanište u kojem se domaćin nalazi, a potom lociraju samog domaćina. Najčešće su veoma selektivni prilikom odabira domaćina i njegovog određenog stadijuma razvića.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Kao dobar primer može se navesti vrsta *D. suzukii* (Matsumura) koja u Japanu ne predstavlja ekonomski značajnu štetnu vrstu zahvaljujući brojnim prirodnim neprijateljima (predatorima i parazitoidima). Međutim, ovi prirodni neprijatelji nisu spontano prisutni u prirodi u Evropi i Americi, zbog čega je ova vrsta vrlo lako i brzo izazvala ogromne ekonomske štete na voću sa mekom pokožicom ploda. U cilju korišćenja predatora i parazitoida kao biološkog načina suzbijanja potrebno je izvršiti njihovu introdukciju (Vuković i Šunjka, 2021). Prednost primene prirodnih neprijatelja (predatora i parazitoida) ogleda se i u tome što se suzbijanje štetočina proširuje i na nepoljoprivredne površine, najčešće u neposrednoj blizini voćnjaka, polja ili vinograda.



Slika 5.4. Predatori kao makrobiološki biološki agenski

(foto: <https://simonleather.wordpress.com/2017/10/23/not-all-aphids-get-eaten-bottom-up-wins-this-time/>)

Međutim, primena prirodnih neprijatelja nosi sa sobom i određene izazove koji se moraju prevazići pre njihovog introdukovanja. Jedan od limitirajućih faktora njihovog korišćenja je nemogućnost jednostavnog introdukovanja novih vrsta u biocenozu u kojoj nisu prirodno prisutne, bez prethodne procene mogućih posledica na druge organizme prirodno prisutne u biocenozi (Lee et al., 2019; Wang et al., 2020).

Takođe, još jedan od izazova za njihovu primenu jeste potreba za alternativnim domaćinima kada je brojnost primarnog domaćina mala (Tougeron et al., 2019). Poslednjih godina, trend koji doprinosi većoj efikasnosti ovih agenasa ogleda se u sadnji cvetajućih biljaka koje su od vitalnog značaja za opstanak i razmnožavanje prirodnih neprijatelja.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Savremena istraživanja naglašavaju važnost korišćenja prirodno prisutnih korovskih i divljih cvetajućih vrsta, umesto introdukcije novih egzotičnih biljaka, kako bi se očuvao prirodni biodiverzitet i ravnoteža u biocenozi (Shields et al., 2019).

Umesto zaključka

Biopesticidi predstavljaju izuzetno perspektivno rešenje za suzbijanje štetnih insekata, grinja i nematoda u poljoprivredi, a predviđa se da će njihova upotreba u veoma bliskoj budućnosti postati široko rasprostranjena. Razlog tome je rastuća svest o štetnim efektima sintetičkih pesticida na životnu sredinu i ljudsko zdravlje. Biopesticidi, koji uključuju mikrobiološke agense, biljne ekstrakte i prirodne hemikalije, predstavljaju održivu alternativu, koja će sve više zamenjivati sintetičke hemijske pesticide. Istraživanja na polju razvoja i primene biopesticida konstantno napreduju, uvodeći nove formulacije koje imaju za cilj da poboljšaju njihovu efikasnost i stabilnost. Ove inovativne metode omogućavaju bolju i lakšu primenu, dugotrajnije skladištenje, čineći biopesticide pouzdanijim i efikasnijim u poljskim uslovima. Na primer, mikroenkapsulacija i nano-tehnologije omogućavaju kontrolisano oslobađanje aktivnih supstanci, što povećava njihovu efikasnost. Takođe, biopesticidi igraju ključnu ulogu u postizanju ciljeva Evropskog zelenog dogovora, koji teži smanjenju upotrebe hemijskih pesticida za 50% do 2030. godine i promociji zdrave, organske proizvodnje hrane bez ostataka pesticida. Budućnost poljoprivrede leži u inovativnim rešenjima koja obuhvataju i upotrebu biopesticida.

Literatura

- Abbey, L., Abbey, J., Leke-Aladekoba, A., Mark-Anthony Iheshiulo, E., Ijenyo, M. 2019. Biopesticides and Biofertilizers, Chapter 20 in Types, Production, Benefits, and Utilization, Eds. Simpson, B.K., Aryee, A., Toldrá, F. 479-500.
- Altinok, H.H., Altinok, M.A., Koca, A.S. 2019. Modes of action of entomopathogenic fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, 8 (16), 117-124.
- Alves, T. J. S., Murcia, A., Wanumen, A. C., Wanderley-Teixeira, V., Teixeira, A. A. C., Ortiz, A., Medina, P. 2019. Composition and Toxicity of a Mixture of Essential Oils Against Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), *Journal of Economic Entomology*, 112 (1), 164-172.
- Bacci, L., Lupi, D., Savoldelli, S. Rossaro, B. 2016. A review of Spinosyns, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 48 (1), 40-52.
- Basnet, P., Dhital, R., Rakshit, A. 2022. Biopesticides: a genetics, genomics, and molecular biology perspective. *Biopesticides*, 107-116.
- Berry, C. 2012. The bacterium, *Lysinibacillus sphaericus*, as an insect pathogen. *Journal of invertebrate pathology*, 109 (1), 0-10.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Biondi, A., Mommaerts, V., Smagghe, G., Vinuela, E., Zappalà, L., Desneux, N. 2012. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. *Pest management science*, 68 (12), 1523-1536.
- Bošković, D., Šunjka, D., Vuković, S., Lazić, S., Žunić, A. 2018. Bioinsekticidi u savremenoj poljoprivredi. *Biljni lekar*, 5, 534-550.
- Bošković, D. 2019. Fizičko-hemijska svojstva i primena insekticida spinetorama. *Biljni lekar*, 47 (5), 360-372.
- Bošković, D., Vuković, S., Lazić, S., Baser, N., Čulum, D., Tekić, D., Žunić, A., Šušnjar, A., Šunjka, D. 2023. Insecticidal Activity of Selected Essential Oils against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Plants*, 12 (21), 3727.
- Bošković, D., Vuković, S., Kavran, M., Lazić, S., Šušnjar, A., Ećimović, J., Šunjka, D. 2024a. An Overview of the Available Measures for the Control of *Drosophila suzukii* (Diptera, Drosophilidae). *AGROFOR International Journal*, 9, 2, 12-22.
DOI: 10.7251/AGREN2402012B
- Bošković, D., Baser, N., Vuković, S., Lazić, S., Šušnjar, A., Čulum, D., Žunić, A., Ećimović, J., Šunjka, D., 2024b. Evaluation of *Pimpinella anisum* essential oils on egg-laying behaviour of *Drosophila suzukii*: A Multiple-choice test approach. *Agroznanje*, 25 (2), 127-138.
- Bošković, D., Vuković, S., Lazić, S., Baser, N., Kavran, M., Novaković, D., Šušnjar, A., Ećimović, J., Stožinić, M., Šunjka, D. 2024c. Biopesticide formulation based on essential oils in *Drosophila suzukii* management as a future of pest control. *Plant Protection Science*, 60 (3), 288-294.
- Chakraborty, N., Mitra, R., Pal, S., Ganguly, R., Acharya, K., Minkina, T., Sarkar, A., Keswani, C. 2023. Biopesticide consumption in India: insights into the current trends. *Agriculture*, 13 (3), 557.
- Copping, L.G., Menn, J.J. 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science*, 56 (8), 651-676.
- Crickmore, N., Berry, C., Panneerselvam, S., Mishra, R., Connor, T.R., Bonning, B.C. 2020. A structure-based nomenclature for *Bacillus thuringiensis* and other bacteria-derived pesticidal proteins. *The Journal of Invertebrate Pathology*, 107438.
- Daraban, G.M., Hlihor, R.M., Suteu, D. 2023. Pesticides vs. Biopesticides: From Pest Management to Toxicity and Impacts on the Environment and Human Health. *Toxics*, 11, 983.
- de Groot, A.C., Schmidt, E. 2016. Essential Oils, Part I: Introduction. *Dermatitis*, 27 (2), 39-42.
- Domínguez-Arrizabalaga, M., Villanueva, M., Escriche, B., Ancín-Azpilicueta, C., Caballero, P. 2020. Insecticidal Activity of *Bacillus thuringiensis* Proteins against Coleopteran Pests. *Toxins*, 12, 430.
- Duarte Neto, J.M.W., Wanderley, M.C.A., da Silva, T.A.F., Viana Marques, D.A., da Silva, G.R., Fernandes Gurgel, J., de Paula Oliveira, J., Porto, A.L.F. 2020. *Bacillus thuringiensis* endotoxin production: a systematic review of the past 10 years. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36, 1-21.
- Dutta, S. 2015. Biopesticides: An Ecofriendly Approach For Pest Control. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences*, 4 (6), 250-265.
- Edagiz, S., Lagace-Wiens, P., Embil, J., Karlowsky, J., Walkty, A., 2015. Empyema caused by *Clostridium bifermentans*: a case report. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, 26, 105-107.
- Engelbrecht, G., Horak, I., Jansen van Rensburg, P. J., Claassens, S. 2018. Bacillus-based bionematicides: development, modes of action and commercialisation. *Biocontrol Science and Technology*, 28 (7), 629-653.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- EPA - United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2009. <http://www.epa.gov> (pristupljeno 21.04.2024).
- Flury, P., Aellen, N., Ruffner, F., Péchy-Tarr, M., Fataar, S., Metla, Z., Dominguez-Ferreras, A., Bloemberg, G., Frey, J., Goesmann, A., Raaijmakers, A., Duffy, B., Höfte, M., Blom, J., Smits, T., Keel, C., Maurhofer, M. 2016. Insect pathogenicity in plant-beneficial pseudomonads: phylogenetic distribution and comparative genomics, *The ISME Journal*, 10 (10), 2527–2542.
- Glare, T.R., Jurat-Fuentes, J.L., O'callaghan, M., 2017. Basic and applied research: entomopathogenic bacteria. In *Microbial control of insect and mite pests*, Academic press. 47-67.
- Gupta, S. Dikshit, A.K. 2010. Biopesticides: An Ecofriendly Approach for Pest Control. *Journal of Biopesticides*, 1, 186-188.
- Hertlein, M.B., Thompson, G.D., Subramanyam, B., Athanassiou, C.G. 2011. Spinosad: a new natural product for stored grain protection. *Journal of Stored Products Research*, 47 (3), 131-146.
- Ikeda, M., Hamajima, R. Kobayashi, M. 2015. Baculoviruses: diversity, evolution and manipulation of insects. *Entomological science*, 18 (1), 1-20.
- Isman, M. 2020. Botanical Insecticides in the Twenty-First Century—Fulfilling Their Promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233–49.
- Jurat-Fuentes, J.L., Crickmore, N. 2017. Specificity determinants for Cry insecticidal proteins: Insights from their mode of action. *The Journal of Invertebrate Pathology*, 142, 5–10.
- Keren-Zur, M., Antonov, J., Bercovitz, A., Feldman, K., Husid, A., Kenan, G., Marcov, N., Rebhun, M., 2000. *Bacillus firmus* formulations for the safe control of root-knot nematodes. In: *Proceedings of the Brighton crop protection conference on pests and diseases*, UK, 2A, 47–52.
- Khachatourians, G.G. 2019. Insecticides, Microbial. Reference Module in Life Sciences.
- Kirschbaum, D.S., Funes, C.F., Buonocore-Biancheri, M.J., Suárez, L., Ovruski, S.M. 2020. The Biology and Ecology of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). In: Garcia, F.R.M. (eds) *Drosophila suzukii* Management. Springer, Cham.
- Kumar, P., Kamle, M., Borah, Kumar Mahato, D., Sharma, B. 2021. *Bacillus thuringiensis* as microbial biopesticide: uses and application for sustainable agriculture. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31, 95.
- Kupferschmied, P., Maurhofer, M., Keel, C., 2013. Promise for plant pest control: root-associated pseudomonads with insecticidal activities. *Frontiers in plant science*, 4, 287.
- Lalithambika, B., Vani, C., Arayil, A.N. 2014. Tittes Biological control of dengue vector using *Pseudomonas fluorescens*. *Research Journal of Recent Sciences*, 3, 344-351.
- Lee, J.C., Wang, X., Daane, K.M., Hoelmer, K.A., Isaacs, R., Sial, A.A., Walton, V. 2019. Biological Control of Spotted-Wing *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) - Current and Pending Tactics, *Journal of Integrated Pest Management*, 10, 1-13.
- Machado, A.C. 2022. Bionematicides in Brazil: an emerging and challenging market. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 28, 35-49.
- Marcic, D. 2012. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. *J Pest Sci* 85, 395–408.
- Martins, F., Costa, M., Galhano, C.I. 2015. On the way for a new bionematicide. *Agric Food*, 3.
- Mascarin, G.M., Jaronski, S.T. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32, 1-26.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Mayes, M.A., Thompson, G.D., Husband, B., Miles, M.M. 2003. Spinosad toxicity to pollinators and associated risk. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 37-71.
- Menossi, M., Ollier, R.P., Casalongué, C.A., Alvarez, V.A. 2021. Essential oil-loaded bio-nanomaterials for sustainable agricultural applications. *Journal of chemical technology & biotechnology*, 96 (8), 2109-2122.
- Mnif, I., Ghribi, D. 2015. Potential of bacterial derived biopesticides in pest management. *Crop Protection*, 77, 52-64.
- Mostakim, M., Soumya, E., Mohammed, I.H., Ibnsouda, S.K. 2012. Biocontrol potential of a *Pseudomonas aeruginosa* strain against *Bactrocera oleae*. *African Journal of Microbiology Research*, 6, 5472-5478.
- Muturi, E.J., Ramirez, J.L., Doll, K.M., Bowman, M.J. 2017. Combined toxicity of three essential oils against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Journal of Medical Entomology*, 54 (6), 1684-1691.
- Nishiwaki, H., Nakashima, K., Ishida, C., Kawamura, T., Matsuda, K. 2007. Cloning, functional characterization, and mode of action of a novel insecticidal pore-forming toxin, sphaericolysin, produced by *Bacillus sphaericus*. *Applied and environmental microbiology*, 73 (10), 3404-3411.
- Omoya, F.O., Akinyosoye, F.A. 2011. Evaluation of larvicidal potency of some entomopathogenic bacteria isolated from insect cadavars on *Anopheles arabiensis* larvae in Nigeria *International Journal Of Pharmaceutical And Bio-Medical Science*, 2, 145-148.
- Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J., Caballero, P. 2014. *Bacillus thuringiensis* Toxins: An Overview of Their Biocidal Activity. *Toxins*, 6, 3296-3325.
- Pardo-López, L., Soberón, M., Bravo, A. 2013. *Bacillus thuringiensis* insecticidal three-domain Cry toxins: mode of action, insect resistance and consequences for crop protection. *FEMS microbiology reviews*, 37 (1), 3-22.
- Parker, K.M., Sander, M. 2017. Environmental fate of insecticidal plant-incorporated protectants from genetically modified crops: knowledge gaps and research opportunities. *Environmental Science & Technology*, 51 (21), 12049-12057.
- Parween, T. Jan, S., 2019. Pesticides and environmental ecology. *Ecophysiology of Pesticides*, 1-38. Academic press.
- 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.*, 52 (4), 229-241.
- Petrović, M., Sekulić, J. 2023. Sredstva za zaštitu bilja u prometu u Srbiji; Časopis Društva za zaštitu bilja Srbije: Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija. Broj 1-2, godina 51.
- Poveda, J., Abril-Urias, P., Escobar, C. 2020. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes by Filamentous Fungi Inducers of Resistance: Trichoderma, Mycorrhizal and Endophytic Fungi. *Front. Microbiol*, 11, 992.
- Qu, M., Merzendorfer, H., Moussian, B. Yang, Q. 2022. Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: Opportunities and challenges. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 9 (1), 82-97.
- Ruffner, B., Pechy-Tarr, M., Ryffel, F., Hoegger, P., Obrist, C., Rindlisbacher, A., Christoph, K., Maurhofer, M. 2013. Oral insecticidal activity of plant-associated pseudomonads. *Environ. Microbiol.*, 15, 751-763.
- Ruii L., Satta A., Floris I. 2013. Emerging entomopathogenic bacteria for insect pest management. *Bull. Insectology*, 66, 181-186.
- Ruii, L. 2015. Insect Pathogenic Bacteria in Integrated Pest Management. *Insects*, 6, 352-367.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Salgado, V.L., Sparks, T.C. 2005. The spinosyns: Chemistry, biochemistry, mode of action, and resistance. In: Gilbert. L.I., Latrou, K. and Gill, S.S., Eds., *Comprehensive Molecular Insect Science*, Elsevier, Oxford, 137-173.
- Schrank, A., Vainstein, M.H. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon*, 56 (7), 1267-1274.
- Senthil-Nathan, S. 2015. A review of biopesticides and their mode of action against insect pests. Environmental sustainability: Role of green technologies, in *Environmental Sciences*, Eds. Thangavel, P. and Sridevi G., Manonmaniam Sundaranar University, India, 49-63.
- Sharma, A., Sandhi, R.K., Reddy, G.V. 2019. A review of interactions between insect biological control agents and semiochemicals. *Insects*, 10 (12), 439.
- Shields, M.W., Johnson, A.C., Pandey, S., Cullen, R., González-Chang, M., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2019. History, current situation and challenges for conservation biological control. *Biological Control*, 131, 25-35.
- Shimokawatoko Y., Sato N., Yamaguchi Y., Tanaka H. 2012. Development of the Novel Insecticide Spinetoram (Diana®). Tokyo: Sumitomo Chemical Co., Ltd.
- Simpson, B.K., Aryee, A.N., Toldrá, F. eds., 2019. *Byproducts from agriculture and fisheries: Adding value for food, feed, pharma and fuels*. John Wiley & Sons.
- Singh, R. L. 2017. Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future Biopesticides, 8, 273–292.
- Sinha, K.K., Choudhary, A.K., Kumari, P., 2016. Ecofriendly Pest Management for Food Security Entomopathogenic Fungi. *Ecofriendly Pest Management for Food Security*, 475-505.
- Sparks, T.C., Crouse, G.D., Benko, Z., Demeter, D., Giampietro, N.C., Lambert, W. Brown, A.V., 2021. The spinosyns, spinosad, spinetoram, and synthetic spinosyn mimics-discovery, exploration, and evolution of a natural product chemistry and the impact of computational tools. *Pest Management Science*, 77 (8), 3637-3649.
- Stenberg, J.A., Sundh, I., Becher, P.G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P., Friberg, H., Gil, H., Jensen, D., Jonsson, M., Karlsson, M., Khalil, S., Ninkovic, V. 2021: When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *J Pest Sci* 94, 665–676.
- Stockwell, V.O., Stack, J.P., 2007. Using *Pseudomonas* spp. for integrated biological control. *Phytopathology*, 97 (2), 244-249.
- Tao, H., Zhang, Y., Deng, Z., Liu, T., 2019. Strategies for enhancing the yield of the potent insecticide spinosad in actinomycetes. *Biotechnology Journal*, 14 (1), 1700769.
- Tijjani, A., Muhammad, A., Kutawa, A. B., Abdullahi, G. 2016. Biopesticides For Pests Control: A Review, *Journal of Biopesticides and Agriculture*, 3, 1.
- Tougeron, K., Brodeur, J., Le Lann, C., Baaren, J. 2019. How climate change affects the seasonal ecology of insect parasitoids. *Ecological Entomology*, 45 (2), 12792.
- Van Driesche, R.G., Bellows 1996. *Biological Control*, Chapman & Holl. Int. Thompson Publ., New York, Washington, 539.
- Vuković, S., Šunjka, D. 2021. Biopesticidi. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni Fakultet Novi Sad: Novi Sad, Srbija, 6–151.
- Wang, X.G., Biondi, A., Nance, A.H., Zappalà, L., Hoelmer, K.A., Daane, K.M. 2020. Assessment of *Asobara japonica* as a potential biological control agent for the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* Entomol Gen in press, London.
- Weng, Q., Zhang, X., Chen, W. Hu, Q., 2019. Secondary metabolites and the risks of *Isaria fumosorosea* and *Isaria farinosa*. *Molecules*, 24 (4), 664.
- Wilson, M.J., Jackson, T.A. 2013. Progress in the commercialization of bionematicides. *BioControl* 58, 715–722.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Yadav, R.N., Mahtab Rashid, M., Zaidi, N.W., Kumar, R., Singh, H.B. 2019. Secondary Metabolites of *Metarhizium* spp. and *Verticillium* spp. and Their Agricultural Applications. In: Singh, H., Keswani, C., Reddy, M., Sansinenea, E., García-Estrada, C. (eds) Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms. Springer, Singapore.
- Zimmermann, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. Biocontrol Science and technology, 17 (9), 879-920.
- Zimmermann, G., 2007b. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology, 17 (6), 553-596.
- Zimmermann, G., 2008. The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. Biocontrol science and technology, 18 (9) 865-901.

INOVATIVNE ZELENE STRATEGIJE KONTROLE BILJNIH BOLESTI

Mila Grahovac, Dragana Budakov,
Marta Loc



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹²²³ Efikasno snabdevanje hranom je oduvek bio jedan od najvećih izazova čovečanstva. Tokom ovog veka, promene u procesu poljoprivredne proizvodnje značajno su smanjile količinu ljudskog rada neophodnog za proizvodnju hrane, pre svega mehanizacijom brojnih procesa. Međutim, iako je proces biljne proizvodnje značajno unapređen, štete koje u proizvodnji prouzrokuju bolesti biljaka su i dalje izuzetno visoke (Fontaine et al., 2022). Trenutno, sintetički pesticidi predstavljaju primarna sredstva za kontrolu biljnih bolesti i često se smatraju nezamenljivim segmentom snabdevanja globalnog tržišta hrane.

Međutim, osim povećanja troškova poljoprivredne proizvodnje, široka upotreba agrohemikalija izazvala je mnoge ekološke i društvene probleme. Prvo, izloženost pesticidima direktna je pretnja ljudskom zdravlju, a nekontrolisana upotreba agrohemijskih sredstava dovodi do pojave ostataka pesticida u hrani, što ugrožava zdravstvenu bezbednost hrane. Drugo, sintetički pesticidi su pretežno neselektivni, uništavaju i veliki broj neciljanih organizama, ugrožavajući biodiverzitet i ravnotežu ekosistema. Treće, nekontrolisana upotreba sintetičkih pesticida dovodi do ostataka pesticida u zemljištu i vodi, što utiče na ekološku bezbednost poljoprivrednih površina. Naposljetku, neadekvatna primena sintetičkih pesticida dovela je do razvoja otpornih sojeva patogena, što podstiče veću upotrebu pesticida i dodatno pogoršava problem. Stoga su neophodna istraživanja i razvoj inovativnih tehnologija kontrole biljnih bolesti, uz minimalizaciju hemijskih pesticida, kako bi se olakšao prelaz sa tradicionalne hemijske kontrole na savremenu, zelenu kontrolu biljnih bolesti, koja je bezbednija za ljudsko zdravlje i životnu sredinu (Zhu et al., 2024).

Naročito značajan potencijal primene korisnih mikroorganizama kao aktivnih komponenti mikrobioloških preparata prepoznat je u sistemima organske poljoprivredne proizvodnje, što zbog ograničene primene sredstava namenjenih za zaštitu bilja, ali i nedovoljno razvijenih alternativa u vidu bioloških proizvoda.

Inovativne zelene strategije predstavljaju jedan od najznačajnijih elemenata održivog razvoja biljne proizvodnje. U smislu zaštite biljaka od prouzrokovala oboljenja, inovativne zelene strategije

¹ Dr Mila Grahovac, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

² Dr Dragana Budakov, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

³ Dr Marta Loc, docent

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

odnose se na očuvanje zdravlja biljaka, uz smanjenu upotrebu sintetičkih pesticida, očuvanje životne sredine, sprečavanje razvoja rezistentnosti ciljanih patogena na sredstva koja se primenjuju u zaštiti bilja, kao i proizvodnju zdravstveno bezbednih proizvoda, bez ostataka pesticida, ali i bez mikotoksina koji su sekundarni metaboliti pojedinih fitopatogenih gljiva.

Zdrav ekosistem zemljište-voda-biljka povećava produktivnost i omogućava uspostavljanje balansa između poljoprivredne proizvodnje i rastuće svetske populacije. Uvođenje zelenih strategija u poljoprivrednu proizvodnju moguće je zajedničkim radom na edukaciji poljoprivrednih proizvođača i podizanjem svesti o značaju zelenih strategija, uz uvođenje propisa koji stimulišu proizvođače na ovakav pristup biljnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Naučnici su oduvek radili na pronalaženju rešenja za zaštitu useva od bolesti. Dve osnovne metode za kontrolu bolesti koje su trenutno dostupne u biljnoj proizvodnji su primena fungicida (ili drugih pesticida) i upotreba biljnih sorti otpornih ili tolerantnih na štetne organizme. Međutim, obe metode imaju različita ograničenja. Usled velike zabrinutosti javnosti za posledice uticaja pesticida na zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i visokog rizika za razvoj otpornih sojeva patogena, potencijal upotrebe pesticida u zaštiti bilja je u stalnom opadanju. Efikasne mere koje obezbeđuju otpornost ili smanjenu osetljivost često nisu na raspolaganju, bilo konvencionalne (oplemenjivanje) ili genetički inženjering (nove genomske tehnologije) (Collinge et al., 2022). U mnogim značajnim usevima, sve sorte i hibridi dostupni proizvođačima širom sveta su osetljivi na ekonomski značajne bolesti, a genetske modifikacije sorti nisu prihvaćene. Na primer, u svetu je 88% pšenice osetljivo na gljivu koja prouzrokuje prugastu rđu, *Puccinia striiformis*, a gubici prinosa prouzrokovani ovim patogenom procenjeni su na skoro 5,47 miliona tona godišnje, što je ekvivalentno gubitku od 979 miliona američkih dolara (Zhu et al., 2024). Pri modifikaciji organizama, posebno biljaka, kada se ulože naponi u poboljšanje određenih karakteristika, poput povećanja njihove otpornosti na štetočine ili bolesti, ovo se često ostvaruje na račun drugih važnih svojstava poput prinosa, brzine rasta ili drugih agronomskih karakteristika (Deng et al., 2017). Pod ovakvim okolnostima, kao moguće rešenje, nameće se upotreba alternativnih sredstava za zaštitu bilja (Fontaine et al., 2022).

U ovom poglavlju biće predstavljene inovativne strategije biološke zaštite biljaka od bolesti prouzrokovanih mikroorganizmima. Baš kao što zdrav mikrobiom promoviše zdravlje ljudi, zdrav ekosistem obezbeđuje obilnu i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

zdravu ishranu ljudske populacije danas i u budućnosti. Zato u zaštiti biljaka od prouzrokovaca oboljenja najznačajniji segment zelenih strategija predstavljaju biološke mere zaštite biljaka, među kojima su najznačajnije one koje su zasnovane na upotrebi korisnih mikroorganizama kao prirodnih neprijatelja biljnih patogena.

Pojava i značaj biljnih bolesti u poljoprivrednoj proizvodnji

Ljudi već vekovima imaju saznanja o postojanju biljnih bolesti koje dovode do smanjenja prinosa i kvaliteta biljnih proizvoda. Biljne bolesti spominju se još u starom zavetu Biblije. Moderna era biljnih bolesti vezuje se za četrdesete godine devetnaestog veka i pojavu gladi u Evropi, posebno u Irskoj, usled oboljevanja useva krompira od plamenjače koju prouzrokuje pseudogljiva *Phytophthora infestans* (Tronsmo et al., 2020). Ovo oboljenje i danas predstavlja značajan ograničavajući faktor u proizvodnji krompira budući da, kako navode Shoina i Govers (2015), *P. infestans* poseduje zadivljujuć arsenal oružja za napad na krompir koji je veoma teško zaustaviti.

Bolesti biljaka mogu se podeliti na one koje prouzrokuju biotički činioci (tzv. infektivne, zarazne biljne bolesti) i one koje prouzrokuju abiotički činioci (tzv. neinfektivne, nezarazne bolesti). U zavisnosti od uslova sredine i fitosanitarnih uslova zasada/useva, zastupljenost bolesti na ukupnoj biljnoj populaciji može dostizati i 70-80%, uz gubitke prinosa koji mogu ići i do 98%.

Sa razvojem i intenziviranjem poljoprivredne biljne proizvodnje beleži se značajan porast biljnih bolesti, posebno bolesti prouzrokovanih biotičkim činiocima (Nazarov et al., 2020). Intenziviranje biljne proizvodnje i gajenje biljaka u monokulturi na sve većim površinama, dovelo je do značajnog nagomilavanja infektivnog materijala na površinama koje se koriste u poljoprivrednoj biljnoj proizvodnji. Takođe, kao što je gotovo već svakodnevno vidljivo, klimatski uslovi se naglo menjaju što je vidljivo u svim tipovima ekosistema. Dodatno, trgovina biljnim materijalom odvija se konstantno rastućim tempom i na sve veće udaljenosti. Stoga, širenje novih vrsta i raznolikost bioloških invazija dostižu nove dimenzije (Fontaine et al., 2022). Biljne bolesti prouzrokovane bakterijama, gljivama, pseudogljivama, virusima i nematodama utiču na globalnu ekonomiju pozrokujući gubitke preko 220 milijardi američkih dolara svake godine (He and Krainer, 2020).

Kao najznačajniji prouzrokovaci zaraznih, infektivnih bolesti biljaka navode se gljive, pseudogljive, bakterije, virusi i fitoplazme. Pored uticaja na zdravlje biljaka i ostvarene prinose, prouzrokovaci biljnih bolesti mogu negativno uticati i na zdravlje ljudi. Ovde se u prvom redu misli na gljive

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

koje u zaraženim biljkama formiraju metabolite – mikotoksine koji mogu značajno ugrožavati zdravlje ljudi. Među najdestruktivnijim mikotoksinima svakako se ističu aflatoksini koje proizvode gljive roda *Aspergillus*, kao i različiti mikotoksini rodova *Fusarium* i *Penicillium*.



Slika 6.1. i 6.2. Kolonije gljive *Aspergillus flavus* (foto: Loc) i Fuzariozna trulež klipa kukuruza - prouzrokovatelj *Fusarium* spp. (foto: Budakov)

Virusi, bakterije i gljive koje zaražavaju biljke uglavnom ne mogu prouzrokovati bolesti kod ljudi. Ipak, postoje primeri zaraze ljudi pojedinim prouzrokovateljima biljnih bolesti (Al Sadi, 2017). Kako navode Kim i sar. (2020), za pojedine vrste rodova fitopatogenih bakterija *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Burkholderia* i gljiva iz rodova *Fusarium*, *Cladosporium* i *Alternaria* zabeležena je sposobnost ostvarivanja različitih infekcija kod ljudi. Međutim, najčešće se radilo o imuno kompromitovanim licima ili infekcijama rana u postoperativnom oporavku. Isti autori navode da se i pojedini biljni virusi kao što su virus mozaika duvana (TMV) i virus blagog šarenila paprike (PMMoV) mogu povezati sa patološkim promenama kod ljudi.

Međutim, i činioци zelene agende, agensi biološke kontrole bolesti biljaka, mikroorganizmi koji nisu patogeni za biljke, mogu biti izazovni u odnosu na zdravlje ljudi budući da se među mikroorganizmima koji se koriste u zaštiti bilja mogu naći sojevi koji su humani patogeni (Al Sadi, 2017). Postoji više primera u kojima se za potencijalne agense za biološku kontrolu bolesti biljaka, nakon što su konačno pronađeni i formulisani, ispostavilo da mogu biti patogeni za ljude (Collinge et al., 2022). *Pseudomonas aeruginosa* (Nga et al., 2010) izolovana sa korena lubenice, ili pripadnici *Burkholderia cepacia* kompleksa na bazi kojih su se na američkom tržištu već našli registrovani preparati, ustanovljeno je da mogu prouzrokovati cističnu fibrozu (Collinge et al., 2022).

Raspoložive inovativne, zelene strategije zaštite biljaka od bolesti

Održiva prevencija i kontrola biljnih bolesti, u skladu sa zelenim programom Evropske Unije, ima za cilj da obezbedi kvalitet poljoprivrednih proizvoda i bezbednost njihove proizvodnje po životnu sredinu uz postizanje maksimalnih prinosa i smanjenu primenu agrohemikalija. Ovakav pristup podrazumeva da se prednost da tehnologijama i pristupima koji su bezbedni za životnu sredinu, kao što su biološka kontrola, fizička i hemijska kontrola prirodnim proizvodima i aktivacija odbrambenog mehanizma domaćina (Zhu et al., 2024). Među navedenim pristupima, biološka kontrola primenom korisnih mikroorganizama predstavlja jedan od najperspektivnijih, te će poseban osvrt biti dat na ovu temu.

Biološka kontrola biljnih bolesti

Biološka kontrola predstavlja pristup u zaštiti biljaka od bolesti putem inhibicije patogena, jačanja imuniteta biljke, i/ili modifikacije životne sredine korišćenjem korisnih mikroorganizama, prirodnih materija ili savremenih sistema uzgoja biljaka, kao i primene preparata na bazi RNK molekula.

Evolucija razvoja biološkog pristupa zaštiti biljaka od bolesti počinje još pre 4000 godina u starom Egiptu i traje do danas kada imamo jedan savremen pristup u istraživanju i primeni ovih mera zaštite. Devetnaesti vek predstavlja prekretnicu kada počinju ozbiljnija istraživanja u ovoj oblasti. Tokom devetnaestog veka, nastala su značajna otkrića u smislu otkrivanja sposobnosti pojedinih mikroorganizama da umanjuju štetnost zemljišnih biljnih patogena. Ovi pronalasci su inspirisali istraživače da iskoriste trenutni, ali u prirodi oduvek prisutan rat između mikroorganizama, biljaka i životinja i da razviju biološka rešenja korisna za široku poljoprivrednu primenu (He et al., 2021; Fontaine et al., 2022). Od tada, istraživanja u smeru biološke kontrole počinju značajno da napreduju. Razvijen je veliki broj bioloških agenasa koji obuhvataju korisne mikroorganizme, stimulatore odbrambenog mehanizma biljke, metabolite mikroorganizama, biljne ekstrakte, a u skorije vreme, i druge organizme (alge i mikroalge) i sredstva na bazi RNK.

Prednosti biološke kontrole nad drugim, najšire primenjivanim standardnim praksama, podrazumevaju pre svega specifično delovanje agenasa biološke zaštite na određenu grupu patogena, te ovaj vid zaštite biljaka nema značajnije efekte na ekosistem, za razliku od sintetičkih fungicida, iako izvesni rizici za životnu sredinu postoje, posebno u slučajevima introdukcije korisnih vrsta koje nisu native. Nadalje, mnogi

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

agensi biološke kontrole se održavaju na mestu primene duži vremenski period bez potrebe za dodatnom aplikacijom (He et al., 2021). Takođe, s obzirom na najčešće prisutan kompleksan mehanizam delovanja, rizik od razvoja rezistentnosti patogena na ovakve oblike zaštite veoma je nizak. Organizmi ili supstance koje se koriste u poljoprivredi za prirodno upravljanje prouzrokovateljima bolesti inhibiraju neprekidnu aktivnost imunološkog sistema biljke domaćina. Kao rezultat, biljka ne mora da ulaže toliko energije u odbranu od prouzrokovatelja oboljenja. Umesto toga, ona može preusmeriti ove resurse ka unapređenju proizvodnih vrednosti, poput većeg prinosa, bržeg rasta ili drugih kvaliteta, umesto na isključivo eksploataciju mehanizama odbrane (Wang et al., 2018). Bez obzira na to što su literaturni navodi o značaju biopreparata u zaštiti biljaka od prouzrokovatelja oboljenja brojni, ipak njihova zastupljenost na ukupnom tržištu sredstava za zaštitu biljaka čini svega oko 5% (Cumar et al., 2019). Nizak stepen komercijalizacije se povezuje sa nedovoljnim transferom tehnologije, te je svest o ekonomskoj vrednosti biološke kontrole biljnih bolesti nedovoljno razvijena, posebno u zemljama u razvoju. Jedan od osnovnih razloga slabijeg prihvatanja bioloških mera jeste varijabilnost u njihovim efektima na koje snažan uticaj imaju biotički i abiotički faktori, kao i trajanje efekata u svetlu kontinuirane evolucije patogena. Suočavanje sa ovim izazovima zahteva bolje poznavanje interakcije agensa biološke zaštite sa biljkama, patogenim organizmima i životnom sredinom uz uvažavanje ekonomskih, ekoloških i evolutivnih faktora. Uvidom u ove interakcije, istraživači i proizvođači mogu razvijati efikasnije i održive strategije za širu implementaciju bioloških mera u zaštiti bilja u sistemima konvencionalne, integralne, ali i organske poljoprivredne proizvodnje (He et al., 2021a).

Agensi biološke kontrole mogu se razvrstati u tri osnovne kategorije: supresivni bioagensi, bioagensi koji indukuju, podstiču ili ojačavaju odbrambeni mehanizam biljaka i agensi biološke kontrole koji balansiraju ekosistem u smeru zaštite i podržavanja razvoja prirodnih neprijatelja i kompetitora patogena biljaka (He et al., 2021).

- *Supresivni bioagensi*

Neki mikroorganizmi su hiperparaziti koji putem antibioze direktno inhibiraju ili uništavaju patogene biljaka, ili pak koriste patogene kako bi ih oni snabdevali energijom ili im obezbedili sredinu za razvoj (Slika 6.3). Drugi bioagensi mogu uticati na biljne patogene putem konkurencije za stanište i hranljive materije oslobađanjem različitih materija. Ovakva svojstva poseduju neke korisne gljive, bakterije, mikovirusi ili

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

bakteriofagi. Ovi korisni mikroorganizmi mogu se primenjivati u poljskim uslovima jednom ili više puta u toku vegetacije što zavisi od njihovih svojstava, sposobnosti opstanka i reprodukcije u zavisnosti od uslova sredine. Pored mikroorganizama i produkata njihovog metabolizma, u ovu grupu bioagensa mogu se svrstati i sekundarni metaboliti biljaka koje biljke proizvode u svrhu odbrane od patogenih ili stimulacije razvoja korisnih mikroorganizama u njihovoj ekološkoj niši. Ovi proizvodi se mogu koristiti i u kombinaciji sa korisnim mikroorganizmima, pri čemu ove materije mogu pokretati njihovo delovanje na biljne patogene putem antibioze, kako bi uništile patogene ili promovisale rast korisnih mikroorganizama (He et al., 2021).



Slika 6.3. Efekti delovanja *Bacillus* spp. na porast izolata fitopatogenih mikroorganizama *Pectobacterium carotovorum*, *Penicillium* spp., *Macrophomina phaseolina* i *Botrytis cinerea* ostvaren kroz odnose antibioze i kompeticije

- *Bioagensi koji indukuju, podstiču ili ojačavaju odbrambeni mehanizam biljaka*

Neke korisne bakterije i mikroorganizmi deluju na biljke tako što indukuju njihovu otpornost ili podstiču imuni odgovor domaćina bez direktnog kontakta biljke sa patogenima (Conrath et al., 2015). Ovi agensi obuhvataju prirodne supstance kao što su biljni ekstrakti, metaboliti mikroorganizama i proizvodi genetičke prirode. Mnogi sekundarni metaboliti koji su uključeni u prenos signala, katalitičku aktivnost i materije kao što su salicilna kiselina, acetilsalicilna kiselina i oksidi azota igraju važnu ulogu u podsticanju imuniteta biljaka domaćina i povećanju otpornosti.

Ove materije su odgovorne za sistemsku stečenu otpornost domaćina koja se javlja nakon zaraze domaćina patogenima, a i mogu ih proizvesti i mnogi drugi nepatogeni mikroorganizmi, poput rizobakterija. Takođe, ove komponente se često nalaze u biljnim tkivima, ali variraju u velikoj meri među vrstama, čak i genotipovima unutar iste vrste. Neke od ovih materija ne samo da sprečavaju zarazu biljaka, već i poboljšavaju njihovu

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

vitalnost, verovatno zbog povećane proizvodnje hormona (He et al., 2021).

- *Bioagensi koji balansiraju ekosistem u smeru zaštite i održavanja razvoja prirodnih neprijatelja i kompetitora patogena biljaka*

Biljne bolesti nastaju kada se u ekosistemu poremeti balans populacija mikroorganizama (He et al., 2016). Uspeh biološke kontrole počiva na zdravom ekosistemu u kome su prisutni predatori, konkurenti, promoteri otpornosti i druge vrste. Ovi korisni organizmi imaju prostorno-vremensku dinamiku u poljoprivrednim usevima u zavisnosti od genetskih osobina, sastava i strukture lokalnih biljnih i mikrobnih zajednica. Za održavanje funkcionalnog ekosistema koji podstiče rast, razvoj i stabilan imunitet biljaka posebno je značajan odnos mikrobioma zemljišta sa drugim organizmima u zemljištu. Jedan od pravaca delovanja biološke kontrole jeste da se unapredi kvalitet životne sredine kroz povećanje broja i diverziteta mikroorganizama na poljoprivrednim zemljištima kako bi se redukovala pojava i razvoj patogena, što se može postići gajenjem različitih biljnih vrsta, kroz plodored i kombinivano gajenje više vrsta i različitih sorti. Sve je više istraživanja koja ukazuju da se diverzifikacijom useva može redukovati pojava biljnih bolesti (Zheng et al., 2019; He et al., 2021). Prevencija pojave bolesti biljaka putem diverzifikacije useva uključuje različite mehanizme poput smanjenja inokuluma, stvaranja fizičkih barijera koje sprečavaju širenje patogena, redukovanje patogenosti i rezistentnosti na fungicide. Diverzifikacija takođe poboljšava plodnost zemljišta i mikrobni diverzitet, što povećava dostupnost hranjivih materija i omogućava rast biljaka i mikrobnu raznovrsnost koja je značajna za kompeticiju sa patogenima (He et al., 2021).

Mehanizmi delovanja bioagensa

Poznavanje mehanizama koje bioagensi koriste u borbi protiv biljnih patogena je osnova njihove uspešne primene u ovu svrhu. U proteklih 20 godina sprovedena su brojna istraživanja koja se odnose na ulogu bioloških agensa u prevenciji bolesti useva, kolonizaciji rizosfere i podsticanju rasta i razvoja biljaka (Rabbee et al., 2023). Mehanizmi biološke kontrole biljnih bolesti uključuju antibiozu, konkurenciju za prostor i hranu, hiperparazitizam, aktiviranje odbrambenog mehanizma u biljkama domaćinima, podsticanje rasta biljaka (Thambugala et al., 2020). Agensi biološke kontrole mogu koristiti ove mehanizme direktno ili posredno kako bi sprečili zarazu biljaka. U direktnoj zaštiti biljaka oni

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

deluju neposredno na fitopatogeni mikroorganizam sprečavajući njegov rast, razvoj, umnožavanje, redukujući patogenost ili parazitirajući ga (Lhali et al., 2022). Neki primeri direktnog delovanja bioagensa podrazumevaju stvaranje biofilma na površini biljaka koji sprečava kolonizaciju biljnog tkiva patogenim mikroorganizmom. Takođe, stvaranjem siderofora za vezivanje gvožđa, lišavaju patogene mikroorganizme ovog značajnog nutrijenta. Proizvodnjom antimikrobnih materija mogu direktno ugroziti vitalnost patogena kao i njegova svojstva značajna za ostvarivanje infekcije. Indirektno delovanje podrazumeva podsticanje odbrambenog mehanizma biljaka, njihovog rasta, kao i povećanje biodiverziteta u ekološkoj niši u kojoj se primenjuju. Korisni mikroorganizmi mogu aktivirati sistemsku otpornost biljke pri čemu dolazi do formiranja strukturnih barijera, kao i odbrane na molekularnom nivou. Odbrambeni mehanizam biljaka podrazumeva aktiviranje materije poput fitoaleksina, fitohormona i zaštitnih enzima poput fenilalanina, hitinaze, amonijum-lijaze, fenolnih jedinjenja (Ayaz et al., 2023).

Vrste agenasa biološke kontrole

Bakterije kao agensi biološke kontrole. Korisne bakterije mogu delovati na različite fitopatogene mikroorganizme putem kompeticije za prostor i hranljive materije, antibioze i stimulisanjem odbrambenih mehanizama biljke domaćina (Grahovac i sar., 2009; Grahovac et al., 2014; Grahovac i sar., 2019; Grahovac et al., 2020; Pajčin et al., 2020; Vlajkov et al., 2021; Vlajkov et al., 2022; Pajčin et al., 2022; Dujković et al., 2023). U procesu antibioze i stimulisanja odbrambenog mehanizma biljaka, postoji širok spektar različitih prirodnih supstanci koje sintetišu bakterije, a koje mogu uspešno kontrolisati i sprečavati razvoj biljnih patogena, kao i samu zarazu biljke. Ove materije obuhvataju lipopeptide kao što su iturin, surfaktin i fengicin, ekstracelularne enzime poput celulaze, hitinaze, proteaza, i beta glukanaza, kao u druge materije sa antimikrobnom aktivnošću kao što su fenazini, cijanid, 2,4-diacetil floroglucinol. Materije iz grupe fengicina i iturina prevashodno imaju antifungalno delovanje te svoju aktivnost ispoljavaju u odnosu na fitopatogene gljive kao prouzrokovaoče biljnih bolesti. Na mnogim fitopatogenim gljivama utvrđena su oštećenja hifa i konidija uzrokovana ovim lipopeptidima (Aiello et al., 2019). Međutim, aktivnost ovih materija ipak nije ograničena samo na gljive. Neretko je registrovano i njihovo antibakterijsko delovanje (Gu et al., 2022). Kao bioaktivne supstance koje proizvode mikroorganizmi navode se i mikosubtilin, subtilazin, sublancin, bacilizin, hlorotetain, mikobacilin, rizokticin, bacilaen, difucidin (Farzand

et al., 2019; Zubair et al., 2021). Korisne bakterije proizvode i isparljive organske materije koje podstiču rast biljaka i smanjuju štetnost bolesti. Isparljive organske materije širokog spektra delovanja na patogene pripadaju jedinjenjima iz grupe alkohola, aldehida, ketona, ugljovodonika, kiselina i terpena (Cao et al., 2019; Ayaz et al., 2023).

Rizobakterije koje promoviraju rast biljaka (PGPR) nalaze se u rizosferi i takođe redukuju infekcije biljaka, budući da potpomažu njihov rast i razvoj. PGPR takođe deluju putem antibioze, kompeticije, parazitizma, proizvodnje hidrolitičkih enzima, kao što su celulaze, glukanaze, hitinaze i proteaze koje razaraju ćelijske zidove, kao i većim brojem antibiotika kao što su oomicin A, 2,4-diacetil floroglucinol, pioluteorin, itd. Dodatno, rizobakterije deluju i metabolitima koji aktiviraju sistemski stečenu otpornost i indukovanu sistemsku otpornost biljaka (Pandit et al., 2022).

Gljive kao agensi biološke kontrole. Pored sposobnosti da pomažu biljkama usvajanjem hranljivih materija i vezivanjem azota, gljive poseduju i sposobnost delovanja na štetne mikroorganizme. Deluju putem mikoparazitizma, kompeticije, antibioze, indukovanja sistemske otpornosti biljaka i unakrsne zaštite posredstvom mikovirusa (Singh et al., 2017). Čak i nepatogeni sojevi pojedinih fitopatogenih gljiva mogu koristiti mikoviruse za prenos hipovirulentnosti u svrhu biološke kontrole. Sa napretkom biotehnologije i genetike, ne samo da je moguće uneti gene korisnih gljiva u genom biljke domaćina, već se njima može upravljati u cilju unapređenja sposobnosti biološke kontrole. Dobar primer kompetitivnog delovanja gljiva jesu i atoksigeni sojevi gljive *Aspergillus flavus* koji mogu značajno redukovati populacije toksigenih sojeva iste vrste gljiva i time redukovati kontaminaciju kukuruza aflatoksinima (Savić et al., 2020). Gljive imaju sposobnost proizvodnje različitih materija koje im omogućavaju opstanak u različitim sredinama. Za njihov potencijal kao agensa biološke kontrole, zaslužne su bioaktivne materije koje proizvode. Ove materije obuhvataju grupe kao što su antibiotici, poliketidi, neribozomalni peptidi, aromatične materije i heterociklični metaboliti. Kao značajnije bioaktivne materije i nosioci antimikrobne aktivnosti korisnih gljiva izdvajaju se gliovirin, viridiol, valinotrocin, viridin, gliotoksin i heptelidinska kiselina, a takođe i antibiotici kao što su 1-hidroksi-3-metilantrakvinon, azafilon, harzianopiridon i harzianolid. Jedan od najznačajnijih elemenata sistema koji čine zemljište i biljke su različite gljivične zajednice koje imaju aktivnu interakciju sa biljkama kako u zoni rizosfere, tako i endofitno, u unutrašnjosti biljaka. Mikorizne vrste gljiva imaju značajan udeo u populaciji u zoni rizosfere i imaju velik uticaj na biljke, njihovu ishranu i rast i obezbeđuju im tolerantnost na stres biotičke prirode (Gonthier and

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Giordano, 2019). Dokazano je da arbuskularne mikorizne gljive mogu redukovati zarazu fitopatogenim gljivama za 30-42%, a nematodama za 44-57% (Bagyaraj, 2014; Mishra et al., 2018). Karakteristika arbuskularnih mikoriznih gljiva je njihov širok spektar delovanja na različite rodove fitopatogenih gljiva, ali prevashodno u zaštiti korenovog sistema biljaka od infekcije. Sa druge strane one ne osiguravaju zaštitu od velikog broja bakterija i virusa, mada zabeležen je efekat na pojedine bakterije poput *Pseudomonas syringae* pv. *glycinia*, koja prouzokuje bakterioznu plamenjaču soje, u slučaju virusnih infekcija, dok prisustvo arbuskularnih mikoriznih gljiva čak može povećati štetu prouzrokovanu virusima (Singh, 2017). Prema tome, uloga arbuskularnih mikoriznih gljiva u zaštiti od virusa je nedovoljno razjašnjena (Pandit et al., 2022).

Kvasci kao agensi biološke kontrole. Kvasci poput *Aureobasidium pullulans*, *Cryptococcus albidus*, *Candida oleophila*, *Saccharomyces cerevisiae* i *Metschnikowia fructicola* se veoma efikasno koriste kao bioagensi protiv prouzrokovala oboljenja biljaka (Grahovac i sar., 2009). Kvasci predstavljaju kategoriju jednoćelijskih gljiva koje se razvijaju u različitim sredinama, imaju jednostavne zahteve i ne predstavljaju opasnost po životnu sredinu. Deluju putem kompeticije, isparljivih metabolita, enzima i toksina, mikoparazitizma, i indukovanja otpornosti domaćina. Pored do sada definisanih i često komercijalno dostupnih biloških agenasa, Di Canito i sar. (2021) navode da postoje vrste koje su još nedovoljno istražene kako u osnovnim istraživanjima, tako i u njihovoj primeni u biokontroli. Navode da ova grupa čini ogroman neiskorišćen rezervoar kvasaca koji imaju potencijal za biotehnoške inovacije budući da imaju nova metabolička svojstva, značajna za biokontrolu, kao što su sinteza proteina, adhezivnost i antimikrobna aktivnost. Primena kvasaca u prevenciji zaraza predstavlja nov pristup u čuvanju kvaliteta stonog grožđa. Za nekoliko izolata kvasaca su sekvencionirani i u potpunosti sklopljeni celi genomi i njihov broj konstantno raste. Nove metode genetske analize i mogućnosti genetskih modifikacija kod kvasaca, kao i genomske i post-genomske analize pre i posle modifikacija, predstavljaju platformu za razumevanje mehanizama na molekularnom nivou koji obezbeđuju biološke osobine koje mogu biti iskorišćene u budućem razvoju zelenih strategija zaštite biljaka od prouzrokovala oboljenja (Pandit et al., 2022).

Biljni virusi kao agensi biološke kontrole. Efekte virusa sa jednolančanom DNK, *Sclerotinia sclerotiorum* hipovirulentni DNK virus 1 (SsHADV-1), koji zaražava fitopatogenu gljivu *Sclerotinia sclerotiorum* su razjasnili Qu i sar. (2021), a nakon toga su ukazali na izmenjenu

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ekspresiju gena vezanih za fenotipske osobine nakon infekcije, primenom digitalnog RNK sekvencioniranja. Među poznatim i dobro okarakterisanim virusima koji štite biljke nalaze se i oni za koje je poznato da ulepšavaju ukrasne biljne vrste. Virus pucanja lale je prvi u ovoj grupi. Veliki broj cenjenih ukrasnih biljaka svoju lepotu duguju virusima koji ih zaražavaju. Drugi primeri korisnih biljnih virusa uključuju akutne viruse, kao što su virus crtičastog mozaika pšenice, virus mozaika krastavaca, virus mozaika duvana koji povećavaju tolerantnost biljaka na sušu i niske temperature različitih useva, kao i perzistentni virusi kao što je virus bele deteline, koji sprečava stvaranje nodusa na leguminozama u uslovima dobre snabdevenosti azotom. Roossinck (2012, 2012a) takođe navodi da se blagi simptomi koje koje prouzrokuju pojedini sojevi virusa mogu koristiti u unakrsnoj zaštiti protiv virulentnijih sojeva što se primenjuje u strategijama transgene otpornosti poreklom iz patogena. Perzistentni virusi iz porodica *Chrysoviridae*, *Endornaviridae*, *Partitiviridae* i *Totiviridae* koji se prevashodno nalaze u divljim biljkama značajni su sa aspekta biloške zaštite biljaka (Roossinck, 2015). Smatra se da ovi virusi održavaju veoma dugu vezu sa svojim biljkama domaćinima. Ovi virusi su takođe česti i među gajenim biljkama kao što su paprika, pirinač, pasulj, mrkva, dinja, ječam itd. (Roossinck, 2015; Pandit et al., 2022).

Bakteriofagi kao agensi biološke zaštite. Mogućnost primene bakteriofaga kao bioagensa je poznata već duže vreme. Prva istraživanja na ovu temu sprovedena su davne 1924. godine (Mallmann and Hemstreet, 1924). Savremena istraživanja su fokusirana na održavanje njihove vitalnosti nakon primene, u poljskim uslovima usled njihove dobro poznate osetljivosti na ultravioletno zračenje. Različite ekonomski značajne fitopatogene bakterije se mogu uspešno kontrolisati primenom bakteriofaga. Takođe, različiti lizini koje proizvode bakteriofagi imaju dokazano značajno antibakterijsko delovanje protiv brojnih fitopatogenih vrsta, prouzrokujući lizis bakterijskih ćelija. Inkorporacijom lizina bakteriofaga u transgene useve može se olakšati njihova primena u svrhu biokontrole. Generalno, primena bakteriofaga i njihovih lizina u kontroli patogena biljaka je iskorak koji se pokazao korisnim u velikom broju slučajeva. Sada je potrebno usmeriti fokus razvoju efikasnijih metoda aplikacije i duže mogućnosti održavanja faga i njihovih enzima na površini biljaka (Dy et al., 2018; Pandit et al., 2022).

Prirodne supstance kao agensi biološke zaštite. Bioaktivne prirodne materije biljnog ili životinjskog porekla mogu delovati antimikrobno kao i stimulatивно na rast biljaka. Od materija biljnog porekla etarska ulja, hidrolati i biljni ekstrakti različitih vrsta biljaka ispoljavaju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

antibakterijsko i antifungalno delovanje na različite biljne patogene (Aćimović et al., 2016; Loc i sar., 2019; Grahovac et al., 2022; Popov et al., 2023). Prirodne materije koje se koriste kao agensi biološke zaštite imaju raznovrsne mehanizme delovanja koji ne samo da ograničavaju razvoj patogena i njihovu reprodukciju, već deluju i putem aktiviranja odbrambenih mehanizama same biljke, vezujući se za receptore smeštene na ćelijskim membranama biljaka. Veliki je broj bioaktivnih molekula iz grupe fenola, terpenoida ili alkaloida, kao što su hitin, laminarin, alicin, terpeni, hitozan, naringin itd., ispoljavju biopesticidna svojstva. Alicin koji se dobija iz belog luka ispoljava antibakterijsku i antifungalnu aktivnost (Jamiołkowska and Wagner, 2020). Naringin iz pulpe i semena grejpfruta takođe deluje na različine gljivične patogene soje, ukrasnih biljaka i povrća (Jamiołkowska, 2011). Ulje čajevca (*Melaleuca alternifolia* L.) sadrži različite terpene snažne antimikrobne aktivnosti. U pojedinim istraživanjima pulpa belog luka ispoljavala je jače antifungalno delovanje od sintetičkih supstanci. Hitin, drugi najznastupljeniji prirodni polisaharid i sastojak ćelijskog zida gljiva, kao i egzoskeleta različitih zglavkara ispoljava aktivnost protiv brojnih gljiva, bakterija i virusa (El Hadrami et al., 2010). Takođe, pored antimikrobnog delovanja, hitin je i molekul koji poseduje svojstvo da aktivira imune odgovore biljaka domaćina. Može se izolovati putem enzimskih reakcija i destilacije (Pandit et al., 2022).

Alge i cijanobakterije kao agensi biološke zaštite. Pored toga što su bogat izvor vitamina, saharida, enzima, amino kiselina, fitohormona i elemenata kao što je molibden, bor, magnezijum, gvožđe, jod i cink, ekstrakti algi i cijanobakterija imaju bioaktivna svojstva koja uključuju antifungalno, antibakterijsko i antivirusno delovanje (Arunkumar et al., 2010). Ove materije se u poljoprivrednoj proizvodnji najčešće koriste za unapređenje produktivnosti i vitalnosti biljaka. U pojedinim istraživanjima biološka aktivnost algi pripisuje se poboljšanju nivoa fitohormona (salicilna kiselina, indol-3-sirćetna kiselina i abscisinska kiselina), transkripciji PR-1b1, PR-3, i PR-4 gena (Agarwal et al., 2016). Cijanobakterije ispoljavaju aktivnost na biljne patogene, kako primenom putem zemljišta, tako i folijarno. Utvrđeno je da cijanobakterije pojačavaju enzimsku aktivnost peroksidaza, endohitinaze, hitin 1,4- β -hitotiozidaze, β -N-acetilheksozaminidaze i β -1,3-glukanaze (Roberti et al., 2015). Poput algi, i cijanobakterije imaju sposobnost proizvodnje polisaharida kao odgovora na prisustvo različitih vrsta biljnih patogena, ali potrebna su dodatna istraživanja u ovoj oblasti (Pandit et al., 2022).

Aspekti značajni za razvoj agensa biološke kontrole

Uprkos višedecenijskom istraživanju bioloških agenasa, njihova primena u intenzivnoj biljnoj proizvodnji je još uvek nedovoljno zastupljena i često zanemarljiva u odnosu na primenu hemijskih mera. Česti su slučajevi da bioagensi ispoljavaju mnogo značajniju aktivnost u laboratorijskim uslovima u odnosu na poljske. Na otvorenom polju, bioagensi se suočavaju sa značajno većim brojem izazova u odnosu na kontrolisane uslove laboratorije. Sa druge strane, efikasnost bioagensa može biti i veća od efikasnosti sintetičkih preparata međutim, tokom vremena i u različitim regionima ovo svojstvo može varirati. Na efikasnost bioagensa mogu uticati biljna vrsta, patogen, priroda samog bioagensa, kao i uslovi sredine.

Različite biljne vrste i genotipovi mogu značajno uticati na aktivnosti bioagensa, te stepen kolonizacije rizosfere, proizvodnja antibiotika i stimulacija odbrambenog mehanizma variraju među različitim biljnim vrstama. U zoni rizosfere na interakciju biljke i bioagensa najveći uticaj imaju eksudati korena, apsorpcija vode i mineralnih materija, kao i okolni mikroorganizmi. Takođe, ekspresija gena biljaka ima značajnu ulogu u privlačenju mikroorganizama iz okoline čime se obezbeđuje bolja kondicija biljke. Zbog toga se izučavanje uticaja jednog mikroorganizma - biokontrolnog agensa na biljku i patogena mora potkrepiti temeljnim istraživanjem brojnih faktora uključenih u ovaj kompleksan proces.

Aktivnost bioagensa u velikoj meri zavisi i od patogena. Svaki patogen ostvaruje različitu interakciju sa biljkom domaćinom. Važno je naglasiti da se patogen na biljci ponaša drugačije od biološkog agensa budući da je istovremeno i štetan za biljku i osetljiv na biološkog agensa. Biljni patogeni mogu ispoljiti različitu osetljivost na bioagense, a tokom nekoliko generacija mogu se prilagoditi pritisku nametnutom od bioagensa. Tvrdnja da efekti bioloških agenasa traju duže od efekata primene hemijskih mera zaštite nije uvek tačna. Takođe, slično kao i pri upotrebi sintetičkih fungicida, populacije biljnih patogena mogu preći u forme koje su manje osetljive na bioagense. Zbog toga je u životnom ciklusu patogena izuzetno važno pronaći slabosti na koje bi biološki agens mogao delovati i primenjivati ga u ovom, specifičnom periodu kada ima mogućnost da zaustavi progresiju patogena. Na primer, za neke nespecijalizovane nekrotrofne patogene, ovaj momenat je usvajanje hrane za potrebe rasta i razvoja. Ukoliko je bioagens u dovoljnom broju prisutan u blizini spora patogena, sprečavajući ih da dođu do nutrijenata, bioagens može sprečiti ili zaustaviti njihovo klijanje.

Najznačajniji faktor koji sprečava veći uspeh bioagensa u polju je njihova sposobnost da se adaptiraju na lokalne biotičke i abiotičke uslove sredine.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Zato je vrlo važno izučavati distribuciju bioagensa u rizosferi. Mehanizam delovanja bioagensa, njihova selektivnost i otpornost na nepovoljne uslove životne sredine su ključni za njihov uspeh. Od suštinskog značaja za uspeh biološke zaštite je pre svega primena bioagensa u optimalno vreme, to jest pre ostvarivanja infekcije. Takođe, izuzetno je značajno poznavati mehanizme delovanja bioagensa kako bi se ostvarili najbolji efekti u kontroli bolesti. Karakteristike koje odlikuju izuzetne bioagense su: sposobnost efikasne kolonizacije biljnog tkiva, lako gajenje u laboratoriji, sinteza različitih sekundarnih metabolita, sposobnost korišćenja različitih oblika organske materije, kompatibilnost sa najčešće korišćenim pesticidima i bioagensima.

Mikrobiološka zaštita zemljišta i životne sredine značajno utiče na efikasnost bioagensa. Istraživanja u oblasti biologije zemljišta trebalo bi da daju odgovor o jedinstvenim kvalitetima različitih vrsta, posebno onih koje žive u rizosferi biljaka, tako što bi odgonetnuli šta svaki mikroorganizam donosi u procesu biološke kontrole. Slično, ekološka istraživanja bi trebalo da daju odgovor koji biotički i abiotički faktori imaju značajan uticaj na bioagense. Veliki broj bioagensa je izuzetno osetljiv na promene uslova sredine. Zbog toga je veoma važno izabrati agens koji ima stabilnu efikasnost u različitim uslovima sredine kao što su tekstura i vlažnost zemljišta, temperaturni ekstremi ili kompeticija. Nadalje, podaci o ekološkim i biološkim komponentama zemljišta značajni su za izbor, a samim tim i uspeh, odgovarajućeg bioagensa.

Razumevanje interakcija između bioagensa, patogena i promenljive sredine je neophodno za buduća istraživanja u ovoj oblasti (Ayaz et al., 2023).

Izazovi u korišćenju mikrobioloških agensa u zaštiti bilja

Pored brojnih prednosti biološke zaštite primenom korisnih mikroorganizama, vrlo često postoje i brojna ograničenja ovakve strategije u biljnoj proizvodnji. Brojni su izazovi koje treba prevazići kako u razvoju biološkog agensa od laboratorije do primene u polju, tako i u povećanju broja komercijalno dostupnih preparata uz komplikovane zakonodavne procedure, ali i u promeni svesti proizvođača o značaju i efikasnosti njihove primene (Ayaz et al., 2023).

Najčešći parametri koji se u primarnoj laboratorijskoj selekciji biološkog agensa uzimaju u obzir jesu aktivnost sojeva, spektar delovanja, raspoloživost, mogućnost formulisanja i masovne proizvodnje, navike i prakse proizvođača. Efekti bioagensa ocenjuju se na geografski različitim lokacijama, domaćinima, tipovima zemljišta i uslovima sredine. Zbog pouzdanosti uslova sredine, početna istraživanja se najčešće sprovode u zaštićenom prostoru gde se dobijaju rezultati koji mogu biti dobra

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

teoretska i praktična podrška ispitivanjima praktične primene u polju (Zubair et al., 2021). Za uspešnu biološku zaštitu veoma je značajno unaprediti tehnologiju formulisanja preparata, produženje roka čuvanja bioagensa, optimizovati proces proizvodnje i omogućiti široku primenu uz male troškove proizvodnje (Grahovac et al., 2014; Barratt et al., 2018; Dmitrović i sar., 2022; Pajčin et al., 2022a; Vlajkov et al., 2022a; Dujković et al., 2023). Tokom formulisanja preparata i oglada efikasnosti u polju, ovlašćena lica ispituju i bezbednost preparata za životnu sredinu i zdravlje ljudi, kao i kvalitet preparata za komercijalizaciju. Pre komercijalne primene preparata na većim površinama na otvorenom polju, ovlašćene institucije moraju izdati dozvolu za registraciju. Registracija najčešće podrazumeva veoma sličan protokol kao u slučaju sintetičkih preparata, uz procenu rizika, što podrazumeva ekotoksikološka testiranja, ispitivanje mehanizma delovanja i spektra domaćina. Većina ovih zahteva se veoma teško ispunjava u slučaju bioloških preparata (Ayaz et al., 2023).

Uprkos podacima o efikasnosti bioagensa, oni trenutno predstavljaju ispod 5% komercijalno dostupnih preparata za kontrolu biljnih bolesti (He et al., 2021). Identifikacija, karakterizacija i registracija potencijalnih biagensa teče sporo i zahteva saradnju nauke i industrije. Sa druge strane, upotreba bioagensa za kontrolu prouzrokovala oboljenja biljaka može uticati na biodiverzitet u okruženju, te su etički i pravni aspekti takođe značajni (Sundh et al., 2020). Trenutno, svaka zemlja ima drugačiji regulatorni sistem, kada su u pitanju biološki agensi, i razlike su značajne. Registracija biološkog agensa zahteva intenzivnu saradnju regulatornih organa, instituta, univerziteta i sektora industrije. Broj programa koji omogućavaju finansiranje ove saradnje ima ključnu ulogu u razvoju i registraciji biopreparata (Stenberg et al., 2021). U Evropskoj regulativi broj 1107/2009 navode se standardi za procenu rizika proizvodnje i prodaje sredstava za zaštitu bilja. U EC Regulativi broj 540/2011 se navode vrste korisnih mikroorganizama koji su sertifikovani za primenu u svrhu biološke kontrole u Evropi.

Sa druge strane, poljoprivredni proizvođači ne vide finansijsku dobit u upotrebi bioloških sredstava, a takođe nemaju znanje i iskustvo za adekvatnu primenu ovih sredstava. Usled nedostatka informacija i svesti poljoprivrednih proizvođača o značaju biološke kontrole, komercijalno dostupni biopesticidi nisu u potpunosti iskorišćeni. Stoga, inicijative koje bi pružile podršku i obuku poljoprivrednim proizvođačima poput radionica, konferencija podigli bi svest o značaju primene ovih mera (Ayaz et al., 2023).

Primeri zelenih pristupa u zaštiti biljaka od bolesti

Korišćenje potencijala mikroorganizama u povećanju otpornosti biljaka u uslovima biotičkog i abiotičkog stresa, unapređenja rasta i razvoja biljaka, kao i biološkoj kontroli biljnih bolesti predstavlja jedan od glavnih alata koji su na raspolaganju u očuvanju zdravlja biljaka i održivosti zaštite bilja u budućnosti. Poznavanje mehanizama njihovog delovanja i kompleksnih interakcija između biljaka i korisnih mikroorganizama je ključno za povećanje vitalnosti biljaka, poboljšanje opšteg stanja i ostvarivanja zaštite biljaka od prouzrokovaca oboljenja. Ovo potpoglavlje se fokusira na pregled visoko efikasnih mikroorganizama koji su na listi odobrenih organizama u sastavu mikrobioloških biopesticida namenjenih za upotrebu u zaštitu bilja u zemljama Evropske unije, a neki od njih i u R. Srbiji.

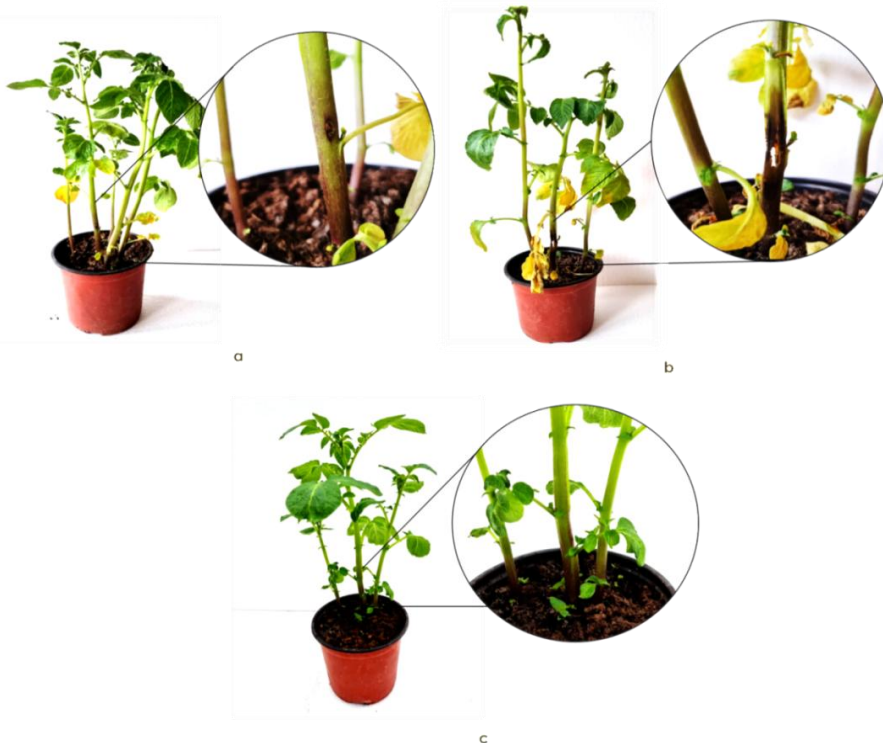
Rod *Bacillus* predstavlja veliku grupu Gram-pozitivnih bakterija koje pripadaju razdelu *Firmicutes*. Vrste ovog roda su aerobne ili fakultativne anaerobne bakterije štapićastog oblika i formiraju endospore. Identifikovano je 280 vrsta roda *Bacillus*, a njihov ukupan broj se i dalje uvećava, usled dostupnosti naprednih molekularnih tehnika identifikacije, sekvenciranja i proučavanja filogenetskih odnosa među ovim vrstama (Gupta et al., 2020). Bakterije iz ovog roda su široko rasprostranjene, budući da mogu nastanjivati vrlo raznolika staništa - prisutne su u zemljištu, vodi i vazduhu, površini i rizosferi biljaka, u gastrointestinalnom traktu životinja, kao i mnogim ekstremnim uslovima životne sredine (Fira et al., 2018). *Bacillus* vrste imaju sposobnost kolonizacije zemljišta u zoni korena biljaka, te čine dominantnu populaciju rizosfere velikog broja biljnih vrsta, kolonizuju koren biljaka u svim fazama razvoja, žive, hrane se i nadmeću za prostor i nutrijente (Bouizgarne, 2012).

Sa biotehnoške tačke gledišta, najvažnija karakteristika vrsta *Bacillus* je sposobnost proizvodnje širokog spektra sekundarnih metabolita, uključujući isparljiva i neisparljiva jedinjenja, peptide, litičke enzime, poliketide i siderofore, koji pored snažnog antimikrobnog delovanja, istovremeno ispoljavaju i stimulatívno delovanje na porast biljaka, pospešuju vitalnost biljaka i unapređuju sintezu fitohormona (Saxena et al., 2020; Vlajkov et al., 2022; Vlajkov et al., 2023). Biomolekuli koje produkuju ove vrste, kao što su antimikrobni peptidi surfaktini, iturini, fengicini, bacilomicini i subtilini imaju ključnu ulogu u ostvarivanju zaštite biljaka od prouzrokovaca oboljenja (Ongena et al., 2007; Dimkić et al., 2017; Zhao et al., 2017). Ovi ciklični lipopeptidi su odgovorni za perzistentnost mikroorganizama u rizosferi i imaju važnu ulogu u

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

uspostavljanju interakcije sa biljkama, biostimulaciji, regulaciji hormonalnog statusa biljaka.

Unapređenje zdravlja biljaka i produktivnosti upotrebom bakterija iz roda *Bacillus* se uglavnom ostvaruje kroz višestruke, udružene mehanizme delovanja, kroz odnose kompeticije, antibioze, indukovanja sistemične otpornosti, kao i novije opisanih mehanizama delovanja poput interferiranja sa fenomenom QS i preoblikovanja zemljišnog mikrobioma (Zhang et al., 2023). Mnogobrojna istraživanja navode visok antimikrobni potencijal *Bacillus* vrsta, uključujući *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. mycooides*, *B. pumilus*, *B. velezensis* i dr. (Fan et al., 2017; Dimopoulou et al., 2021; Ngalimat et al., 2021; Pajčin et al., 2022; Vlajkov et al., 2022; Zhang et al., 2023; Salazar et al., 2023). Vrste *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, predstavljaju grupu srodnih vrsta koje pripadaju kompleksu vrsta *B. subtilis* (Fan et al., 2017), a operativna grupa *Bacillus amyloliquefaciens* obuhvata četiri vrste - *B. amyloliquefaciens*, *B. siamensis*, *B. velezensis* i *B. nakamurai* (Ngalimat et al., 2021).



Slika 6.4. a - Efekti primene preventivnog tretmana kultivacionom tečnosti *B. amyloliquefaciens* na veštački inokulisanim biljkama (*Pectobacterium* spp.), b - veštački inokulisanim netretiranim biljkama i c - netretiranim neinokulisanim biljkama (Loc, 2023)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Bacillus vrste su visoko perspektivni agensi biološke zaštite zbog skromnih zahteva za nutrijentima, velike moći reprodukcije i visokog kapaciteta za stvaranje bioaktivnih jedinjenja, te su sa biotehnološkog aspekta izuzetno zahvalni proizvodni agensi (Shallmeyer et al., 2004; Pérez-García et al., 2011). Proizvodnja biopreparata namenjenih za upotrebu u fitomedicini, a čiju aktivnu komponentu čine ovi mikroorganizmi ili njihovi metaboliti je naširoko opisana u literaturi (Yu et al., 2002; Gupte et al., 2003; Shallmeyer et al., 2004; Yoshida et al., 2015; Ben Khedher et al., 2020; Salazar et al., 2023). Takođe, sposobnost stvaranja termorezistentnih spora, tokom procesa kultivacije pri vrlo varijabilnom opsegu pH vrednosti i visoka stabilnost mikroorganizama, čini biotehnološki postupak proizvodnje preparata različitih namena na bazi *Bacillus* vrsta pojednostavljenim, široko proučavanim i zastupljenim (Shallmeyer et al., 2004). Uzimajući u obzir mnogostruka korisna svojstva koje ove vrste ispoljavaju, spektar komercijalno dostupnih preparata na bazi *Bacillus* vrsta je izuzetno širok – mikrobiološki biopesticidi, biološka đubriva, stimulatori rasta, preparati namenjeni za bioremedijaciju, obnavljanje i unapređenje kvaliteta zemljišta, proizvodi namenjeni razgradnji organskog otpada, mikrobiološki inokulanti i dr.

Status *Bacillus* vrsta je da su generalno bezbedni (GRAS – eng. generally regarded as safe) prema Agenciji za hranu i lekove (FDA – Food and Drug Administration), što ide u prilog njihovoj sve učestalijoj upotrebi u zaštiti bilja (Shallmeyer et al., 2004). Među odobrenim biološkim agensima koji su u upotrebi u sastavu mikrobioloških biopesticida namenjenih protiv prouzrokovaca biljnih bolesti, broj *Bacillus* sojeva je najveći i iznosi devet, dok dodatni broj sojeva za koje je podnet zahtev za registraciju trenutno iznosi sedam. Vrste *B. amyloliquefaciens* i *B. subtilis* se ističu kao najeksploataisnije vrste ovog roda, i u sastavu su čak polovine komercijalno dostupnih bioloških preparata (Dimopoulou et al., 2021).

Soj *Bacillus amyloliquefaciens* (nekadašnja vrsta *Bacillus subtilis*) QST 713 je izolovan iz zemljišta u zasadu breskve Kalifornija (SAD), 1995. godine. Ovaj soj je nekada označavan kao *Bacillus subtilis* QST 713 (European Commission, 2006). Međutim, usled značajnih izmena u taksonomiji koje se dešavaju kao posledica upotrebe naprednih molekularnih tehnika i tehnika sekvenciranja, preimenovan je u soj *Bacillus amyloliquefaciens* QST 713. *B. amyloliquefaciens* soj QST 713 svoje delovanje ostvaruje kroz mnogostruke mehanizme – prvo, nadmeće se za prostor i nutrijente, naročito tamo gde su hranljive materije u deficitu, poput površina listova i dr. Potom, proizvodnjom spektra lipopeptidnih jedinjenja i enzima poput proteaze, koje povećavaju permeabilnost membrana fitopatogenih gljiva, deluju na razgradnju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

struktura fitopatogenih gljiva, umanjujući stepen ostvarene infekcije. Dodatno, ovaj soj ima svojstvo i da pobuđuje mehanizme odbrane same biljke, indukujući njihovu prirodnu sistemsku otpornost (EFSA, 2021). *Bacillus amyloliquefaciens* QST 713 proizvodi širok spektar lipopeptidnih jedinjenja – iturine A, fengicin (pliplastatin) i surfaktin, koji ostvaruju efikasno antifungalno, kao i antibakterijsko delovanje. Nadalje, soj QST 713 proizvodi i antibiotski aktivne poliketide – bacilene i difcidin, kao i bakteriocine ericin S i ericin A. Nadalje, *B. amyloliquefaciens* QST 713 poznati je producent egzozimima, hidrolitičkih enzima kao što su amilaze, β -glukanaze i hitinaze, koji doprinose razgradnji organske materije i ostvaruju antifungalno delovanje. Soj QST 713 vrste *Bacillus amyloliquefaciens* je deo trajne kolekcije kultura Istraživačkog centra iz oblasti poljoprivrede, Ministarstvo poljoprivrede Piorije, Illinois, SAD (EFSA, 2021). Komercijalno dostupni preparat 'Serenade ASO', formulisan u vidu koncentrovane suspenzije (SC), koja sadrži 967 g/kg (minimalni sadržaj 1×10^{12} CFU/kg, maksimalni sadržaj 3×10^{13} CFU/kg) soja QST 713 vrste *Bacillus amyloliquefaciens*. Ovaj preparat namenjen je za upotrebu u zasadima vinove loze, kao i otvorenom i zatvorenom polju u zasadu jagode, protiv prouzrokovala sive truleži *Botrytis cinerea*, u fenofazama BBCH 55-89.

U Republici Srbiji, na bazi soja QST 713 vrste *B. amyloliquefaciens* je takođe registrovan preparat pod komercijalnim nazivom 'Serenade ASO' i namenjen je za suzbijanje prouzrokovala bakteriozne plamenjače jabučastog voća (*Erwinia amylovora*), prouzrokovala smeđe pegavosti kruške (*Stemphylium* sp.), prouzrokovala sive truleži vinove loze (*Botrytis cinerea*), prouzrokovala sušenja cvetova i grančica i mrke truleži koštičavog voća (*Monilinia* sp.) i prouzrokovala bakteriozne pegavosti šljive (*Xanthomonas* sp.), prouzrokovala bele truleži (*Sclerotinia* sp.) uljane repice, prouzrokovala bele noge ili suve truleži (*Rhizoctonia solani*) u usevu krompira, prouzrokovala pegavosti lista šećerne repe (*Cercospora beticola*), poleganja rasada, paleži klijanaca i truleži semena (*Pythium* sp.) u usevu mrkve, prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bele truleži (*Sclerotinia* sp.) u usevu zelene salate na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, kao i prouzrokovala bele noge ili suve truleži (*Rhizoctonia solani*) u usevu zelene salate, prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bakteriozne pegavosti (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas* sp.), kao i prouzrokovala fuzarioznog uvenuća (*Fusarium oxysporum*) u usevu paradajza na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) u usevu paprike, prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bele truleži (*Sclerotinia* sp.) u zasadu jagode na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bele truleži

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

(*Sclerotinia* sp.) u usevu krastavca na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, prouzrokovaca fuzarioznog uvenuća (*Fusarium oxysporum*) vrežastih kultura na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, prouzrokovaca sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bele truleži (*Sclerotinia* sp.) u usevu tikvice na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, u suzbijanju mikopatogenih gljiva na pečurkama, sive truleži (*Botrytis cinerea*), uvenuća i sušenja cvetova i izdanaka borovnice (*Monilinia vaccinii-corymbosi*), prouzrokovaca pepelnice ruže i ukrasnog bilja, prouzrokovaca sive truleži (*Botrytis cinerea*) i bakteriozne pegavosti (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas* sp.) plavog patlidžana, prouzrokovaca bakterioza (*Xanthomonas* sp.) oraha, kao i prouzrokovaca bakterioza (*Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp.) aromatičnog, začinskog i lekovitog bilja na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru.



Slika 6.5. i 6.6. Simptom sive truleži prouzrokovane gljivom *B. cinerea* na plodovima jagode (foto: Grahovac i Budakov)

***Bacillus amyloliquefaciens* soj AH2** je deo trajne španske kolekcije kultura, Univerzitet u Valensiji, Španija. Soj je inicijalno izolovan iz kultivisanih zemljišta u Španiji. *B. amyloliquefaciens* AH2 je soj koji produkuje iturin A, fengicin i surfaktin C, kao i subtilisin. Komercijalno dostupni preparat u čijem sastavu je soj AH2, formulisan kao koncentrovana suspenzija (SC), sadrži 993 g/L (optimum 1×10^{11} CFU/L, minimum 7×10^{10} CFU/L, maksimum 7×10^{11} CFU/L) soja AH2 *B. amyloliquefaciens*. Ovaj preparat je registrovan za upotrebu protiv prouzrokovaca sive truleži (*Botrytis cinerea*) u usevu vinove loze u fenofazama BBCH 71-85.

***Bacillus amyloliquefaciens* IT-45** je bakterijski soj deponovan u nacionalnoj kolekciji Pasterovog instituta (CNCM) u Parizu, Francuska. Soj je inicijalno izolovan u Francuskoj, poreklom je iz zemljišta na kom je uzgajan kukuruz. Komercijalno dostupni preparat je formulisan u obliku

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

kvašljivog praška (WP) i sadrži 100 g/kg (optimalno 1×10^{13} CFU/kg, minimalno 2×10^{12} CFU/kg, maksimalno 5×10^{13} CFU/kg) soja IT-45 *Bacillus amyloliquefaciens*. Preparat se koristi za zaštitu od prouzrokovala truleži korena *Phytophthora citrophthora* i *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* (EFSA, 2021a).

***Bacillus amyloliquefaciens* soj FZB24** je inicijalno izolovan u Nemačkoj i deponovan u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen, DSM). Deo je i kolekcije kultura Istraživačkog centra iz oblasti poljoprivrede, Ministarstva poljoprivrede SAD (NRRL). Komercijalno dostupni preparat u čijem sastavu je ovaj soj je formulisan u obliku kvašljivog praška (WP), sadrži 130 g/kg (optimalno 5×10^{13} CFU/kg, minimalno 1×10^{13} CFU/kg, maksimalno 1×10^{14} CFU/kg) soja FZB24 *B. amyloliquefaciens*, namenjen za zaštitu povrtarskih vrsta iz porodice *Cucurbitaceae* (krastavac, tikvica i dinja), krompira i vinove loze, od prouzrokovala pepelnice, plamenjače i sive truleži (EFSA, 2016).

***Bacillus amyloliquefaciens* soj MBI 600** je bakterijski soj izolovan u Velikoj Britaniji i pripada Nacionalnoj kolekciji industrijskih, morskih i prehrambenih bakterija (National Collection of Industrial, Marine and Food Bacteria, NCIMB), Škotska, kao i Američkoj kolekciji tipskih kultura (American Type Culture Collection, ATCC).

Registrovani preparat u obliku kvašljivog praška (WP) sadrži 88 g/kg (optimalno $1,21 \times 10^{14}$ CFU/kg, minimalno $5,5 \times 10^{14}$ CFU/kg) soja MBI 600 *B. amyloliquefaciens*. Preparat je namenjen za zaštitu vinskih i stonih sorti vinove loze od *Botrytis* sp. (EFSA, 2016a). Registrovani preparat u R. Srbiji na bazi soja MBI 600 *B. amyloliquefaciens* (minimalno 1×10^9 CFU/g) je biofungicid namenjen za zaštitu vinove loze od prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*).

***Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* soj D747** je izolovan iz atmosfere u Japanu 2000. godine. Soj pripada trajnoj kolekciji kultura Istraživačkog centra iz oblasti poljoprivrede, Ministarstvo poljoprivrede SAD (NRRL), Illinois, kao i Međunarodnom depou patentnih organizama, Nacionalnog instituta za naprednu industrijsku nauku i tehnologiju, Tokio, Japan. Registrovani preparat formulacije vododisperzibilne granule (WG) sadrži 5×10^{13} CFU/kg soja D747. Preparat je namenjen za zaštitu vinskih i stonih sorti vinove loze od prouzrokovala sive truleži, *B. cinerea* (EFSA, 2014).

***Bacillus subtilis* soj IAB/BS03** poreklom je iz rizosfere tikava sa poljoprivrednih zemljišta Valensije, Španija, izolovan 2005. godine. Ovaj

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

soj je deo Španske kolekcije tipskih kultura (Spanish Type Culture Collection, CECT), kao i Nemačke kolekcije tipskih kultura (German Type Culture Collection, DSMZ). Soj IAB/BSO3 vrste *B. subtilis* se u literaturi navodi kao producent mnogobrojnih cikličnih lipopeptida, uključujući surfaktin, fengicin i iturin A. Formulisan proizvod u formi kvašljivog praška (WP) sadrži 10 g/kg (optimalno 2×10^{11} CFU/kg, minimalno i maksimalno 1×10^{11} CFU/kg do 5×10^{11} CFU/kg) soja IAB/BSO3 *B. subtilis*. Preparat je namenjen za primenu u zasadima jabuke, zelene salate i zaštiti useva iz porodice *Cucurbitaceae* od prouzrokovala čađave pegavosti lista i krastavosti ploda, plamenjače i pepelnice (EFSA, 2018).

***Bacillus pumilus* QST 2808** pripada trajnoj kolekciji kultura Istraživačkog centra iz oblasti poljoprivrede, Ministarstvo poljoprivrede SAD (NRRL), Illinois, SAD. *Bacillus pumilus* soj QST 2808 izolovan je iz uzoraka zemljišta iz Ponpeje, Mikronezija. Registrovani preparat formulisan u obliku SC namenjen je za zaštitu vinove loze, krastavca, dinje i tikve od prouzrokovala pepelnica (*Erysiphe cichoracearum* i *Sphaerotheca fuliginea*), u fenofazi BBCH 11-89 (EFSA, 2013a).

***Pseudomonas chlororaphis* soj MA 342** je bakterijski soj deponovan u Nacionalnoj kolekciji industrijskih i morskih bakterija (UK National Collection of Industrial and Marine Bacteria Ltd, NCIMB), Velika Britanija. U pitanju je soj koji je originalno izolovan sa korena zimzelenog grma crna mahunica (*Empetrum nigrum* L.) u Švedskoj. Komercijalni preparat u čijem sastavu je soj MA 342 je formulacije koncentrovana suspenzija za tretiranje semena (FS), sadržaja 5×10^{12} CFU/kg (200 g/kg, minimum 1×10^{12} CFU/kg, maksimum 1×10^{13} CFU/kg). Preparat je namenjen za tretman semena strnih žita (pšenica, ječam i tritikale), zaštitu mrkve i graška od zemljišnih patogena, kao i folijarni tretman strnih šita od lisnih oboljena, kao i oboljenja klasa (EFSA, 2017a).

Soj DSMZ 13134 *Pseudomonas* sp. je deponovan u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i ćelijskih kultura (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, DSMZ GmbH). Soj je poreklom iz zemljišta sa polja na kom je uzgajana zelena salata u Nemačkoj. Ovaj bakterijski soj proizvodi metabolite piohelin, indol-2-sirćetnu kiselinu, metil estar salicilne kiseline i deferoksamin, koji ostvaruju svoje moćno antimikrobno delovanje. Komercijalno dostupni prepat namenjen je za tretman semenskih krtola u zaštiti od prouzrokovala *Rhizoctonia solani* i *Helminthosporium solani*, kao i primenu tokom vegetacije u usevima krompira, slatkog krompira, mrkve, cvekle, celera, rena, artičoke,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

paštrnaka, peršuna, rotkvice, krastavca, kupusa, paprike, patlidžana i zelene salate (EFSA, 2012a; EFSA, 2020).

***Streptomyces* soj K61** je bakterijski soj deponovan u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i ćelijskih kultura (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen). Inicijalno je izolovan iz treseta od mahovine u Finskoj. Registrovani preparat je formulisan kao kvašljivi prašak (WP) optimalnog sadržaja 5×10^{11} spora/kg (250 g/kg; minimum 1×10^{11} CFU/kg, maksimum 2×10^{11} CFU/kg) soja K61, namenjen je za tretman klijanaca, putem navodnjavanja kap po kap, natapanjem zemljišta pre i nakon rasađivanja biljaka, inkorporacijom rastvora u zemljište, potom tretman semena i potapanje reznica u zaštiti od zemljišnih patogena, kao i patogena semena poput *Fusarium*, *Pythium* i *Phytophthora* vrsta u usevima različitih povrtarskih biljaka, leguminoza, ukrasnog bilja, aromatičnih biljaka i dr. (EFSA, 2020d).

***Streptomyces lydicus* soj WYEC 108** je zemljišni mikroorganizam, koji svoje delovanje zasniva na kolonizaciji korena biljaka i parazitiranja gljiva koje prouzrokuju trulež korena, poput *Fusarium* i *Pythium* vrsta. Za ovaj soj je takođe utvrđeno da proizvodi mnogobrojne sekundarne metabolite i antibiotika jedinjenja, koja pokazuju visoku antimikrobnu aktivnost. Referentni soj WYEC 108 vrste *Streptomyces lydicus* je deponovan u Američkoj kolekciji tipskih kultura (American Type Culture Collection, ATCC). Ovaj soj je izolovan iz poljoprivrednog zemljišta u Velikoj Britaniji. Registrovan i komercijalno dostupan preparat namenjen je u kontroli patogena semena, zemljišnih patogena, kao i prouzrokovala oboljenja nadzemnih biljnih delova, poput vrsta iz rodova *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Phytomatotricum*, *Aphanomyces*, *Monosporascus*, *Armillaria*, *Sclerotinia*, *Postia*, *Verticillium*, *Geotrichum*, kao i prouzrokovala pepelnice (EFSA, 2013c; EFSA, 2020c).

***Ampelomyces quisqualis* soj AQ10.** Navodi o *Ampelomyces* vrstama kao pratiocima predstavnika porodice *Erysiphaceae* poznati su od davnina (De Bary, 1870; Manjunatha et al., 2020). Rod *Ampelomyces* je među prvim proučavanim i opisanim mikoparazitima i jedne od prvih gljiva koje su upotrebljene kao agensi biološke kontrole ekonomski značajnih oboljenja. Porodica *Erysiphaceae* broji više od devet rodova sa preko 65 vrsta koje su poznati domaćini *Ampelomyces* vrsta (Manjunatha et al., 2020). Vrsta *Ampelomyces quisqualis* je specifični mikoparazit predstavnika iz reda *Erysiphales* i smatra se endoparazitnom gljivom čije konidije prodiru unutar hifa i konidiofora prouzrokovala pepelnice i formiraju piknide, ostvarujući hiperparazitski mehanizam delovanja. Ovaj

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mikoparazit smanjuje broj haustorija prouzrokovaca pepelnice, čime direktno utiče na smanjen unos hranljivih materija patogena. *A. quisqualis* takođe smanjuje infektivni potencijal i intenzitet oboljenja smanjenjem broja konidija prouzrokovaca pepelnice (Carbó et al., 2020). Najproučavaniji bioagens koji se koristi u kontroli prouzrokovaca pepelnice je soj AQ10 vrste *A. quisqualis*, koji je izolovan iz višegodišnje biljne vrste kat (*Catha edulis*) u Izraelu (CNCM I-807) (Angeli et al., 2012). Registrovani preparat koji sadrži ovaj soj je komercijalno dostupan u zemljama EU i namenjen je za suzbijanje prouzrokovaca pepelnice različitih biljnih vrsta (EFSA, 2017). Soj AQ10 gljive *Ampelomyces quisqualis* je deponovan u Nacionalnoj kolekciji mikroorganizama (CNCM, Pasterov institut, Pariz, Francuska). Formulirani proizvod je u formi vododisperzibilne granule (WG) i sadrži 580 g/kg (optimum 5×10^{12} živih spora/kg, minimum 3×10^{12} živih spora/kg, maksimum 7×10^{12} živih spora/kg) soja AQ10 *Ampelomyces quisqualis*. Pomenuti preparat je biofungicid namenjen za suzbijanje prouzrokovaca pepelnice vinove loze u fenofazama BBCH 03 do 89, kao i suzbijanju prouzrokovaca pepelnice u usevima paradajza, paprike, patlidžana (uzgajanih u zaštićenom prostoru ili na otvorenom polju) u fenofazama BBCH 21 do 89.

***Clonostachys rosea* soj J1446 (*Gliocladium catenulatum* soj J1446)** je gljiva deponovana u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i ćelijskih kultura (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen), pod nazivom *Gliocladium catenulatum* soj J1446. *C. rosea* soj J1446 je izolovan iz zemljišta u Finskoj. Nakon promena u taksonomiji, pripadnik nekadašnjeg roda *Gliocladium*, preimenovan u rod *Clonostachys*. Registrovani preparat je u formi kvašljivog praška (WP) sadržaja 230 g/kg (optimum $4,6 \times 10^{11}$ CFU/kg, minimum 2×10^{11} CFU/kg, maksimum 1×10^{11} CFU/kg) *Clonostachys rosea* soja J1446. Soj pokazuje visoku efikasnost protiv zemljišnih patogena iz rodova *Fusarium* spp., *Pythium* spp. i *Phytophthora* spp., te je namenjen za inkorporaciju u zemljište, ali i folijarne tretmane za suzbijanje patogena iz rodova *Botrytis* spp. i *Didymella*, kao i tretman semena protiv patogena semena i zemljišnih patogena u usevima pšenice, kukuruza, krompira, luka, vinove loza, travnjaka, kao i ukrasnog bilja i jagoda u zaštićenom prostoru ili otvorenom polju (EFSA, 2017a).

***Coniothyrium minitans* soj CON/M/91-08 (DSM 9660)** je gljiva deponovana u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i ćelijskih kultura (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, DSMZ GmbH). Komercijalno dostupni preparat u čijem sastavu je soj DSM-9660 je formulisan u obliku vododisperzibilne granula (WG), sadržaja 50 g/kg

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Coniothyrium minitans soja CON/M/91-08 (minimalni sadržaj vitalnih ćelija $1,17 \times 10^{12}$ CFU/kg), namenjen za primenu kroz sisteme zalivanja ili inkorporacijom u zemljište, u cilju dekontaminacije od vrste *Sclerotinia sclerotiorum*, u usevu uljane repice, krastavca, zelene salate, pasulja i suncokreta (EFSA, 2016b).

***Phlebiopsis gigantea* sojevi FOC PG 410.3, VRA 1984 i VRA 1835**, su gljive koje pripadaju Američkoj kolekciji tipskih kultura (American Type Culture Collection, ATTC), Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i ćelijskih kultura (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, (DSMZ GmbH), i kolekciji CABI Bioscience Safe deposit (IMI). Sojevi VRA 1835, VRA1984 i FOC PG 410.3 su široko rasprostranjene saprofitne gljive. *P. gigantea* je poreklom sa trulih delova stabala smrče (*Picea sp.*) i bora (*Pinus sp.*) iz Finske, Švedske i Velike Britanije. Komercijalno dostupni preparat u formi kvašljivog praška, sadržaja 5×10^9 CFU/kg (propisani opseg 2×10^9 do 5×10^9 CFU/kg) ili 106 g/kg (minimum 90 g/kg, maksimum 130 g/kg) *Phlebiopsis gigantea*, namenjen za suzbijanje kompleksa fitopatogenih gljiva iz roda *Heterobasidion* spp. (*H. annosum*, *H. parviporum*), u zaštiti četinara poput smrče, bora i ariša (EFSA, 2019).

***Trichoderma* spp.** Vrste roda *Trichoderma* poznati su producenti peptaibola, klase linearnih peptida efikasnih u ostvarivanju odbrane, indukovanju otpornosti biljaka prema patogenima i ostvarivanju važne uloge u zaštiti bilja. Mnoga od ovih jedinjenja su značajni antibiotici, kao što trihorzianini *T. harzianum*, trihopolini *T. polysporum*, trihokonini koje proizvode *T. pseudokoningii*, trihotoksini vrste *T. asperellum* (Li et al., 2014). U pitanju su metaboliti iz grupe trihorziana, koji sadrže alfa-aminoizobutričnu kiselinu i alkohol. Peptaboli su amfifili, što znači da imaju lipofilni i hipofilni karakter, što im omogućava da proizvedu tzv. transmembranske kanale koji se aktiviraju promenama u električnom potencijalu. Jonski kanali uzrokuju nastanak perforacija, te dolazi do propustljivosti ćelija i isticanja citoplazme kroz nastale otvore. Rezultat je nepovratno oštećenje ćelija fitopatogenih mikroorganizama, zbog isticanja sadržaja ćelije (Daniel and Rodrigues Filho, 2007). Zbog svog visokog kapaciteta sporulacije i dobre prilagodljivosti uslovima zemljišnog ekosistema, nalaze široku primenu u zaštiti bilja, kako u borbi protiv rizosfernih fitopatogenih mikroorganizama, tako i štetnih insekata.

Soj T-22 vrste *T. afroharzianum* je soj originalno izolovan u Dženivi, Nju Jork, SAD i deo je Američke kolekcije tipskih kultura (American Type Culture Collection, ATTC), dok je **soj ITEM-908 vrste *T.***

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

atrobrunneum izolovan iz ostataka masline iz regije Apulija, Italija i deo je trajne kolekcije Centraal bureau voor Schimmelcultures (CBS), Westerdijk Instituta, Utrecht, Holandija. Komercijalno dostupni preparati formulisani u vidu kvašljivog praška (WP) sadržaja 1×10^{12} CFU/kg soja T-22, namenjeni su za zaštitu paradajza u zaštićenom prostoru i otvorenom polju od patogena *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp. i *Fusarium* spp. (EFSA, 2013d).

***Trichoderma asperellum* (nekada *Trichoderma harzianum*) soj ICCo12**, deponovan je u CABI trajnoj kolekciji kultura (CABI culture collection). Ovaj soj je inicijalno izolovan iz supresivnih zemljišta iz oblasti centralne Italije. *Trichoderma asperellum* (nekada *Trichoderma viride*) **soj T25**, deponovan u CABI trajnoj kolekciji kultura (CABI culture collection), a poreklom je iz poljoprivrednih zemljišta Španije. *Trichoderma asperellum* (nekada *Trichoderma viride*) **soj TV1**, deponovan je u MUCL kolekciji kultura (Mycothèque de l'Université catholique de Louvain, Belgija), inicijalno izolovan iz rizosfere paradajza u Italiji. Komercijalno dostupni preparat formulacije kvašljivog praška (WP) sadrži 20 g/kg ($1,5 \times 10^{10}$ CFU/kg) *Trichoderma asperellum* soj ICCo12 i 20 g/kg ($1,5 \times 10^{10}$ CFU/kg) *Trichoderma gamsii* soj ICCo80. Registrovani preparat koji sadrži *Trichoderma asperellum* soj T25 g/kg (1×10^8 CFU/kg) i *Trichoderma atroviride* soj T11 soj 5 g/kg (1×10^8 CFU/kg) je formulisani u vidu vododisperzibilnih granula (WG). Preparat formulisani u obliku kvašljivog praška (WP) sadrži 28 g/kg (1×10^{10} CFU/kg) *Trichoderma asperellum* soj TV1. Navedeni preparati namenjeni su za zalivanje zemljišta natapanjem i primenu kroz sistem kap po kap, protiv zemljišnih patogena iz rodova *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. i *Sclerotinia sclerotium* u usevima paradajza, paprike, krastavca i tikvice (*Trichoderma asperellum* soj T25) i protiv prouzrokovala oboljenja iz rodova *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. u usevu paradajza (*Trichoderma asperellum* soj ICCo12 i *Trichoderma asperellum* soj TV1) (EFSA, 2013e).

***Trichoderma asperellum* soj T34** deo je Španske kolekcije tipskih kultura (Spanish Collection of Type Cultures, CECT). Za ovaj soj je utvrđeno da pobuđuje odbrambeni mehanizam biljaka u zaštita od prouzrokovala fuzarioznog uvenuća (*Fusarium oxysporum*). Preventivno primenjeni agens omogućava kolonizovanje korena biljke i stvaranje fizičke barijere za prodor patogena, uz istovremenu stimulaciju proizvodnje odbrambenih proteina u biljci, koje biljku čine otpornom prema prouzrokovalima oboljenja. Dodatno, za soj T34 je utvrđeno da direktnim parazitiranjem patogena dovodi do njegove eliminacije.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Registrovani preparat koji sadrži soj T34 je formulan u obliku kvašljivog praška (WP) i namenjen u zaštiti karanfila u zaštićenom prostoru od *Fusarium oxysporum f.sp. dianthi* (EFSA, 2012b).

***Trichoderma atroviride* soj AGR2** je deponovan u Nacionalnoj kolekciji mikroorganizama (CNCM, Pasterov institut, Pariz, Francuska). Ova filamentozna gljiva je izolovana iz biljnih ostataka u kultivisanom zemljištu u Francuskoj. Registrovani preparat je formulan u vidu kvašljivog praška (WP), sadržaja 1×10^{12} CFU/kg soja AGR2 *Trichoderma atroviride*, namenjen je za folijarni tretman uljane repice u fenofazama BBCH 60 do 69, protiv *Sclerotinia sclerotiorum* (EFSA, 2022a).

***Trichoderma atroviride* soj AT10** je filamentozna gljiva deponovana u Španskoj kolekciji tipskih kultura (Spanish type culture collection, CECT). Soj je inicijalno izolovan iz zemljišta u Kataloniji, Španija. Registrovani preparat je formulan u obliku kvašljivog praška (WP), sadržaja 5×10^{11} CFU/kg soja AT10 *Trichoderma atroviride*, namenjen za primenu kroz sistem za navodnjavanje i natapanjem, za zaštitu zelene salate protiv *Sclerotinia* sp. (EFSA, 2022b).

***Trichoderma atroviride* soj I-1237**, je deponovan u Nacionalnoj kolekciji mikroorganizama (CNCM, Pasterov institut, Pariz, Francuska). Ovaj soj je izolovan iz kultivisanih zemljišta u južnoj Francuskoj. Formulisani preparat u obliku kvašljivog praška (WP) sadrži 280 g/kg (1×10^{12} spora/kg i više od 1×10^{11} CFU/kg) soja I-1237 *Trichoderma atroviride*. Preparat je namenjen za tretman vinove loze, kao i tretman rana nakon rezidbe i potapanje reznica u rasadničkoj proizvodnji, protiv prouzrokovala *Phaeoconiella chlamydospora*, *Phaeoacremonium aleophilum*, *Eutypa lata*, *Fomitiporia mediterranea*, *Diplodia seriata*, *Diplodia mutila* i *Neofusicoccum parvum* (EFSA, 2012b).

***Trichoderma atroviride* soj SC1** je deo je trajne kolekcije Centraal bureau voor Schimmel cultures (CBS), Westerdijk Institut, Utrecht, Holandija. Ovaj soj je inicijalno izolovan iz delova trulog stabla lešnika u Severnoj Italiji 2000. godine. Registrovani preparat formulan u obliku vododisperzibilne granula (WG), sadržaja 150 g/kg (optimum 1×10^{13} CFU/kg, minimum 9×10^{12} CFU/kg) soja SC1 vrste *Trichoderma atroviride*, namenjen je za tretman povreda nastalih nakon rezidbe na odraslim čokotima vinove loze, kao i potapanje reznica u rasadničkoj proizvodnji, protiv prouzrokovala truleži drvenastih delova (EFSA, 2015a). U R. Srbiji je preparat pod komercijalnim nazivom Vintec na bazi soja SC1 registrovan u rasadnicima vinove loze za zaštitu od

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

prouzrokovana eske vinove loze (*Phaeomoniella chlamydospora*, *Phaeoacremonium aleophilum*).

Soj T11 vrste *Trichoderma atroviride* deo je Španske kolekcije tipskih kultura (Spanish Collection of Type Cultures, CECT), dok je soj IMI-206040 deo Američke kolekcije tipskih kultura (American type culture collection, ATCC). Soj T11 je izolovan iz zemljišta na kom je uzgajana šećerna repa, Španija, dok soj IMI-206040 potiče sa stabla šljive, sorte Czar, iz voćnjaka u južnoj Švedskoj. Registrovani preparati sadrže 1×10^8 - 1×10^9 CFU/g soja IMI-206040, kao i 1×10^8 - 10^9 CFU/g soja IMI-206039 vrste *T. polysporum*, i namenjeni su za zaštitu jagode od pouzrokovana sive truleži (*Botrytis cinerea*) i ukrasnog drveća od vrste *Chondrostereum purpureum*, kao i za primenu u zasadu jagode u zaštićenom prostoru i otvorenom polju (EFSA, 2015b).

Soj ICCo80 *Trichoderma gamsii* je izolovan iz zemljišta u Sardiniji, Italija. Za ovaj soj je utvrđeno da ispoljava antagonističko svojstvo, kolonizujući zemljište i rizosferu biljke, te se nameće za hranu i nutrijente sa zemljišnim patogenima, poput vrsta iz rodova *Pythium*, *Phytophthora*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia*, *Verticillium*, kao i vrste *Thielaviopsis basicola*. Dodatno, za ovaj soj je utvrđeno da proizvodi mnoge enzime kojima dezintegriše ćelijski zid fitopatogenih gljiva i dovodi do njihovog propadanja (EFSA, 2013b).

***Verticillium albo-atrum* (nekada *Verticillium dahliae*) soj WCS850** je deponovan u kolekciji Centraal bureau voor Schimmelcultures (CBS-KNAW), Westerdijk Instituut, Utrecht, Holandija. Soj potiče sa polja krompira u Holandiji i preliminarno je identifikovan kao *Verticillium dahliae*. Formulisan preparat u vidu suspenzije za primenu opremom za ultramalu zapreminu, sadržaja 1×10^8 CFU/mL (optimalni opseg $0,7$ - $1,5 \times 10^7$ CFU/mL) *V. albo-atrum* soja WCS850, u zaštiti bresta od patogena *Ophiostoma novo-ulmi* (EFSA, 2019a).

***Aureobasidium pullulans* (soj DSM 14940 i soj DSM 14941).** *Aureobasidium* rod, obuhvata kvascima slične gljive iz porodice *Dothioraceae*. *Aureobasidium* vrste su opšte prisutne i široko rasprostranjene, mogu se naći u šumskom zemljištu, vodi i hipersalinskim uslovima, morskim sedimentima, blatu morskih solana, ledu, vazduhu, na listovima biljaka i površini plodova voća i dr. (Di Francesco et al., 2023). Sposobnost mnogih vrsta ovog roda da nastanjuju ekstremne uslove životne sredine omogućila je raznolik diverzitet populacije. Neke od ovih vrsta su saprofitni endofitni organizmi, a među njima ima i patogena

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

biljaka ili ljudi. Najdetaljnije proučene vrste su poreklom iz filozofije, kao i površine plodova voća i povrća. Većina proučavanih sojeva bioagensa iz ovog roda pripadaju vrsti *A. pullulans* (Di Francesco et al., 2023). Sojevi DSM 14940 i DSM 14941 vrste *Aureobasidium pullulans* su na listi odobrenih mikroorganizama koji su u sastavu registrovanog preparata koji sadrži $2,5 \times 10^9$ CFU/g (sadržaj od 250 g/kg za oba soja) *Aureobasidium pullulans* DSM 14940 i DSM 14941), formulisan u vidu vododisperzibilnih granula (WG). Ovaj mikrobiološki preparat je registrovan kao biobaktericid za kontrolu bakterijske plamenjače prouzrokovane vrstom *Erwinia amylovora*, u zasadima jabučastih voćnih vrsta, u fenofazi BBCH 61 do 69 (EFSA, 2013). Sojevi DSM 14940 i DSM 14941 vrste *Aureobasidium pullulans* su deponovani u Nemačkoj kolekciji mikroorganizama i kultura ćelija (DSMZ). Oba soja vrste *Aureobasidium pullulans* izolovana su na Univerzitetu Konstanz 1989. godine, sa listova jabuke iz netretiranog zasada jabuke.

***Candida oleophila* soj O** je kvasac koji nastanjuje biljna tkiva (plodove, cvetove i stabla), a može se naći i u vodi. Ovaj soj je inicijalno izolovan sa plodova jabuke sorte Zlatni delišes. Primarno, ovaj korisni kvasac ostvaruje svoje delovanje kroz odnos kompeticije za hranu i kolonizujući biljna tkiva. Sa druge strane, postoje i navodi o tome da ovaj soj proizvodi hidrolitičke enzime, poput beta-1,3-glukanaza, koji imaju ulogu u degradaciji ćelijskog zida patogena. Soj pripada trajnoj kolekciji Mycothèque de l'Université Catholique de Louvain, Belgija (MUCL). Komercijalno dostupni preparat u obliku vododisperzibilne granula (WG), sadržaja 3×10^{10} CFU/g (opseg 6×10^9 – 1×10^{11} CFU/g) namenjen je za upotrebu nakon berbe (BBCH 99), u suzbijanju prouzrokovača sive truleži (*Botrytis cinerea*) i plave truleži (*Penicillium expansum*) jabuke i kruške (EFSA, 2012).

***Metschnikowia fructicola* soj NRRL Y-27328** pripada trajnoj kolekciji kultura Istraživačkog centra iz oblasti poljoprivrede, Ministarstvo poljoprivrede SAD (NRRL), Illinois, SAD, kao i kolekciji kultura CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Holandija, Belgijske kolekcije BCCM/MUCL (Belgian Co-ordinated Collections of Microorganisms BCCM/MUCL) i Nacionalne kolekcije kvasaca Velike Britanije (National Collection of Yeast Cultures). Soj je originalno izolovan sa biljaka vinove loze u Izraelu. Komercijalni preparat formulacije vododisperzibilne granule (WG) sadržaja 580–590 g/kg (opimum 2×10^{13} CFU/kg, minimalni sadržaj vitalnih spora 1×10^{13} CFU/kg) soja *M. fructicola* NRRL Y-27328, namenjen je za tretmane koštičavih voćnih vrsta u fenofazi BBCH 73-89, protiv *Monilinia*

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

fructigena i *Monilia laxa*, kao i zasadu jagode u fenofazi BBCH 81-87 i vinove loze u fenofazi BBCH 65-89, protiv *Botrytis cinerea* (EFSA, 2017b).

***Saccharomyces cerevisiae* soj LASo2** je deponovan u nacionalnoj kolekciji Pasterovog instituta (Collection Nationale de Cultures de Microorganismes, CNCM) u Parizu, Francuska. Registrovan i komercijalno dostupni preparat formulacije vododisperzibilne granule (WG) sadržaja 933 do 988 g/kg (optimalno 1×10^{13} CFU/kg, minimalno 5×10^{12} CFU/kg) *S. cerevisiae* soja LASo2, je namenjen za zaštitu jabučastih i koštičavih voćnih vrsta i vinove loze od patogena *Monilinia fructigena*, *Monilinia laxa*, *Monilinia fructicola*, *Botrytis* sp., *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp., *Neofabraea alba* i *Penicillium* sp. (EFSA, 2015).

***Pythium oligandrum* soj M1** pripada Američkoj kolekciji tipskih kultura (American Type Culture Collection, ATTC). Ovaj soj je izolovan iz zemljišta u Češkoj. Komercijalni preparat u formi kvašljivog praška (WP) sadrži minimum 1×10^9 oospora/kg (optimalni sadržaj 175 g/kg, minimum 100 g/kg, maksimum 250 g/kg) soja M1 vrste *P. oligandrum*. Preparat je namenjen za zaštitu od *Sclerotinia sclerotiorum* i *Leptoshaeria maculansin*, u usevu uljane repice u fenofazi BBCH 12-19, *Fusarium* spp. u usevu pšenice i ječma u fenofazama BBCH 30-40 i BBCH 40-65 (EFSA, 2020a). U R. Srbiji je registrovan preparat Polyversum, u čijem sastavu je *Pythium oligandrum* (soj M1, sadržaj 1×10^6 - 10^7 oospora/g), namenjen za suzbijanje prouzrokovala sive truleži (*Botrytis cinerea*) u zasadu vinove loze i maline.

Aktuelno stanje zelenih strategija zaštite biljaka od bolesti i budući izazovi

Kako se strategije za suzbijanje fitopatogenih gljiva i bakterija, koje prouzrokuju ekonomski najznačajnija oboljenja gajenih biljaka, nastavljaju razvijati, različite metode biološke kontrole su se pojavile kao obećavajuća alternativa tradicionalnim merama zaštite, naročito primeni hemijskih fungicida i baktericida (Davies et al., 2021). U nastavku biće reči o agensima biološke zaštite biljaka koji su još uvek u razvoju kada je u pitanju njihova komercijalna primena, a koji, prema dosadašnjim podacima o efikasnosti, imaju sjajnu perspektivu da postanu vodeći u suzbijanju prouzrokovala oboljenja kod biljaka. Ove metode biološke kontrole uključuju: upotrebu fungicida zasnovanih na RNK, stimulaciju prirodne odbrane biljaka, sve mere koje obuhvataju poboljšanje mikrobioma biljaka i zemljišta, istraživanje prirodnih konzervansa i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

fungicida. Pored toga, sve veći fokus je na razvoju fizičkih mera kao što su polimerni materijali koji mogu pasivno sprečiti održavanje inokuluma fitopatogenih mikroorganizama, njihovo prodiranje, infekciju i kolonizaciju biljke domaćina. Primena ovih novih pravaca u zaštiti bilja ne samo da može rešiti problem rezistentnosti fitopatogenih gljiva i bakterija na fungicide i baktericide i umanjiti nepovoljan ekotoksikološki uticaj na životnu sredinu, već se takođe usklađuju sa tržišnim trendovima u proizvodnji zdravstveno bezbedne hrane bez ostataka pesticida.

Biopesticidi na bazi RNK. Suočeni sa trenutnim klimatskim izazovima i drastično smanjenim hemijskim opcijama za zaštitu biljaka, eksploatacija interferencije RNK (RNAi) kao biotehnološkog alata u poljoprivredi otkrila je nova rešenja za štetočine, štetno delovanje biotičkih i abiotičkih faktora koji uzrokuju velike gubitke u poljoprivrednoj proizvodnji. Upotreba RNAi je novi alat za zaštitu biljaka u poljoprivredi koji je još uvek u razvoju od strane naučnika i industrije koji inovativnim rešenjima teže ka iskorišćavanju potencijala RNAi u obliku biokontrolnih jedinjenja za široku primenu u poljoprivrednoj proizvodnji. Ono što tek treba da se istraži u budućnosti je proširenje istraživačko-razvojnog okvira, komercijalizacija primene i uspostavljanje regulatornog okruženja oko razvoja biokontrolnih jedinjenja zasnovanih na RNK, kako u sistemima organske, tako i konvencionalne biljne proizvodnje. Za ostvarenje navedenih ciljeva smatra se da je potrebna saradnja kompanija koje proizvode pesticide, naučno istraživačkih institucija i startap kompanija koje razvijaju rešenja za praktičnu primenu ovih jedinjenja. Istovremeno sa ovim procesima će biti potrebna opšta dostupnost standardizovanih smernica za rešavanje regulatornih pitanja u vezi sa biokontrolnim jedinjenjima zasnovanim na RNK što će pomoći da se olakša ceo proces komercijalizacije. Na kraju, komunikacija radi podizanja svesti i javnog prihvatanja će biti ključna za primenu ovih jedinjenja.

Interferencija RNK (RNAi) je veoma moćna i precizna strategija koja ima za cilj povećanje efikasnosti proizvodnje i zaštite useva. RNAi koristi prirodne, sekvencno-specifične i evolutivno očuvane mehanizme u eukariotima koji regulišu ekspresiju gena na transkripcionom ili post-transkripcionom nivou, pružajući prirodni odbrambeni sistem koji cilja na nukleinske kiseline štetnih organizama (Taning et al., 2020). Dešifrovanje RNAi mehanizama omogućilo je naučnicima da specifično utišaju ciljane gene post-transkripcijom. Ovi ciljni geni mogu uključivati endogene biljne gene, gene biljnih patogena (gljiva, bakterija i virusa) ili gene drugih štetnih agensa u poljoprivrednoj proizvodnji (insekata, grinja, nematoda i korova).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

U istraživanjima za ovu svrhu ispituju se različite vrste RNAi trigeri, kao što su RNK sa strukturom ukosnice (hairpin-structured) (hpRNK), veštačke mikroRNK (amiRNK) i dvostruke RNK (dsRNK). Post-transkripcioni RNAi mehanizmi koriste sekvencno-zavisni način delovanja na nivou informacione RNK (mRNK) kako bi sprečili prevođenje ciljane mRNK u proteine putem degradacije mRNK ili inhibicije translacije mRNK, što dovodi do utišavanja gena kod ciljanog organizma i do ispoljavanja željenog efekta (Fire et al., 1998). Ovaj sekvencno-zavisni način delovanja čini RNAi jedinstveno selektivnim i efikasnim u poređenju sa konvencionalnim pesticidima i drugim hemikalijama u poljoprivredi. Upravo je opisan način delovanja najveća prednost primene RNAi pesticida jer oni mogu biti dizajnirani da selektivno ciljaju ekspresiju specifičnih gena ili grupa sličnih genskih sekvenci u ciljanoj vrsti, dok je moguće da efekat na neciljane organizme u potpunosti izostane.

U kontekstu primene koncepta RNAi u zaštiti biljaka u praksi, moguća je primena *in planta* gde se putem genetske modifikacije (GM) useva indukuje utišavanje gena domaćina (Host-Induced Gene Silencing - HIGS). Ovo se postiže putem ugrađivanja gradivnih elemenata RNAi koji su dizajnirani protiv jedne ili više ciljnih sekvenci u genom biljke domaćina. Sve je veći broj primera primene RNAi u biljkama i za veliki broj ovakvih rešenja je urađena procena rizika i dobijeno je odobrenje regulatornih agencija u različitim zemljama. Ovi primeri obuhvataju širok spektar gajenih biljnih vrsta, od kukuruza do krompira, kao i niz osobina, uključujući otpornost na viruse, otpornost na štetočine i modifikaciju sastava biljaka radi dobijanja povoljnijih svojstava. Međutim, teškoće u izvođenju genetskih modifikacija nekih biljnih vrsta, velika ekonomska ulaganja u ovakve poduhvate, a najviše zabrinutost javnosti oko uzgoja i korišćenja GM useva, ukazali su na potrebu za razvojem pesticida na bazi RNAi koji će se primenjivati na načine kako se primenjuju konvencionalna sredstva za zaštitu bilja. Stoga su se počele razvijati RNAi strategije za primenu ovih biofungicida i biobaktericida egzogeno putem formulisanog proizvoda sa dsRNA kao aktivnom supstancom, samostalno, ili preko modifikovanog virusa (virusom indukovano utišavanje gena), modifikovanih bakterija (živih ili inaktiviranih) ili modifikovanih gljiva (Zotti et al., 2018). Folijarnim tretiranjem indukovano utišavanje gena (Spray-Induced gene silencing - SIGS) i druge egzogene primene ovih inovativnih preparata (kao što su potapanje korena biljaka ili semena, injektovanje u stablo, apsorpcija preko lisnih i cvetnih peteljki i mehanička inokulacija) kao alternative pristupu GM biljaka utišavaju ciljane gene u ciljanom organizmu bez uvođenja naslednih promena u genom, te stoga ne potpadaju pod ograničenja trenutno definisana

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

regulativom EU o genetski modificiranim organizmima (GMO). Ovo, naravno, isključuje scenario gde je konačni proizvod na bazi dsRNA sadrži aktivnu supstancu koja je genetski modificirana, npr. mikroorganizam koji je genetski modificiran da proizvodi specifične dsRNA (Taning et al., 2020). Nekoliko studija je pokazalo da dsRNA primenjena egzogeno na biljnim tkivima može indukovati RNAi-posredovano utišavanje ciljanih gena štetočina ili patogena. Primeri uključuju indukciju otpornosti biljaka na fitopatogene gljive i viruse, kao i štetne insekte nakon spoljne primene bakterijski proizvedenih ili *in vitro* sintetisanih RNAi trigeri (dugih dsRNA i hpRNA ili malih interferentnih RNK-siRNA) dizajniranih da selektivno ciljaju esencijalne gene štetočina i patogena (Koch et al., 2016). Neke studije (Dubrovina and Keselev, 2019) su takođe pokazale da topikalno primenjene dsRNA mogu delovati na tretirano područje biljke, ali i na distalni netretirani deo putem sistemske translokacije dsRNA kroz vaskularni sistem biljke, nakon primene putem mehaničkog oštećenja. Ovi rezultati ukazuju na mogućnost aktivnog unosa egzogeno primenjenih dsRNA u biljne ćelije i njihove obrade u siRNA, što bi trebalo produžiti vreme kontrole/preventive protiv nekih biljnih bolesti. Međutim, specifične karakteristike ciljanih organizama (tj. RNAi mehanizmi, strukturne karakteristike i mehanizmi interakcije domaćin-patogen) mogu uticati na efikasnost takvih RNAi strategija.

Takođe je dokazano da je jedan od nedostataka ove metode suzbijanja patogena u biljnoj proizvodnji do kojeg povremeno dolazi, odsustvo amplifikacije sekundarnih siRNA ili nedostatak unosa dsRNA od strane ciljanih patogena (Song et al., 2018). Pored toga, metoda koja je odabrana za egzogenu aplikaciju dsRNA molekula (npr. mehanička inokulacija ili folijarna primena) predstavlja još jednu ključnu tačku koja utiče na efikasnost RNAi strategija, i treba je birati na osnovu tipa biljke i vrste ciljanih štetnih organizama (Dalakouras et al., 2018).

Efikasne metode aplikacije opisane su u publikacijama o suzbijanju štetnih agensa putem spoljne primene čistih dsRNA ili dsRNA vezanih za liposome, veštačke ekstracelularne vezikule (EV) ili u kompleksu sa nanočesticama ili nosačima proteina. Nanonosači se sve više koriste kao efikasni translacioni alati za postizanje komercijalne održivosti RNA pesticida koji se primenjuju sa ciljem biološke zaštite biljaka od patogena (Kunte et al, 2019). Tako se kombinacija RNAi tehnologije i nanotehnologije percipira kao revolucionarna promena u industriji zaštite useva. Jedan od uspešnih primera je kreiranje nosača u vidu dvoslojnih hidroksidnih nanočestica gline (BioClay) koje se koriste za aplikaciju dsRNA. Pogodni nosači aktivne RNAi komponente imaju velik uticaj na sam preparat, odnosno mogu poboljšati njegovu stabilnost i činiti ga dugovečnijim. Istraživanja koja su sprovedena na ovu temu ukazuju na

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

značaj nanočestica u formulisanju RNAi preparata, njegovoj efikasnosti i napretku ka prevođenju iz laboratorije na teren. Parametri kao što su kompaktnost, fleksibilnost, veličina, oblik i lokacija siRNA na nanostrukтури moraju se uzeti u obzir tokom formulacije ovih biopesticida kako bi se osiguralo pravilno uključivanje nanostrukture u biljne ćelije radi odgovarajuće efikasnosti utišavanja gena. Iako su biofungicidi i biobaktericidi zasnovani na RNK još uvek u fazi istraživanja i razvoja, očekuje se da će se svrstati u neku od sledećih kategorija: agensi za direktnu kontrolu oboljenja, inhibitori ekspresije gena, ometači razvoja patogena i pojačivači rasta biljaka. Pored toga, očekuje se da će se ovi biopreparati primenjivati u usevima na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru i to primenom iste mehanizacije koja se koristi za aplikaciju sintetičkih fungicida i baktericida (EPA, 2013).

U kontekstu biološke kontrole, RNAi strategije obično uključuju dizajniranje malih delova dvostruke RNK (dsRNK) ili malih interferirajućih RNK (siRNK) koje odgovaraju genetskoj sekvenci ciljnog gena u štetočini ili patogenu. Kada se uvedu u organizam, ovi RNK fragmenti pokreću RNAi put, što dovodi do degradacije odgovarajuće mRNK. Ovo, zauzvrat, utišava ciljni gen, ometa esencijalne biološke procese i na kraju uzrokuje smrtnost ili smanjenu vitalnost štetočine ili patogena. Biokontrola zasnovana na RNAi nudi nekoliko prednosti, uključujući visoku specifičnost zbog sekvencnog podudaranja, smanjen rizik od neželjenih efekata u poređenju sa hemijskim pesticidima širokog spektra i potencijal za prevazilaženje problema rezistentnosti sa kojim se susreću mnogi hemijski pesticidi. Međutim, primena RNAi tehnologije mora biti pažljivo razmatrana u odnosu na potencijalne ekološke uticaje, razvoj rezistenosti i neželjene efekte na neciljane vrste. Tehnologija se istražuje kao način za kontrolu različitih štetnih agensa u poljoprivredi, kao što su insekti, nematode i biljni patogeni. RNAi tehnologija obećava kao alat za dopunu ili zamenu tradicionalnih hemijskih pesticida u programima integralne zaštite bilja (Shaffer, 2020; Székács et al., 2021).

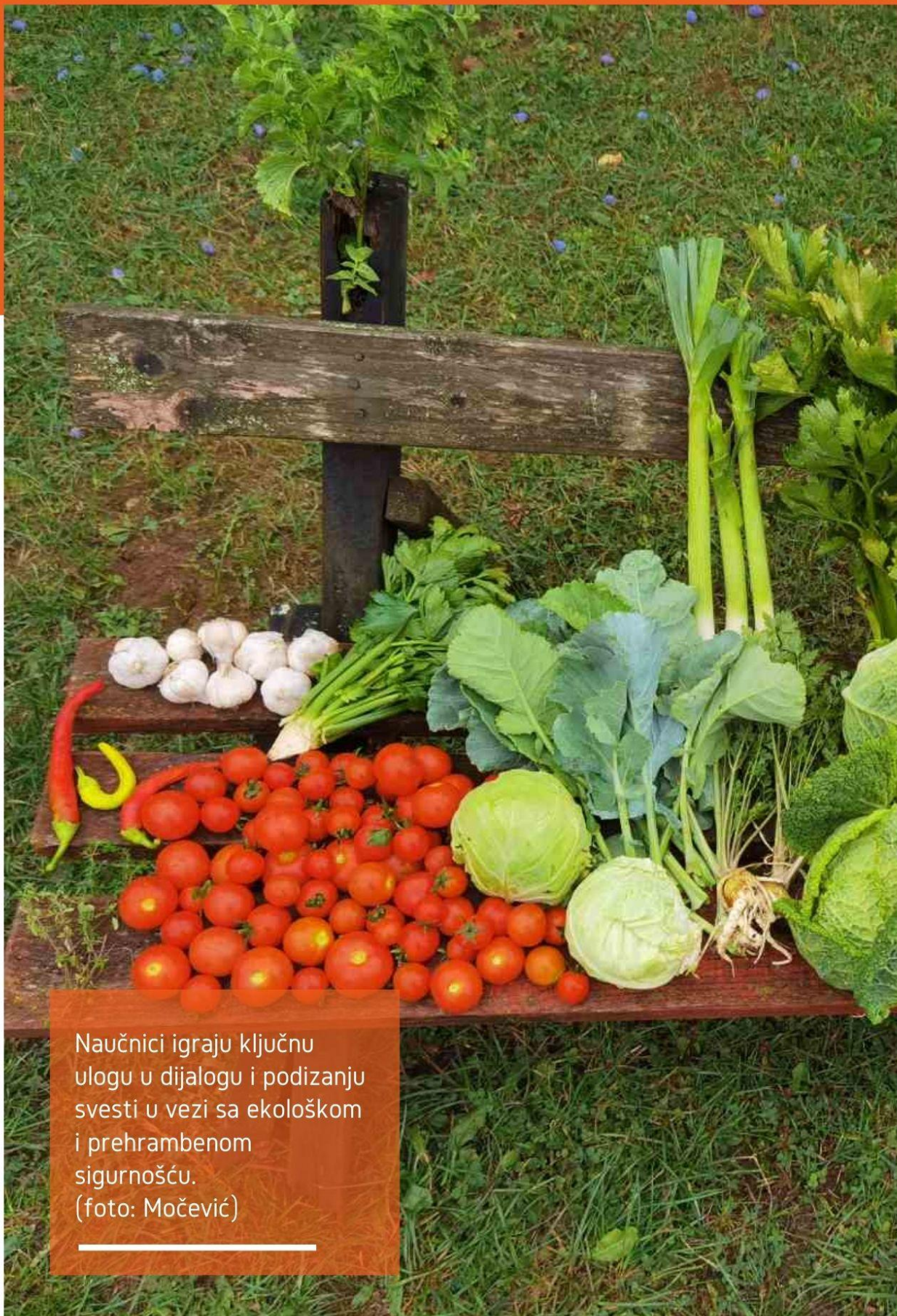
Primena svake nove tehnologije, kao što je primena biopesticida na bazi RNK, potrebno je da bude definisana regulativom koju definiše svaka zemlja. Provera biološke sigurnosti, koja se obavlja pre konačnog odobrenja primene ovih preparata je posebno kreirana da potvrdi selektivnost aktivne komponente (dsRNA) i uzima u obzir novi mehanizam delovanja koji poseduju ovi biopesticidi (Arapaia et al., 2017). Za jedinjenja zasnovana na RNK, potrebna su iscrpna istraživanja za procenu rizika, posebno kada je u pitanju negativan uticaj i potencijalne štete, prvenstveno u odnosu na neciljane organizme, jer štetan uticaj na njih dovodi do negativnog efekta na životnu sredinu. U kontekstu zaštite useva, neciljani organizam prvo mora biti izložen aktivnom molekulu

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

dsRNK i to putem direktne ekspozicije ili stupanjem u kontakt kroz lanac ishrane. Ovo će zavisiti od postojanosti dsRNK u životnoj sredini (sposobnost da odoli degradaciji) i od sposobnosti da je neciljani organizam apsorbuje u dovoljnoj količini da aktivira njegov endogeni RNAi mehanizam. Ukoliko se pokaže da RNAi ima kapacitet da na bilo koji način utiče na proteine ili mRNK kod neciljanog organizma, aktivna supstanca se smatra nebezbednom za neciljane organizme. Ako se eksperimentalno dokaže da je verovatnoća bilo kog od koraka u putu do štete nemoguća ili mala, tada se rizik od biokontrolnog jedinjenja zasnovanog na RNK za neciljani organizam može smatrati zanemarljivim. Smatra se da postoji mala verovatnoća da aktivne supstance na bazi RNK imaju negativan efekat na neciljane organizme iz razloga postojanja barijera u neciljanim organizmima. Ipak, ovo se ozbiljno uzima u obzir kada se procenjuje efekat smrtonosnih i subletalnih doza ovih biopesticida na neciljane organizme (Taning et al., 2020).

Posebnu pažnju kod procene rizika treba pridati tipu formulacije pesticida zasnovanih na RNK; kao i drugim molekulima koji su deo formulacije. Zaštita aktivne supstance dsRNK od degradacije u životnoj sredini i pomoć apsorpciji u ćelije ciljanog organizma, povećava rizik za neciljane organizme jer prevazilazi prirodne barijere koje bi ga inače mogle zaštititi. Pored toga, doza dsRNK apsorbivana od strane neciljanog organizma se očekuje da bude viša kada je izložena formulisanom dsRNK, s obzirom na dužu postojanost zaštićenih dsRNK molekula u životnoj sredini. Dakle, nivo izloženosti neciljanih organizama biće pod uticajem postojanosti dsRNK kao i mehanizmima usvajanja od strane ovih organizama, a sve procedure u vezi s ovim procenama biće regulisane zakonom zemlje u kojoj se registruju i primenjuju ovakvi biopreparati. Promocija, registracija i primena biopesticida na bazi RNK, značajno će uštedeti vreme i novac u registraciji ovih novih sredstava za zaštitu bilja koji u svojoj osnovi imaju biomolekule. Još jedna pogodnost je i relativno niska cena za razvoj ovih preparata (3–7 miliona američkih dolara za približno 4 godine) u poređenju sa ulaganjima koja su potrebna za razvoj sintetičkog pesticida (280 miliona američkih dolara i skoro 12 godina) (Taning et al., 2020).

Taning i sar. (2020) ističu i značaj dobre i jasne komunikacije unutar javnosti, kao i između svih aktera uključenih u proces proizvodnje ovih preparata, zatim poljoprivrednih proizvođača i krajnjih konzumenata. Ovo je neophodno ne samo radi prihvatanja ove nove metode u zaštiti bilja, već i da bi se pomoglo kreiranju zakonske regulative vezane za njihovu primenu. Dakle, i potrošače i poljoprivrednike treba uključiti, kako od strane industrije, tako i od strane istraživača.



Naučnici igraju ključnu ulogu u dijalogu i podizanju svesti u vezi sa ekološkom i prehrambenom sigurnošću.
(foto: Močević)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Naučnici treba da igraju ključnu ulogu u procesima dijaloga i stvaranju svesti među zainteresovanim stranama, naročito u razjašnjavanju pitanja u vezi sa ekološkom i prehrambenom sigurnošću. Uključivanje različitih zainteresovanih strana da bi se pronašao konsenzus koji je realan, praktičan i može zadovoljiti visoke naučne standarde je od suštinskog značaja u fazi pre uspostavljanja zakonske regulative za njihovu primenu. Osnovni cilj je uspostaviti zakonodavstvo zasnovano na naučnim dokazima koje omogućava uvođenje ovih novih alata za biološku zaštitu useva u sistemu integralne i organske biljne proizvodnje. Suština se nalazi u činjenici da je ovaj novi i atraktivan način kontrole ne samo prouzrokovana oboljenja, već i rešavanja problema štetočina i korova u poljoprivredi, veoma perspektivan u uslovima klimatskih promena, rastuće populacije, zakonodavstva i zabrana u vezi sa gajenjem GM biljaka, a s druge strane strogih uslova primene pesticida, ukidanja velikog broja aktivnih supstanci, pojave rezistentnosti štetnih organizama i rizika od pojave rezidua konvencionalnih pesticida u sirovinama i hrani. Stoga su neophodna značajna ulaganja biznis sektora u poljoprivredi u istraživanja ovih komponenti i uspešnog razvoja produkta do praktične aplikacije, ali i komunikacija u cilju kreiranja svesti stanovništva o značaju primene ovih mera.

Prajming semena (*seed priming*). Prajming semena je tehnika opisana još davne 1973. godine od strane Heydecker i saradnika koji su proučavali proces laganog usvajanja vode od strane semena, nakon čega sledi proces sušenja nabubrelog semena i njegovo vraćanje u prvobitno stanje. Tokom prajminga dolazi do niza fizioloških procesa i biohemijskih reakcija unutar semena. Ovom tehnologijom se primenjuju fizički, hemijski, ili biološki tretmani koji imaju za cilj da poboljšaju kvalitet semena, da aktiviraju procese obnove, npr. DNK molekula, unutar semena, kao i da omoguće bolje klijanje semena i nicanje biljaka, naročito u uslovima biotičkog i abiotičkog stresa (Fu et al., 2024). Prajming semena je veštački tretman semena prirodnim ili sintetičkim supstancama koji uvode seme u specifično fiziološko stanje pre klijanja (Jisha et al., 2013). Seme koje je prošlo kroz ovaj proces ima poboljšano i ujednačeno klijanje, biljke koje se razvijaju iz takvog semena ostvaruju bolje prinose, a u skorije vreme je sve više istraživanja na temu prajminga semena u cilju sticanja otpornosti na fitopatogene prouzrokovane oboljenja, naročito one koji se prenose semenom. S obzirom da se za ove procese veoma često koriste mikroorganizmi ili druge supstance biološkog porekla, bioprajming semena dobija status značajne biološke mere borbe protiv prouzrokovanih oboljenja. Kako supstance koje se koriste za prajming semena imaju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sposobnost da indukuju otpornost kod biljaka, ovaj ceo proces može da se posmatra kao jedan od dragocenih mehanizama biološke zaštite biljaka.

Postoje različite metode prajminga semena koje se razlikuju na osnovu vrste i porekla prajmera kojem se seme izlaže u ovom procesu. To može biti hidroprajming, prajming pomoću čvrstog matriksa, prajming putem nano-čestica, bioprajming, prajming biljnim hormonima, prajming hemijskim jedinjenjima poput hranljivih materija. Ono što je zajedničko većini metoda je da poboljšavaju klijanje semena, povećavaju vigor klijanca i pomažu biljkama da prevaziđu biotički i abiotički stres. S obzirom na sve navedeno, prajming semena biljkama povećava otpornost i vitalnost, te se može svrstati u biološke mere borbe protiv biljnih bolesti prouzrokovanih fitopatogenim mikroorganizmima, prvenstveno gljivama, ali i bakterijama i virusima.

Hidroprajming je tehnika u kojoj se seme biljaka prethodno potapa u vodu na optimalnoj temperaturi tokom određenog vremenskog perioda, nakon čega sledi prirodni proces sušenja koji vraća seme na njegovu početnu težinu. Ova metoda, karakterisana svojom jednostavnošću, ekonomičnošću i praktičnošću, predstavlja održivu tehnologiju koja poboljšava fiziološki metabolizam unutar semena, čime se poboljšava vigor semena (Zheng et al., 2016). Hidroprajming, uključuje potapanje semena u vodu ili vodeni rastvor sa odnosom težine semena i zapremine rastvora 1:5 (w/v) tokom vremena i na temperaturi koja zavisi od biljne vrste i osobina semena. Na primer, prajming semena pirinča se obično sprovodi 24 sata na 25°C u mraku. Suncokretovo seme podvrgnuto tretmanu na 25°C tokom 18 sati pokazalo je značajno bolje stope klijanja (92%), vreme klijanja, bolji vigor i više suve materije klijanaca u poređenju sa netretiranom kontrolom (Fu et al., 2024). Istraživanja su takođe pokazala da seme koje je prošlo proces hidroprajminga ima veću stopu usvajanja (imbibicije) vode, poboljšan procenat klijavosti i povećanu energiju klijanja. S druge strane, iako hidroprajming može da podstakne klijanje semena i rast ponika, važno je napomenuti da ova metoda može stvoriti povoljne uslove za kontaminaciju patogenim i saprofitnim gljivama.

Prajming pomoću čvrstog matriksa omogućava da se precizno kontroliše brzina apsorpcije vode koja ide kroz čvrst matriks i olakšava prajmiranje semena. Seme, čvrsti supstrat i voda su tri ključne komponente (Fu et al., 2024). Ključnu ulogu u ovom procesu igraju fizičko-hemijske osobine čvrstog matriksa: visoka sposobnost zadržavanja vode, netoksičan efekat, visoka propustljivost, niska rastvorljivost u vodi, hemijska stabilnost, mala težina i lako odvajanje od semena nakon procesa prajminga. Trenutno se uobičajeno koriste čvrste matrice kao što su vermikulit, škriljac, dijatomejska zemlja, porozna sirova glina, natrijum poliakrilatna

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

guma, pesak, meki bitumenski ugalj, krečnjačka glina, škriljac i sintetički kalcijum silikat. Različiti SMP-ovi su najbolje tretirani vermikulitom sa 80% sadržajem vode na 25°C tokom 4 dana, što je značajno poboljšalo klijanje semena i pokazalo najbolji efekat prajmiranja (Ermis et al., 2016). *Nanoprajming* je nova tehnologija koja koristi nanomaterijale u postupku prajminga semena (Fraceto et al., 2016). Nanomaterijali, zbog svojih jedinstvenih fizičko-hemijskih osobina, mogu promeniti raspored i energetske stanje molekula vode, čime se povećava propustljivost ćelijske membrane i olakšava apsorpcija vode. Brojna istraživanja pokazuju da nanoprajming može poboljšati klijavost useva i podsticati akumulaciju suve materije u biljkama. Pored toga, upotreba nanomaterijala sa sposobnošću uklanjanja reaktivnih kiseoničkih vrsta značajno redukuje oksidativni stres i poboljšava performanse biljaka pod različitim abiotičkim stresovima (Fu et al., 2024). Funkciju nano čestica u ovom procesu imaju mineralni elementi, kao što su kobalt (Co), cink (Zn) i gvožđe (Fe). Pokazano je da metalni nanomaterijali (Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Mo i Se) mogu značajno poboljšati performanse klijanja semena graška i, samim tim, performanse na polju (Tamindžić et al., 2023; Tamindžić et al., 2024; Miljaković et al., 2024). Kod ove vrste prajminga posebnu pažnju treba obratiti na fitotoksične efekte koje joni metala mogu naneti semenu.

Bioprajming je tehnika tretmana semena koja uključuje potapanje semena u suspenziju koja sadrži ćelije ili spore korisnih mikroorganizama, drugim rečima to je hidroprajming uz istovremenu inkulaciju korisnim mikroorganizmima. Brojni su primeri u literaturi koji opisuju povoljne efekte koje bioprajming semena ima na biljke putem brojnih mehanizama uključenih u proces bioprajminga: uticaj na rastvorljivost ili mobilizaciju makro i mikroelemenata u zemljištu, produkciju siderofora, indukciju promotora rasta biljaka, indukciju korisnih biohemikalija, produkciju fitoaleksina i drugih enzima vezanih za odbranu biljaka od napada patogena i slično. Korisne bakterije i gljive iz rodova *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Streptomyces*, *Bacillus*, kao i vrste *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma harzianum* i mnoge druge vrste, bilo da su opisane kao aktivne supstance mikrobioloških đubriva, biofungicida ili biobaktericida mogu da se koriste kao agensi za bioprajming. Bioprajming semena može da se koristi kao odlična alternativa fungicidima koji se koriste za tretiranje semena.

Fitohormonski prajming semena uključuje potapanje semena u specifičnu koncentraciju vodenog rastvora hormona. Fitohormoni, organske supstance koje prirodno proizvode biljke, igraju ključnu ulogu u regulisanju rasta i razvoja biljaka, čak i u mikro dozama. Najznačajniji rezultati fitohormonskog prajminga semena ogledaju se u podizanju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

otpornosti biljaka prema stresu. Na primer, seme kukuruza tretirano giberelinskom kiselinom je pokazalo značajno viši intenzitet fotosinteze u biljkama i poboljšana kvaliteta zrna, ali je i povećao aktivnost antioksidativnih enzima i ublažio oksidativni stres kod kukuruza izloženog stresu od niskih temperatura i nepovoljnog dejstva soli u zemljištu. Pšenično seme koje je prošlo prajming salicilnom kiselinom je posledično imalo veću klijavost i energiju klijanja u uslovima zaslanjenog zemljišta (Fu et al., 2024).

Najveći broj podataka u vezi prajminga semena se fokusira na sticanje otpornosti biljaka na abiotički stres. Prajming semena prekida dormantnost i poboljšava klijavost semena, obezbeđuje uniformnost ponika, poboljšava iskorišćenje genetskog potencijala biljaka i njihovu otpornost na stres. Međutim, ovaj postupak ima i određenih nedostataka, od kojih je najznačajniji da se dugovečnost ovako tretiranog semena smanjuje tokom skladištenja. Efekti prajminga semena se značajno redukuju na sobnoj temperaturi, pri čemu je povišena relativna vlažnost vazduha ključni faktor koji utiče na redukovanje efekata i umanjenje performansi klijanja. Jedno od mogućih objašnjenja za ovaj fenomen moglo bi biti da se aktivacija celularnih procesa u semenu tokom prajminga ne zaustavlja u potpunosti naknadnim procesom sušenja, što dovodi do neizbežnog starenja ćelija. Kao rešenje za ovaj problem definisani su inhibitori ćelijskih procesa za koje je dokazano da sprečavaju propadanje i starenje semena, što rezultira poboljšanjem mogućnosti skladištenja semena nakon prajminga (Sano and Seo, 2019).

Brojni su primeri u literaturi gde je opisan značaj bioprajminga semena u suzbijanju biljnih bolesti, pogotovo patogena koji se prenose putem zemljišta. Biljke graška nakon bioprajminga sa *Trichoderma asperellum* u trajanju od 24 sata pokazale su značajno povećanje dužine nadzemnog dela biljke, dužine korena, broja listova, mase svežih biljnih delova (nadzemnih i podzemnih) u proseku za 30-90%. Seme kukuruza nakon bioprajminga sa bakterijom iz roda *Azospirillum* koja je azotofiksator, manifestovalo je značajno višu klijavost u polju (preko 90%), porast useva i prinos u poređenju sa netretiranom kontrolom (Fu et al., 2024).

Crna trulež stabljike koju prouzrokuje *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (sin. *Didymella bryoniae*) je veoma destruktivno oboljenje koje napada krastavac, tikvicu, dinju i lubenicu u našim agroekološkim uslovima. U istraživanju Nga i sar. (2024), ispitivani su efekti prajminga semena lubenice natrijum tetraborate dekahidratom ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) – boraksom u zaštiti od ovog oboljenja. Autori su utvrdili da prajming semena lubenice boraksom može da pruži adekvatnu zaštitu protiv *S. cucurbitacearum*. Ranija istraživanja su pokazala da bor u

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

različitim hemijskim formulacijama, uključujući ispitivani boraks, štiti biljke od različitih bolesti, a zabeležen je i njegov insekticidni efekat. U pomenutom ispitivanju je boraks primenjen na seme lubenice, efikasno zaštitio biljke lubenice, ali niže koncentracije boraksa nisu imale direktan inhibitorni efekat na patogena. Ovo ukazuje na to da je verovatno u biljkama aktivirana indukovana sistemska otpornost protiv folijarne infekcije od strane *S. cucurbitacearum*. Slično ovim rezultatima, Du i sar. (2001) su utvrdili da boraks sistemski štiti pirinač od fitopatogene gljive *Pyricularia grisea* upravo putem indukovane otpornosti jer u primenjenoj koncentraciji od 1 mM boraks nije inhibirao rast i razvoj patogena *in vitro*. Interesantno je da su boraks i druga jedinjenja bora dokazani inhibitori porasta *Monilinia laxa* u *in vitro* uslovima (Uysal, 2024). Koncentracija jedinjenja koja se primenjuje je odlučujuća, ali se u obzir moraju uzeti i razlike u osetljivosti ispitivanih patogena.

Prema istraživanjima autora Akram i sar. (2024), jedan od glavnih problema u poljoprivrednoj proizvodnji širom sveta su bolesti koje se prenose putem zemljišta, a koje izazivaju značajnu ekonomsku štetu i negativno utiču na prinos i kvalitet dobijene sirovine, veoma značajnih gajenih biljnih vrsta. Brojne fitopatogene gljive prouzrokuju oboljenja u usevima paradajza tokom vegetacije. Prema procenama, 40% ukupnih troškova proizvodnje odnosi se na kontrolu štetnih agensa u proizvodnji paradajza. Različiti patogeni mogu oštetiti plod, stablo i korenov sistem paradajza, a među njima veoma značajno mesto zauzima fuzariozno uvenuće koje prouzrokuje fitopatogena gljiva *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Smatra se da ovaj patogen može biti odgovoran za oko 70% smanjenja prinosa. Vrste *F. oxysporum* su široko rasprostranjene širom sveta, dok u poljoprivredi prouzrokuju simptome oboljenja na biljkama koje se gaje i na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru. Sposobnost patogena da preživi bez domaćina i njegovo održavanje u zemljištu tokom niza godina otežavaju kontrolu oboljenja tradicionalnim pristupima kao što su plodored ili hemijski tretmani. Ova studija je sprovedena kako bi se istražili višestruki potencijali sojeva bakterija iz roda *Bacillus* u odnosu na biljke paradajza i to u kontroli prouzrokovača fuzarioznog uvenuća paradajza, ali i za poboljšan rast i razvoj biljaka. Na početku istraživanja je dokazan antagonistički efekat ispitivanih sojeva *Bacillus* sp. u odnosu na *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* *in vitro*, zatim je testiran efekat bakterijskih sojeva antagonista na rast mladih biljaka-rasada paradajza, a potom je odabran najaktivniji i najefikasniji soj *Bacillus* sp. za biopraiming semena u cilju rešavanja problema fuzarioznog uvenuća paradajza. Rezultati su pokazali da soj *B. aryabhatai* Z-48 ima velik potencijal da u komercijalnoj proizvodnji paradajza poveća produktivnost

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

useva uz istovremenu zaštitu od prouzrokovaca fuzarioznog uvenuća, koji se prenosi putem zemljišta.

Istraživanje koje su sproveli Shams i sar. (2023) imalo je za cilj da proceni antifungalnu aktivnost ZnO-nanopartikula protiv *Fusarium solani* *in vitro*, kao i sposobnost dva izolata, poznatih antagonista biljnim patogenima, gljiva iz roda *Trichoderma*: *Trichoderma viride* i *Trichoderma harzianum*, da proizvode antifungalne sekundarne metabolite, koji su identifikovani putem gasne hromatografije sa masenom spektrofotometrijom. Nakon toga su u ogledima u uslovima staklenika posmatrani efekti kombinovane primene folijarnog tretiranja ZnO-nanopartikulama i bioprajminga semena čeri paradajza (*Solanum lycopersicum* L.) sa dva antagonistička izolata iz roda *Trichoderma* u suzbijanju prouzrokovaca uvenuća koje prouzrokuje *Fusarium solani*. Prema podacima istraživača iz Egipta, *F. solani* je dominantni prouzrokovac uvenuća biljaka paradajza. Rezultati su pokazali da je, *in vitro*, najveća koncentracija ZnO nanočestica (3000 ppm) rezultirala najvećim smanjenjem rasta micelija *Fusarium solani* (inhibicija od 90,91%). Elektronska mikroskopija sa skeniranjem pokazala je deformacije i morfološke aberacije na miceliji ispitivanog *Fusarium solani* izolata tretiranog ZnO-nanočesticama, što može biti razlog za inhibiciju porasta micelije patogena. Iz ekstrakta kulture *Trichoderma* spp. izolovano je i identifikovano 28 bioaktivnih jedinjenja za koje je poznato da poseduju antimikrobna svojstva protiv zemljišnih parazita, kao i sposobnost da stimulišu rast biljaka. U eksperimentu u stakleniku, najefikasnija se pokazala kombinacija tretmana bioprajminga semena čeri paradajza sa *Trichoderma harzianum* i folijarnim tretiranjem ZnO-nanopartikula u koncentraciji od 3000 ppm. Ovaj tretman je smanjio intenzitet oboljenja za preko 20% i doprineo poboljšanju parametara vegetativnog porasta biljaka u ogledu, sadržaja mikronutrijenata (Mn, Zn i Fe u listovima) i sadržaja hlorofila, kao i stimulaciju aktivnosti fenilalanin amonijak lijaze, enzima koji ima važnu ulogu u odbrambenom odgovoru biljke, u listovima čeri paradajza 75 dana nakon setve. Zaključak je da antifungalni potencijal bioprajminga semena sa antagonističkim izolatima iz roda *Trichoderma* i folijarnim tretmanom ZnO-nanopartikula može poboljšati rast i razvoj čeri paradajza i pružiti otpornost na uvenuće izazvano *Fusarium solani*.

U istraživanju Tsalgatiđou i sar. (2023) su zaključili da sojevi *Bacillus halotolerans* Cal.l.30 i Cal.f.4 imaju izraženu sposobnost da promovišu rast biljaka i ispolje visoku antimikrobnu aktivnost protiv gljivičnih patogena putem proizvodnje višestrukih antimikrobnih metabolita. Ovo istraživanje pruža dokaze da Cal.l.30 i Cal.f.4 mogu formirati kompatibilnu zajednicu u *in vitro*, *ex vivo* uslovima, kao i gajenjem

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

biljaka u zaštićenom prostoru (stakleniku). Efikasna koegzistencija Cal.l.30 i Cal.f.4 primećena je kada su oba soja uspešno kolonizovala koren *Arabidopsis thaliana* u *in vitro* primeni, s tim da je prijanjanje ćelija bakterija na koren bilo intenzivnije kada su primenjeni kao mešavina nego kao pojedinačni sojevi. Mešavina Cal.l.30 + Cal.f.4 sinergistički je značajno povećala pokazatelje rasta biljaka *A. thaliana* u *in vitro* uslovima nego što je to zapaženo u tretmanima sa pojedinačnom primenom ispitivanih sojeva. Ovi nalazi su u skladu sa prethodnim studijama gdje je konstatovano da tretman semena, praćen tretmanom zemljišta sa određenim korisnim mikroorganizmima koji indukuju sistemsku otpornost kod biljaka (Induced systemic resistance - ICR), uključujući *Bacillus* sp. i *Trichoderma* spp., utiče na ekspresiju odbrambenih gena koji kodiraju aktivnost antioksidativnih enzima, kao i enzima uključenih u nakupljanje kalcijuma i proces lignifikacije. U ovom istraživanju je efekat ispitivanih metoda testiran i na biljkama paradajza i autori smatraju da dužina trajanja poželjnih efekata bioprajanjanja semena na biljke nije poznat, ali prema dosadašnjim saznanjima može trajati tokom celog životnog ciklusa, čak se i prenositi na sledeću generaciju, ali da je od odlučujućeg značaja za trajanje i efikasnost prajminga semena upravo način primene inokuluma, kao i broj primena. To je u ovom istraživanju potvrđeno kombinovanom primenom bioprajanjanja i primene biokontrolnih agensa putem zalivanja zemljišta koja je dala najbolje rezultate. Slično tome, kontrola *Rhizoctonia solani* u zemljištu se pokazala efikasnijom nakon dva tretmana zemljišta sa *B. amyloliquifaciens* FZB42 u kratkim vremenskim intervalima, u poređenju sa pojedinačnim tretmanom biljaka paradajza. Takođe, kontrola Y virusa krompira bila je najefikasnija nakon trostrukog tretmana zemljišta sa *B. amyloliquifaciens* MBI600 u poređenju sa jednim tretmanom zemljišta pre klijanja. Za kontrolu *Fusarium* spp. primenom istog agensa, na biljkama paradajza najefikasniji je bio tretman zemljišta u dva navrata (tretman zemljišta pre klijanja praćen dodatnim tretmanom zemljišta). Ovi podaci ukazuju na to da uzastopne i višestruke primene bakterija koje promovišu rast biljaka (PGPB) imaju značajno bolji efekat u suzbijanju ciljanih patogena, bilo da su oni fitopatogene bakterije, virusi ili gljive.

Danas se bioprajanjanje posmatra kao novi metod za tretiranje semena biljaka koje se gaje na zemljištima na kojima je registrovan visok sadržaj inokuluma zemljišnih patogena za koji postoji veoma mali i ograničen broj efikasnih i ekološki prihvatljivih mera borbe. Tretman semena biološkim agensom, bilo gljivičnim ili bakterijskim, integriše biološke (tretman semena korisnim organizmom) i fiziološke aspekte (hidratacija semena) i pruža nemerljivo pogodnije mogućnosti za kontrolu zemljišnih

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

patogena. Stoga, biopraiming semena sam, ili u kombinaciji sa kompatibilnim fungicidima dozvoljenim za primenu u organskoj poljoprivredi uz uključivanje dodatnih preventivnih mera borbe i sprovođenje dodatnih načina aplikacije bioagensa može uspešno rešiti problem ne samo oboljenja koja su prouzrokovana zemljišnim, već i drugim patogenima, dok ujedno pomaže maksimalno ispoljavanje genetskog potencijala biljke.

Isparljive materije mikroorganizama. Proizvodnja isparljivih organskih materija (VOC - volatile organic components) predstavlja jedan od načina delovanja korisnih mikroorganizama na biljne patogene, posebno kada ne dolazi do njihove neposredne interakcije i kompeticija nije izvodljiva. Isparljiva organska jedinjenja predstavljaju dobru alternativu sintetičkim fungicidima imajući u vidu jednostavnost njihove primene, redukovane probleme sa ostacima ovih materija u životnoj sredini i na biljkama, kao i njihovu efikasnost u biološkoj kontroli (Tilocca et al., 2020). Ove materije mogu delovati na inhibiciju rasta i vitalnost patogena, njihovu pokretljivost, kao i ekspresiju gena koji regulišu patogenost. Sa druge strane, zabeležen je i uticaj na povećanje transkripcije značajnih gena povezanih sa mehanizmima otpornosti. Moguće je da ove materije deluju direktno i indirektno i da funkcionišu putem višefaktorijalnih, sekvencionih ili simultanih signala koje šalju patogenim i domaćinima (Pandit et al., 2022).

Mikrobiomski pristup zaštiti biljaka. Savremena istraživanja ukazuju na značajan mikrobni diverzitet svih biljaka. Mahovine, koje su najstarije kopnene biljke, imaju jedinstvenu mikrobiološku raznovrsnost. Pored mahovina, lekovite i endemske biljke su takođe izvori retkog biodiverziteta. Predviđa se da će endofiti, posebno endofiti semena, predstavljati značajan izvor novih biokontrolnih agensa. Do sada, kao agensi biološke kontrole prevashodno su korišćene bakterije i gljive. Arheje (Archaea) su tek odnedavno utvđene kao značajan deo biljnog mikrobioma (Muller and Landa, 2015). Njihov potencijal kao bioloških agensa je još nepoznat. Mikrobiološka invazija može uticati na mrežu mikroorganizama koji su povezani sa biljkama. Ovi umreženi modeli mikrobioma zemljišta i biljke mogu se upotrebiti za biološku kontrolu i predstavljati nove mogućnosti u kontroli biljnih bolesti. Do sada se uglavnom primenjivao jedan organizam, i postizani efekti su bili neujednačeni. Međutim, danas je moguć mikrobiomski pristup biokontroli (Berg et al., 2017). U budućnosti se mogu koristiti udruženi mikroorganizmi i bioagensi kako bi se poboljšao biodiverzitet useva preko mikrobiomskog inženjeringa i kako bi se oblikovao željeni mikrobiom

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

(Erlacher et al., 2014). Na taj način bi se mogli sklapati biološki “konzorcijumi” specifični za određen usev ili zasad iz grupe bioagensa unapred definisanih za takav sistem. Holistički pristup i inkorporacija mikrobiomskih rešenja omogućava ciljanu i predvidivu biokontrolu. Nadalje, integralna proizvodnja i biološke mere su neophodne da se održi zdravlje i diverzitet ekosistema. Ovakve tehnike su neophodne kako bi se sprečio dalji gubitak biodiverziteta i promovisala održiva poljoprivredna proizvodnja (Pandit et al., 2022).

Kokteli faga. Kokteli faga su moguća rešenja za primenu u kontroli brojnih biljnih bolesti. Međutim, neophodna su dalja istraživanja i pronalaženje rešenja za neke tehničke poteškoće kada je njihova primena u pitanju. Temeljno poznavanje interakcije biljke, patogena i faga je neophodno imajući u vidu da je stanište svakog biljnog sistema jedinstveno i složeno. Ovo se može postići jedino intenzivnijim sprovođenjem poljskih oglada budući da testovi koji se izvode u laboratorijskim uslovima ne odražavaju realne okolnosti i uslove koji se sreću u polju. Naprednije protektivne formulacije su neophodne kako bi se osigurao opstanak mešavine bakteriofaga tokom dužeg čuvanja u ambijentalnim uslovima. Upotreba već postojećih faga iz filozofere može obezbediti bolju zaštitu od patogena u toj konkretnoj sredini. Kako bi se unapredila perzistentnost faga u filozferi, komponente koje apsorbuju svetlost ili štite od UV zračenja se dodaju preparatima na bazi faga. Sintetički kokteli faga sa utvrđenim spektrom domaćina se mogu proizvoditi primenom genetički modifikovanih faga. Dalja istraživanja su neophodna kako bi se stvorili dobro okarakterisani fagi i definisali spektri domaćina. Imajući u vidu veliki diverzitet fitopatogenih bakterija, jedan, univerzalni koktel faga ne može biti dovoljan. Dizajniranje testova koji bi istovremeno identifikovali bakterije koje su prouzrokovali bolesti i antagonističkog faga mogu značajno doprineti uspehu ovakvog vida kontrole biljnih bolesti. Do danas nije utvrđeno da je jedna ovako jednostavna tehnika bila na raspolaganju ili implementirana u biljnu proizvodnju (Pandit et al., 2022).

Genetski modifikovani agensi biološke kontrole. Kako bi se unapredila efikasnost bioagensa, mogu se primeniti tehnike genetskog inženjeringa. Postoje primeri prenosa gena koji kodira proizvodnju enzima hitinaze iz jednog bioagensa u drugi, kao i prenosa gena za glukozidazu, zatim kloniranja gena za biosintezu 2,4-diacetilfloroglucinol (2,4-DAPG) sa lokusa *phlACBDE* jednog bioagensa na *mini-Tn5* transpozon i njegovo umetanje u hromozom drugog bioagensa. Ovako proizvedeni bioagensi podležu restrikcijama kojima podležu i drugi

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

genetski modifikovani organizmi primenom rekombinantne DNK tehnologije. Biološka aktivnost agensa biološke kontrole u odnosu na prouzrokovala biljnih bolesti može se unaprediti i hemijskom mutagenozom. Postoje primeri upotrebe nitrosoguanidinske mutageneze kako bi se u pojedinim sojevima unapredila sinteza fenazina (Feklistova and Maksimova, 2008). Takođe, unapređena biokontrolna aktivnost registrovana je u slučajevima izlaganja pojedinih agensa UV zračenju i mutacija nastalih kao posledica ovog izlaganja (Marzano et al., 2013). Stečene mutacije mogu imati i sporedne, neželjene promene u ekspresiji pojedinih gena. Ova ograničenja mogu se prevazići pomoću nedavno otkrivenih tehnika editovanja genoma kao što je Crispr/Cas koja omogućava da se mutacije unesu u specifične delove genoma sa velikom preciznošću (Barrangou and van Pijkeren, 2016). Još jedna prednost je što se mutacije mogu izazvati istovremeno na više gena, što doprinosi utvrđivanju uloge različitih gena u biološkoj kontroli (O'Brien, 2017). Uređivanje genoma (eng. genome editing) bi takođe moglo unaprediti razvoj i pomoći u komercijalizaciji bioagensa kroz olakšanu regulativu za organizme koji su genetski izmenjeni na ovakav način (Pandit et al., 2022). Genetski modifikovani agensi za biološku kontrolu trenutno nisu odobreni za upotrebu u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, a njihov budući status zavisice od rezultata aktuelnih istraživanja i regulativa koje definišu kriterijume za proizvode dozvoljene za primenu u sistemu organske proizvodnje.

Mikrobiomski inženjering. Veliki broj istraživača navodi da se mikrobiom može posmatrati kao "drugi genom" organizma. Mikrobiomski inženjering potencijalno može ostvariti značajan uticaj na poljoprivrednu proizvodnju gde se očekuje formiranje izmenjenog mikrobioma sa poželjnim osobinama. Brojna savremena istraživanja otkrila su da pojedini endofitni sojevi mogu menjati strukturu i sastav biljnog tkiva (Timm et al., 2016). Veoma je malo istraživanja koja su se bavila unutrašnjim mikrobiomom biljaka nakon unosa nekog specifičnog soja ili sojeva. Takođe, malo je istraživanja sprovedeno na temu značaja manipulacije mikrobiomima iz supresivnih zemljišta za kontrolu biljnih patogena (Xue et al., 2015). Sa praktičnog aspekta, bilo bi izuzetno korisno ustanoviti mikrobiome koji su izdržljivi i tolerantni na stresne uslove. Konačno, biljni mikrobiomski bioinženjering je izuzetna mogućnost za unapređenje osobina biljaka, pristup koji će, iako je tek u povoju, dobiti izuzetnu vrednost u biljnoj proizvodnji (Pandit et al., 2022).

Mikovirusi kao agensi biološke kontrole. Mikovirusi sa potencijalom da zaražavaju fitopatogene gljive su poznati kao biološki agensi koji se mogu koristiti u zaštiti biljaka od bolesti. Ustanovljeno je da mikovirusi indukuju hipovirulentnost (smanjenu virulentnost) domaćina što je izazvalo veliko interesovanje za karakterizaciju virusa iz fitopatogenih gljiva i njihovu primenu kao bioagensa. Utvrđeno je da veliki broj virusa filamentoznih gljiva poseduje ili dvolančani RNK genom ili pozitivan jednonančani RNK genom sa dvolančanim replikativnim umecima i mogu posedovati kapsid formirajući prave virione ili biti bez kapsida (Garcia-Pedrajas et al., 2019). Za brojne fitopatogene gljive je utvrđeno da imaju mikoviruse koji umanjuju njihovu virulentnost. Usled nedostatka ekstracelularne mogućnosti prenosa, mikovirusi se uglavnom prenose putem anastomoze hifa ili preko konidija u vertikalnoj transmisiji. Efikasnost ove transmisije zavisi kako od domaćina gljive, tako i od samog virusa, ali moguće je transmisiju tj. infekciju ostvariti veštačkim putema na veliki broj gljiva i proširiti ulogu ovih virusa u zaštiti biljaka od bolesti tj. gljiva u kojima oni nisu primarno pronađeni. Međutim, ovi virusi se teško prenose među vegetativno inkompatibilnim jedinkama, zbog čega je za pojedine fitopatogene gljive teško razviti metode zaštita zasnovane na mikovirusima (Pandit et al., 2022).

Literatura

- Aiello, D., Restuccia, C., Stefani, E., Vitale, A. and Cirvilleri, G. 2019. Postharvest biocontrol ability of *Pseudomonas synxantha* against *Monilinia fructicola* and *Monilinia fructigena* on stone fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 149, pp.83-89.
- Agarwal, P., Patel, K., Das, A.K., Ghosh, A. and Agarwal, P.K. 2016. Insights into the role of seaweed *Kappaphycus alvarezii* sap towards phytohormone signalling and regulating defence responsive genes in *Lycopersicon esculentum*. *Journal of Applied Phycology*, 28, pp.2529-2537.
- Akram, W., Waqar, S., Hanif, S., Anjum, T., Aftab, Z.E.H., Li, G., Ali, B., Rizwana, H., Hassan, A., Rehman, A. and Munir, B. 2024. Comparative Effect of Seed Coating and Biopriming of *Bacillus aryabhatai* Z-48 on Seedling Growth, Growth Promotion, and Suppression of *Fusarium* Wilt Disease of Tomato Plants. *Microorganisms*, 12(4), p.792.
- Al-Sadi, A.M. 2017. Impact of plant diseases on human health. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 7(2), pp.21-22.
- Angeli, D., Puopolo, G., Maurhofer, M., Gessler, C. and Pertot, I. 2012. Is the mycoparasitic activity of *Ampelomyces quisqualis* biocontrol strains related to phylogeny and hydrolytic enzyme production?. *Biological control*, 63(3), pp.348-358.
- Arpaia, S., Birch, A.N.E., Kiss, J., van Loon, J.J., Messéan, A., Nuti, M., Perry, J.N., Sweet, J.B. and Tebbe, C.C. 2017. Assessing environmental impacts of genetically modified plants on non-target organisms: the relevance of in planta studies. *Science of the Total Environment*, 583, pp.123-132.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Arshad Javaid, A.J. 2006. Foliar application of effective microorganisms on pea as an alternative fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development*, 26, 257–262.
- Arunkumar, K., Sivakumar, S.R. and Rengasamy, R. 2010. Review on bioactive potential in seaweeds (marine macroalgae): a special emphasis on bioactivity of seaweeds against plant pathogens.
- Authority, E.F.S., Anastasiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., Cabrera, L.C., Chaideftou, E., Chiusolo, A., Crivellente, F. and De Lentdecker, C. 2021. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* strain QST 713 (formerly *Bacillus subtilis* strain QST 713). *EFSA Journal*, 19(1).
- Authority, E.F.S., Anastasiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., Cabrera, L.C., Chaideftou, E., Chiusolo, A., Crivellente, F. and De Lentdecker, C. 2020. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* strain AH2. *EFSA Journal*, 18(7).
- Authority, E.F.S., Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Bellisai, G., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Byers, H., Chiusolo, A. and Marques, D.C. 2017a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Clonostachys rosea* strain J1446 (approved in Regulation (EU) No 540/2011 as *Gliocladium catenulatum* strain J1446). *EFSA Journal*, 15(7).
- Authority, E.F.S., Anastasiadou, M., Bernasconi, G., Brancato, A., Cabrera, L.C., Ferreira, L., Greco, L., Jarrah, S., Kazocina, A., Leuschner, R. and Magrans, J.O. 2020c. Review of the existing maximum residue levels for *Streptomyces lydicus* strain WYEC 108 according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal*, 18(9).
- Ayaz, M., Li, C.H., Ali, Q., Zhao, W., Chi, Y.K., Shafiq, M., Ali, F., Yu, X.Y., Yu, Q., Zhao, J.T. and Yu, J.W. 2023. Bacterial and fungal biocontrol agents for plant disease protection: Journey from lab to field, current status, challenges, and global perspectives. *Molecules*, 28(18), p.6735. <https://doi.org/10.3390/molecules28186735>
- Aćimović M., Grahovac M, Stanković, J., Cvetković, M., Maširević S. 2016. Essential oil composition of different coriander (*Coriandrum sativum* L.) accessions and their influence on mycelial growth of *Colletotrichum* spp. *Acta. Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 15 (4): 35-44.
- Bagyaraj, D.J. 2014. Mycorrhizal fungi. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 80(2), pp.415-428.
- Barrangou, R. and van Pijkeren, J.P. 2016. Exploiting CRISPR–Cas immune systems for genome editing in bacteria. *Current opinion in biotechnology*, 37, pp.61-68.
- Barratt, B.I.P., Moran, V.C., Bigler, F. and Van Lenteren, J.C. 2018. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*, 63, pp.155-167.
- Ben Khedher, S., Boukedi, H., Laarif, A. and Tounsi, S. 2020. Biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* V26: A potential biological control approach for sustainable agriculture development. *Organic Agriculture*, 10, pp.117-124.
- Berg, G., Köberl, M., Rybakova, D., Müller, H., Grosch, R. and Smalla, K. 2017. Plant microbial diversity is suggested as the key to future biocontrol and health trends. *FEMS microbiology ecology*, 93(5), p.fix050.
- Bouizgarne, B. 2012. Bacteria for plant growth promotion and disease management. In *Bacteria in agrobiolgy: disease management* (pp. 15-47). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Cao, H., Jiao, Y., Yin, N., Li, Y., Ling, J., Mao, Z., Yang, Y. and Xie, B. 2019. Analysis of the activity and biological control efficacy of the *Bacillus subtilis* strain Bs-1 against *Meloidogyne incognita*. *Crop protection*, 122, pp.125-135.
- Carbó, A., Torres, R., Usall, J., Ballesta, J. and Teixidó, N. 2020. Biocontrol potential of *Ampelomyces quisqualis* strain CPA-9 against powdery mildew: Conidia production in liquid medium and efficacy on zucchini leaves. *Scientia Horticulturae*, 267, p.109337.
- Collinge, D.B., Jensen, D.F., Rabiey, M., Sarrocco, S., Shaw, M.W. and Shaw, R.H. 2022. Biological control of plant diseases—What has been achieved and what is the direction?. *Plant Pathology*, 71(5), pp.1024-1047. <https://doi.org/10.1111/ppa.13555>
- Conrath, U., Beckers, G.J., Langenbach, C.J. and Jaskiewicz, M.R. 2015. Priming for enhanced defense. *Annual review of phytopathology*, 53, pp.97-119.
- Dalakouras, A., Jarausch, W., Buchholz, G., Bassler, A., Braun, M., Manthey, T., Krczal, G. and Wassenegger, M. 2018. Delivery of hairpin RNAs and small RNAs into woody and herbaceous plants by trunk injection and petiole absorption. *Frontiers in Plant Science*, 9, p.1253.
- Daniel, J.F.D.S. and Rodrigues Filho, E. 2007. Peptaibols of *Trichoderma*. *Natural product reports*, 24(5), pp.1128-1141.
- Davies, C.R., Wohlgemuth, F., Young, T., Violet, J., Dickinson, M., Sanders, J.W., Vallieres, C. and Avery, S.V. 2021. Evolving challenges and strategies for fungal control in the food supply chain. *Fungal biology reviews*, 36, pp.15-26.
- De Bary, A. 1870. Eurotium, Erysiphe, Cicinnobolus, nebst Bemerkungen uber die Geschlechtsorgane der Ascomyceten. In: De Bary, A., Woronin, M., Verlag von, C., Winter, A.M. (Eds.), *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze*, pp. 1e95. Frankfurt Germany.
- Di Francesco, A., Zajc, J. and Stenberg, J.A. 2023. *Aureobasidium* spp.: Diversity, versatility, and agricultural utility. *Horticulturae*, 9(1), p.59.
- Di Canito, A., Mateo-Vargas, M.A., Mazzieri, M., Cantoral, J., Foschino, R., Cordero-Bueso, G. and Vigentini, I. 2021. The role of yeasts as biocontrol agents for pathogenic fungi on postharvest grapes: A review. *Foods*, 10(7), p.1650.
- Dimopoulou, A., Theologidis, I., Varympopi, A., Papafotis, D., Mermigka, G., Tzima, A., Panopoulos, N.J. and Skandalis, N. 2021. Shifting perspectives of translational research in bio-bactericides: Reviewing the *Bacillus amyloliquefaciens* paradigm. *Biology*, 10(11), p.1202.
- Dmitrović S, Pajčin I, Lukić N, Vlajkov V, Grahovac M, Grahovac J, Jokić A. Taguchi Grey Relational Analysis for Multi-Response Optimization of *Bacillus* Bacteria Flocculation Recovery from Fermented Broth by Chitosan to Enhance Biocontrol Efficiency. *Polymers (Basel)*, 2022, 12;14(16):3282. doi: 10.3390/polym14163282.
- Dujković, T., Pajčin, I., Vlajkov, V., Šovljanski, O., Markov, S., Loc, M., Grahovac, M. and, J. 2023. The effects of medium nutritional profile on *Bacillus* sp. Par 3 plant-growth promoting and biocontrol activity against *Botrytis cinerea*. *Pesticidi i fitomedicina*, 38(3), pp. 99-110.
- Dy, R.L., Rigano, L.A. and Fineran, P.C. 2018. Phage-based biocontrol strategies and their application in agriculture and aquaculture. *Biochemical Society Transactions*, 46(6), pp.1605-1613.
- Deng, Y., Zhai, K., Xie, Z., Yang, D., Zhu, X., Liu, J., Wang, X., Qin, P., Yang, Y., Zhang, G. and Li, Q. 2017. Epigenetic regulation of antagonistic receptors confers rice blast resistance with yield balance. *Science*, 355(6328), pp.962-965. 10.1126/science.aai8898

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Dimkić, I., Stanković, S., Nišavić, M., Petković, M., Ristivojević, P., Fira, D. and Berić, T. 2017. The profile and antimicrobial activity of *Bacillus* lipopeptide extracts of five potential biocontrol strains. *Frontiers in microbiology*, 8, p.925.
- Dimopoulou, A., Theologidis, I., Varympopi, A., Papafotis, D., Mermigka, G., Tzima, A., Panopoulos, N.J. and Skandalis, N. 2021. Shifting perspectives of translational research in bio-bactericides: Reviewing the *Bacillus amyloliquefaciens* paradigm. *Biology*, 10(11), p.1202.
- Dubrovina, A.S. and Kiselev, K.V. 2019. Exogenous RNAs for gene regulation and plant resistance. *International journal of molecular sciences*, 20(9), p.2282.
- El Hadrami, A., Adam, L.R., El Hadrami, I. and Daayf, F. 2010. Chitosan in plant protection. *Marine drugs*, 8(4), pp.968-987.
- EPA, 2013. White Paper on RNAi Technology As A Pesticide: Problem Formulation For Human Health And Ecological Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, p. 39. <https://www.thecre.com/premium/wp-content/uploads/2012/04/RNAi-White-Paper.pdf>
- Erlacher, A., Cardinale, M., Grosch, R., Grube, M. and Berg, G. 2014. The impact of the pathogen *Rhizoctonia solani* and its beneficial counterpart *Bacillus amyloliquefaciens* on the indigenous lettuce microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 5, p.74035.
- Ermış, S., Kara, F., Özden, E. and Demir, I. 2016. Solid matrix priming of cabbage seed lots: repair of ageing and increasing seed quality. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(4), pp.588-595.
- European Commission, 2006. Review report for the active substance *Bacillus subtilis* QST 713. Finalised in the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health at its meeting on 14 July 2006 in view of the inclusion of *Bacillus subtilis* in Annex I of Directive 91/414/EEC. SANCO/10184/2003 - rev.final, 14 July 2006.
- European Food Safety Authority, 2012. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Candida oleophila* strain O. *EFSA Journal*, 10(11), p.2944.
- European Food Safety Authority, 2012a. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Pseudomonas* sp. strain DSMZ 13134. *EFSA Journal*, 10(12), p.2954.
- European Food Safety Authority, 2012b. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma asperellum* strain T34. *EFSA Journal*, 10(5), p.2666.
- European Food Safety Authority, 2012c. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance [*Trichoderma atroviride* strain I-1237]. *EFSA Journal*, 10(10), p.2706.
- European Food Safety Authority, 2013. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Aureobasidium pullulans* (strains DSM 14940 and DSM 14941). *EFSA Journal*, 11(4), p.3183.
- European Food Safety Authority, 2013a. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus pumilus* QST 2808. *EFSA Journal*, 11(8), p.3346.
- European Food Safety Authority, 2013c. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Streptomyces lydicus* WYEC 108. *EFSA Journal*, 11(11), p.3425.
- European Food Safety Authority, 2013b. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma gamsii* ICCo80. *EFSA Journal*, 11(1), p.3062.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- European Food Safety Authority, 2013d. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma harzianum* Rifai strains T-22 and ITEM-908. *EFSA Journal*, 11(10), p.3055.
- European Food Safety Authority, 2013e. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma asperellum* strains ICC012, T25 and TV1. *EFSA Journal*, 11(1), p.3036.
- European Food Safety Authority, 2014. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* strain D747. *EFSA Journal*, 12(4), p.3624.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2015. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Saccharomyces cerevisiae* strain LAS02. *EFSA Journal*, 13(12), p.4322.
- European Food Safety Authority, 2015a. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma atroviride* strain SC1. *EFSA Journal*, 13(4), p.4092.
- European Food Safety Authority, 2015b. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma atroviride*, strains IMI-206040, T11. *EFSA Journal*, 13(4), p.3056.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2016. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB 24. *EFSA Journal*, 14(6), p.e04494.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2016a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus amyloliquefaciens* strain MBI 600. *EFSA Journal*, 14(1), p.4359.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2016b. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Coniothyrium minitans* Strain CON/M/91-08. *EFSA Journal*, 14(7), p.e04517.
- European Food Safety Authority (EFSA), Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Bellisai, G., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Byers, H., Chiusolo, A. and Court Marques, D., 2017. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Ampelomyces quisqualis* strain AQ 10. *EFSA Journal*, 15(12), p.e05078.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2017a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Pseudomonas chlororaphis* strain MA 342. *EFSA Journal*, 15(1), p.e04668.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2017b. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Metschnikowia fructicola* NRRL Y-27328, European food safety authority. *EFSA Journal*, 15(12), p.e05084.
- European Food Safety Authority (EFSA) Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Carrasco Cabrera, L., Chiusolo, A., Court Marques, D. and Crivellente, F., 2018. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Bacillus subtilis* strain IAB/BS 03. *EFSA Journal*, 16(6), p.e05261.
- European Food Safety Authority (EFSA), Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Brancato, A., Bura, L., Carrasco Cabrera, L., Chaideftou, E., Chiusolo, A., Court Marques, D. and Crivellente, F., 2019a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Phlebiopsis gigantea* strains VRA 1835, VRA 1984 and FOC PG 410.3. *EFSA Journal*, 17(10), p.e05820.
- European Food Safety Authority (EFSA), Abdourahime, H., Anastassiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Carrasco Cabrera, L. and Chiusolo, A., 2019a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Verticillium albo-atrum* strain WCS 850. *EFSA Journal*, 17(1), p.e05575.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- European Food Safety Authority (EFSA), Anastassiadou, M., Bernasconi, G., Brancato, A., Carrasco Cabrera, L., Greco, L., Jarrah, S., Kazocina, A., Leuschner, R., Magrans, J.O. and Miron, I., 2020a. Review of the existing maximum residue levels for *Pseudomonas* sp. strain DSMZ 13134 according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. EFSA Journal, 18(8), p.e06234.
- European Food Safety Authority (EFSA), Anastassiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., Carrasco Cabrera, L., Chaideftou, E., Chiusolo, A., Crivellente, F. and De Lentdecker, C., 2020b. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Pythium oligandrum strain M1. EFSA Journal, 18(11), p.e06296.
- European Food Safety Authority (EFSA), Anastassiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., Carrasco Cabrera, L., Chaideftou, E., Chiusolo, A., Crivellente, F. and De Lentdecker, C., 2020d. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Streptomyces strain K61. EFSA Journal, 18(7), p.e06182.
- European Food Safety Authority (EFSA), Alvarez, F., Anastassiadou, M., Arena, M., Auteri, D., Brancato, A., Bura, L., Carrasco Cabrera, L., Castoldi, A.F., Chaideftou, E. and Chiusolo, A., 2021a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Bacillus amyloliquefaciens strain IT-45. EFSA Journal, 19(5), p.e06594.
- European Food Safety Authority (EFSA), Alvarez, F., Arena, M., Auteri, D., Castoldi, A.F., Chiusolo, A., Colagiorgi, A., Colas, M., Crivellente, F., De Lentdecker, C. and Egsmose, M., 2022. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Trichoderma atroviride strain AT10. EFSA Journal, 20(4), p.e07200.
- European Food Safety Authority (EFSA), Alvarez, F., Arena, M., Auteri, D., Castoldi, A.F., Chiusolo, A., Colagiorgi, A., Colas, M., Crivellente, F., De Lentdecker, C. and Egsmose, M., 2022a. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Trichoderma atroviride strain AGR2. EFSA Journal, 20(3), p.e07199.
- European Food Safety Authority (EFSA), Alvarez, F., Arena, M., Auteri, D., Castoldi, A.F., Chiusolo, A., Colagiorgi, A., Colas, M., Crivellente, F., De Lentdecker, C. and Egsmose, M., 2022b. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Trichoderma atroviride strain AT10. EFSA Journal, 20(4), p.e07200.
- Fan, B., Blom, J., Klenk, H.P. and Borriss, R. 2017. Bacillus amyloliquefaciens, Bacillus velezensis, and Bacillus siamensis form an “operational group B. amyloliquefaciens” within the B. subtilis species complex. Frontiers in microbiology, 8, p.22.
- Farzand, A., Moosa, A., Zubair, M., Khan, A.R., Hanif, A., Tahir, H.A.S. and Gao, X. 2019. Marker assisted detection and LC-MS analysis of antimicrobial compounds in different Bacillus strains and their antifungal effect on Sclerotinia sclerotiorum. Biological control, 133, pp.91-102.
- Feklistova, I.N. and Maksimova, N.P. 2008. Obtaining *Pseudomonas aurantiaca* strains capable of overproduction of phenazine antibiotics. Microbiology, 77, pp.176-180.
- Fira, D., Dimkić, I., Berić, T., Lozo, J. and Stanković, S. 2018. Biological control of plant pathogens by Bacillus species. Journal of biotechnology, 285, pp.44-55.
- Fire, A., Xu, S., Montgomery, M.K., Kostas, S.A., Driver, S.E. and Mello, C.C. 1998. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. Nature, 391(6669), pp.806-811.
- Fontaine, F., Duarte, A.S. and Fischer, J. 2022. Innovative biocontrol strategies to manage crop and pest diseases. Frontiers in Microbiology, 13, p.1052027.
- Fraceto, L.F., Grillo, R., de Medeiros, G.A., Scognamiglio, V., Rea, G. and Bartolucci, C. 2016. Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have?. Frontiers in Environmental Science, 4, p.186737.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Fu, Y., Ma, L., Li, J., Hou, D., Zeng, B., Zhang, L., Liu, C., Bi, Q., Tan, J., Yu, X. and Bi, J. 2024. Factors Influencing Seed Dormancy and Germination and Advances in Seed Priming Technology. *Plants*, 13(10), p.1319. <https://doi.org/10.3390/plants13101319>
- García-Pedrajas, M.D., Cañizares, M.C., Sarmiento-Villamil, J.L., Jacquat, A.G. and Dambolena, J.S. 2019. Mycoviruses in biological control: From basic research to field implementation. *Phytopathology*, 109(11), pp.1828-1839.
- Gonthier, P., Giordano, L., Zampieri, E., Lione, G., Vizzini, A., Colpaert, J.V. and Balestrini, R. 2019. An ectomycorrhizal symbiosis differently affects host susceptibility to two congeneric fungal pathogens. *Fungal ecology*, 39, pp.250-256.
- Grahovac, M., Indić, D., Lazić, S., Vuković, S. 2009. Biofungicidi i mogućnosti primene u savremenoj poljoprivredi. *Pesticidi i fitomedicina*, vol. 24, br. 4, str. 245-258
- Grahovac, J., Grahovac, M., Dodić, J., Bajić, B., Balaž, J. 2014. Optimization of cultivation medium for enhanced production of antifungal metabolites by *Streptomyces hygroscopicus*. *Crop Protection*, 65, 143-152.
- Grahovac, M., Balaž, J., Grahovac, J., Dodić, J., Tanović, B., Hrustić, J., Tadijan, I. 2014. Screening of antagonistic activity of selected microorganisms against apple rot pathogens. *Romanian Biotechnological Letters*, 19 (1): 8959-8965.
- Grahovac M., Panić M., Petreš M., Grahovac J., Loc M., Medić J., Pajčin I. 2019. Efekti *Bacillus velezensis* na *Colletotrichum acutatum* - prouzročivača gorke truleži jabuke. *Biljni lekar*, 47, 4, 223-235.
- Grahovac, J., Mitrović, I., Dodić, J., Grahovac, M., Rončević, Z., Dodić, S., Jokić, A. 2020. Biocontrol agent for apple Fusarium rot: optimization of production by *Streptomyces hygroscopicus*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107 (3): 263–270. DOI 10.13080/z-a.2020.107.034
- Grahovac, M., Aćimović, M., Budakov, D., Stojšin, V., Loc, M., Petreš, M., Dudaš, T. 2022. Essential oils and hydrolates in control of plant pathogens. 10th International Conference on Plant Biology, 91.
- Gu, Y., Zheng, R., Sun, C. and Wu, S. 2022. Isolation, identification and characterization of two kinds of deep-sea bacterial lipopeptides against foodborne pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 13, p.792755.
- Gupta, R.S., Patel, S., Saini, N. and Chen, S. 2020. Robust demarcation of 17 distinct *Bacillus* species clades, proposed as novel Bacillaceae genera, by phylogenomics and comparative genomic analyses: description of *Robertmurraya kyonggiensis* sp. nov. and proposal for an emended genus *Bacillus* limiting it only to the members of the *Subtilis* and *Cereus* clades of species. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(11), pp.5753-5798.
- Gupte, M., Kulkarni, P. and Ganguli, B. 2002. Antifungal antibiotics. *Applied microbiology and biotechnology*, 58, pp.46-57.
- He, D.C., ZHAN, J.S. and Xie, L.H. 2016. Problems, challenges and future of plant disease management: from an ecological point of view. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), pp.705-715.
- He, S. and Krainer, K.M.C. 2020. Pandemics of people and plants: which is the greater threat to food security?. *Molecular plant*, 13(7), pp.933-934.
- He, D.C., Burdon, J.J., Xie, L.H. and Jiasui, Z.H.A.N. 2021. Triple bottom-line consideration of sustainable plant disease management: From economic, sociological and ecological perspectives. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(10), pp.2581-2591.
- He, D.C., He, M.H., Amalin, D.M., Liu, W., Alvindia, D.G. and Zhan, J. 2021a. Biological control of plant diseases: An evolutionary and eco-economic consideration. *Pathogens*, 10(10), p.1311.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Heydecker, W., Higgins, J. and Gulliver, R.L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature*, 246(5427), pp.42-44.
- Jamiolkowska, A. and Wagner, A. 2011. Effect of garlic pulp (Bioczos Płynny) on some fungi pathogenic to vegetables. 10, 245–257.
- Jisha, K.C., Vijayakumari, K. and Puthur, J.T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, pp.1381-1396.
- Kim, J.S., Yoon, S.J., Park, Y.J., Kim, S.Y. and Ryu, C.M. 2020. Crossing the kingdom border: Human diseases caused by plant pathogens. *Environmental Microbiology*, 22(7), pp.2485-2495. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15028>
- Koch, A., Biedenkopf, D., Furch, A., Weber, L., Rossbach, O., Abdellatef, E., Linicus, L., Johannsmeier, J., Jelonek, L., Goesmann, A. and Cardoza, V. 2016. An RNAi-based control of *Fusarium graminearum* infections through spraying of long dsRNAs involves a plant passage and is controlled by the fungal silencing machinery. *PLoS pathogens*, 12(10), p.e1005901.
- Kumar, K.K., Sridhar, J., Murali-Baskaran, R.K., Senthil-Nathan, S., Kaushal, P., Dara, S.K. and Arthurs, S. 2019. Microbial biopesticides for insect pest management in India: Current status and future prospects. *Journal of invertebrate pathology*, 165, pp.74-81. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.10.008>
- Kunte, N., McGraw, E., Bell, S., Held, D. and Avila, L.A. 2020. Prospects, challenges and current status of RNAi through insect feeding. *Pest management science*, 76(1), pp.26-41.
- Lahlali, R., Ezrari, S., Radouane, N., Kenfaoui, J., Esmaeel, Q., El Hamss, H., Belabess, Z. and Barka, E.A. 2022. Biological control of plant pathogens: A global perspective. *Microorganisms*, 10(3), p.596.
- Li, H.Y., Luo, Y., Zhang, X.S., Shi, W.L., Gong, Z.T., Shi, M., Chen, L.L., Chen, X.L., Zhang, Y.Z. and Song, X.Y. 2014. Trichokonins from *Trichoderma pseudokoningii* SMF2 induce resistance against Gram-negative *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* in Chinese cabbage. *FEMS Microbiology Letters*, 354(1), pp.75-82.
- Loc M., Ristić D., Grahovac M., Bagi F., Stojšin V., Dudaš T., Budakov, D. 2019. Efekat etarskih ulja na prouzrokovalače truleži biljaka *Macrophomina phaseolina* i *Sclerotinia sclerotiorum* in vitro, *Biljni lekar*, 2019, Vol. 46, No 5, pp. 570-580, ISSN 0354-6160, UDK:632.
- Mallmann, W.L. and Hemstreet, C.A.R.L. 1924. Isolation of an inhibitory substance from plants.
- Manjunatha, L., Singh, S., Ravikumara, B.M., Reddy, G.N. and Senthilkumar, M. 2020. *Ampelomyces*. Beneficial Microbes in Agro-Ecology, pp.833-860.
- Marzano, M., Gallo, A. and Altomare, C. 2013. Improvement of biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* vs. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* through UV-induced tolerance to fusaric acid. *Biological control*, 67(3), pp.397-408.
- Miljaković, D., Marinković, J., Tamindžić, G., Milošević, D., Ignjatov, M., Karačić, V. and Jakšić, S. 2024. Bio-Priming with *Bacillus* Isolates Suppresses Seed Infection and Improves the Germination of Garden Peas in the Presence of *Fusarium* Strains. *Journal of Fungi*, 10(5), p.358. <https://doi.org/10.3390/jof10050358>
- Mishra, V., Ellouze, W. and Howard, R.J. 2018. Utility of arbuscular mycorrhizal fungi for improved production and disease mitigation in organic and hydroponic greenhouse crops. *J. Hortic*, 5(03).
- Müller, H., Berg, C., Landa, B.B., Auerbach, A., Moissl-Eichinger, C. and Berg, G. 2015. Plant genotype-specific archaeal and bacterial endophytes but similar *Bacillus* antagonists colonize Mediterranean olive trees. *Frontiers in microbiology*, 6, p.127083.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Nazarov, P.A., Baleev, D.N., Ivanova, M.I., Sokolova, L.M. and Karakozova, M.V. 2020. Infectious plant diseases: Etiology, current status, problems and prospects in plant protection. *Acta naturae*, 12(3), p.46.
- Nga, N.T.T., Giau, N.T., Long, N.T., Lübeck, M., Shetty, N.P., De Neergaard, E., Thuy, T.T.T., Kim, P.V. and Jørgensen, H.J.L. 2010. Rhizobacterially induced protection of watermelon against *Didymella bryoniae*. *Journal of applied microbiology*, 109(2), pp.567-582.
- Nga, N.T.T., de Neergaard, E., Shetty, H.S., Thuy, T.T.T., Kim, P.V. and Jørgensen, H.J.L. 2024. Sodium Tetraborate Induces Systemic Resistance in Watermelon against *Stagonosporopsis cucurbitacearum*. *Agronomy*, 14(5), p.979. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050979>
- Ngalimat, M.S., Yahaya, R.S.R., Baharudin, M.M.A.A., Yaminudin, S.M., Karim, M., Ahmad, S.A. and Sabri, S. 2021. A review on the biotechnological applications of the operational group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms*, 9(3), p.614.
- O'Brien, P.A. 2017. Biological control of plant diseases. *Australasian Plant Pathology*, 46, pp.293-304.
- Ongena, M., Jourdan, E., Adam, A., Paquot, M., Brans, A., Joris, B., Arpigny, J.L. and Thonart, P. 2007. Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants. *Environmental microbiology*, 9(4), pp.1084-1090.
- Pajčin, I., Vlajkov, V., Frohme, M., Grebinyk, S., Grahovac, M., Mojićević, M., Grahovac, J. 2020. Pepper Bacterial Spot Control by *Bacillus velezensis*: Bioprocess Solution. *Microorganisms*, 8, 1463. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8101463>
- Pajčin, I., Vlajkov, V., Dodić, J., Loc, M., Grahovac, M., Grahovac, J. 2022. *Bacillus velezensis* - Biocontrol activity of cells and extracellular compounds against *Xanthomonas* spp. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, Vol. 26; No.1; pp 15-18, ISSN: 1821-4487, UDK: 621.785.
- Pajčin I., Vlajkov V., Loc M., Dodić J., Grahovac M., Grahovac (Ranković) J. 2022a. Valorization of barrel washing winery wastewater through production of microbial biocontrol agents, *Acta Periodica Technologica*, Vol. 53, No. 1, pp. 223-230, ISSN 1450-7188, UDK: 615.282:579.84/.85+582.282.123]:628.3.03
- Pandit, M.A., Kumar, J., Gulati, S., Bhandari, N., Mehta, P., Katyal, R., Rawat, C.D., Mishra, V. and Kaur, J. 2022. Major biological control strategies for plant pathogens. *Pathogens*, 11(2), p.273.
- Popov, M., Grahovac, M., Loc, M., Prvulović, D., Budakov, D., Konstantinović, B., Samardžić, N., Stojanović, T. 2023. Antimicrobial activity of the *Asclepias syriaca* L. root extract, *Romanian Agricultural Research*, 40:1-7. DOI: 10.59665/rar4053
- Qu, Z., Fu, Y., Lin, Y., Zhao, Z., Zhang, X., Cheng, J., Xie, J., Chen, T., Li, B. and Jiang, D. 2021. Transcriptional responses of *Sclerotinia sclerotiorum* to the infection by SsHADV-1. *Journal of Fungi*, 7(7), p.493.
- Roberti, R., Galletti, S., Burzi, P.L., Righini, H., Cetrullo, S. and Perez, C.J.B.C. 2015. Induction of defence responses in zucchini (*Cucurbita pepo*) by *Anabaena* sp. water extract. *Biological Control*, 82, pp.61-68.
- Rabbee, M.F., Hwang, B.S. and Baek, K.H. 2023. *Bacillus velezensis*: a beneficial biocontrol agent or facultative phytopathogen for sustainable agriculture. *Agronomy*, 13(3), p.840.
- Roossinck, M.J. 2012. Plant virus metagenomics: biodiversity and ecology. *Annual review of genetics*, 46, pp.359-369.
- Roossinck, M.J. 2012a. Persistent plant viruses: molecular hitchhikers or epigenetic elements?. In *Viruses: essential agents of life* (pp. 177-186). Dordrecht: Springer Netherlands.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Roossinck, M.J. 2015. A new look at plant viruses and their potential beneficial roles in crops. *Molecular Plant Pathology*, 16(4), p.331.
- Salazar, B., Ortiz, A., Keswani, C., Minkina, T., Mandzhieva, S., Pratap Singh, S., Rekadwad, B., Borriss, R., Jain, A., Singh, H.B. and Sansinenea, E. 2023. *Bacillus* spp. as bio-factories for antifungal secondary metabolites: Innovation beyond whole organism formulations. *Microbial Ecology*, 86(1), pp.1-24.
- Sano, N. and Seo, M. 2019. Cell cycle inhibitors improve seed storability after priming treatments. *Journal of plant research*, 132, pp.263-271.
- Savić, Z., Dudaš, T., Loc, M., Grahovac, M., Budakov, D., Jajić, I., Krstović, S., Barošević, T., Krska, R., Sulyok, M. and Stojšin, V. 2020. Biological control of aflatoxin in maize grown in Serbia. *Toxins*, 12(3), p.162. <https://doi.org/10.3390/toxins12030162>
- Saxena, A.K., Kumar, M., Chakdar, H., Anuroopa, N. and Bagyaraj, D.J. 2020. *Bacillus* species in soil as a natural resource for plant health and nutrition. *Journal of applied microbiology*, 128(6), pp.1583-1594.
- Schoina, C. and Govers, F. 2014. The oomycete *Phytophthora infestans*, the irish potato famine pathogen. In *Principles of Plant-Microbe Interactions: Microbes for Sustainable Agriculture* (pp. 371-378). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_39
- Singh, I. and Giri, B. 2017. Arbuscular mycorrhiza mediated control of plant pathogens. Mycorrhiza-nutrient uptake, biocontrol, ecorestoration, pp.131-160.
- Shaffer, L. 2020. RNA-based pesticides aim to get around resistance problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(52), pp.32823-32826. <https://doi.org/10.1073/pnas.2024033117>
- Shafi, J., Tian, H. and Ji, M. 2017. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(3), pp.446-459.
- Schallmeyer, M., Singh, A. and Ward, O.P. 2004. Developments in the use of *Bacillus* species for industrial production. *Canadian journal of microbiology*, 50(1), pp.1-17.
- Shams, A.H., Helaly, A.A., Algeblawi, A.M. and Awad-Allah, E.F., 2023. Efficacy of Seed-Biopriming with *Trichoderma* spp. and Foliar Spraying of ZnO-Nanoparticles Induce Cherry Tomato Growth and Resistance to *Fusarium* Wilt Disease. *Plants*, 12(17), p.3117. <https://doi.org/10.3390/plants12173117>
- Song, X.S., Gu, K.X., Duan, X.X., Xiao, X.M., Hou, Y.P., Duan, Y.B., Wang, J.X., Yu, N. and Zhou, M.G., 2018. Secondary amplification of siRNA machinery limits the application of spray-induced gene silencing. *Molecular plant pathology*, 19(12), pp.2543-2560.
- Stenberg, J.A., Sundh, I., Becher, P.G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P.A., Friberg, H., Gil, J.F., Jensen, D.F., Jonsson, M. and Karlsson, M. 2021. When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*, 94(3), pp.665-676.
- Sundh, I. and Eilenberg, J. 2021. Why has the authorization of microbial biological control agents been slower in the EU than in comparable jurisdictions?. *Pest Management Science*, 77(5), pp.2170-2178.
- Székács, A., Ammour, A.S. and Mendelsohn, M.L. 2021. RNAi based pesticides. *Frontiers in Plant Science*, 12, p.714116. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.714116>
- Thambugala, K.M., Daranagama, D.A., Phillips, A.J., Kannangara, S.D. and Promputtha, I. 2020. Fungi vs. fungi in biocontrol: An overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 10, p.604923.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Tamindžić, G., Azizbekian, S., Miljaković, D., Turan, J., Nikolić, Z., Ignjatov, M., Milošević, D. and Vasiljević, S. 2023. Comprehensive Metal-Based Nanopriming for Improving Seed Germination and Initial Growth of Field Pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*, 13(12), p.2932.
- Tamindžić, G., Azizbekian, S., Miljaković, D., Ignjatov, M., Nikolić, Z., Budakov, D., Vasiljević, S. and Grahovac, M. 2024. Assessment of Various Nanoprimings for Boosting Pea Germination and Early Growth in Both Optimal and Drought-Stressed Environments. *Plants*, 13(11), p.1547.
- Taning, C.N., Arpaia, S., Christiaens, O., Dietz-Pfeilstetter, A., Jones, H., Mezzetti, B., Sabbadini, S., Sorteberg, H.G., Sweet, J., Ventura, V. and Smaghe, G. 2020. RNA-based biocontrol compounds: current status and perspectives to reach the market. *Pest management science*, 76(3), pp.841-845. <https://doi.org/10.1002/ps.5686>
- Tilocca, B., Cao, A. and Migheli, Q. 2020. Scent of a killer: microbial volatilome and its role in the biological control of plant pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 11, p.509409.
- Timm, C.M., Pelletier, D.A., Jawdy, S.S., Gunter, L.E., Henning, J.A., Engle, N., Aufrecht, J., Gee, E., Nookaew, I., Yang, Z. and Lu, T.Y. 2016. Two poplar-associated bacterial isolates induce additive favorable responses in a constructed plant-microbiome system. *Frontiers in plant science*, 7, p.497.
- Tronsmo, A.M., Collinge, D.B., Djurle, A., Munk, L., Yuen, J. and Tronsmo, A. 2020. *Plant pathology and plant diseases*. CABI, 11-18.
- Tsalgatidou, P.C., Thomloui, E.E., Delis, C., Nifakos, K., Zambounis, A., Venieraki, A. and Katinakis, P. 2023. Compatible consortium of endophytic *Bacillus halotolerans* strains Cal. l. 30 and Cal. f. 4 promotes plant growth and induces systemic resistance against *Botrytis cinerea*. *Biology*, 12(6), p.779. <https://doi.org/10.3390/biology12060779>
- Uysal, A. 2024. Control of *Monilinia* blossom and twig blight (*Monilinia laxa*) by boron, pyroligneous acid and boscalid. *Journal of Plant Pathology*, 106(1), pp.211-223.
- van Du, P., Sau, N.B., Bich, T.N. and van Kim, P. 2001. Induced resistance of rice plant to blast (*Pyricularia grisea*) by seed treatment using natri tetraborate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) under field condition. *Omonrice*, 9, pp.96-101.
- Vlajkov, V., Grahovac, M., Budakov, D., Loc, M., Pajčin, I., Milić, D., Novaković, T. and Grahovac, J. 2021. Distribution, genetic diversity and biocontrol of aflatoxigenic *Aspergillus flavus* in Serbian maize fields. *Toxins*, 13(10), p.687.
- Vlajkov, V., Pajčin, I., Loc, M., Budakov, D., Dodić, J., Grahovac, M., Grahovac (Ranković), J. 2022. The Effect of Cultivation Conditions on Antifungal and Maize Seed Germination Activity of *Bacillus*-Based Biocontrol Agent, *Bioengineering*, Vol. 9, No. 12, ISSN 2306-5354
- Vlajkov, V., Anđelić, S., Pajčin, I., Grahovac, M., Budakov, D., Jokić, A. and Grahovac, J. 2022a. Medium for the production of *Bacillus*-based biocontrol agent effective against aflatoxigenic *Aspergillus flavus*: Dual approach for modelling and optimization. *Microorganisms*, 10(6), p. 1165.
- Vlajkov, V., Pajčin, I., Vučetić, S., Anđelić, S., Loc, M., Grahovac, M., Grahovac, J. 2023. *Bacillus*-Loaded Biochar as Soil Amendment for Improved Germination of Maize Seeds. *Plants*, 12, 1024. <https://doi.org/10.3390/plants12051024>
- Wang, J., Zhou, L., Shi, H., Chern, M., Yu, H., Yi, H., He, M., Yin, J., Zhu, X., Li, Y. and Li, W. 2018. A single transcription factor promotes both yield and immunity in rice. *Science*, 361(6406), pp.1026-1028.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Xue, C., Ryan Penton, C., Shen, Z., Zhang, R., Huang, Q., Li, R., Ruan, Y. and Shen, Q. 2015. Manipulating the banana rhizosphere microbiome for biological control of Panama disease. *Scientific reports*, 5(1), p.11124.
- Yoshida, S., Hiradate, S., Tsukamoto, T., Hatakeda, K. and Shirata, A. 2001. Antimicrobial activity of culture filtrate of *Bacillus amyloliquefaciens* RC-2 isolated from mulberry leaves. *Phytopathology*, 91(2), pp.181-187.
- Yu, G.Y., Sinclair, J.B., Hartman, G.L. and Bertagnolli, B.L. 2002. Production of iturin A by *Bacillus amyloliquefaciens* suppressing *Rhizoctonia solani*. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(7), pp.955-963.
- Zhang, N., Wang, Z., Shao, J., Xu, Z., Liu, Y., Xun, W., Miao, Y., Shen, Q. and Zhang, R. 2023. Biocontrol mechanisms of *Bacillus*: Improving the efficiency of green agriculture. *Microbial Biotechnology*, 16(12), pp.2250-2263.
- Zhao, H., Shao, D., Jiang, C., Shi, J., Li, Q., Huang, Q., Rajoka, M.S.R., Yang, H. and Jin, M. 2017. Biological activity of lipopeptides from *Bacillus*. *Applied microbiology and biotechnology*, 101, pp.5951-5960.
- Zheng, M., Tao, Y., Hussain, S., Jiang, Q., Peng, S., Huang, J., Cui, K. and Nie, L. 2016. Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. *Plant growth regulation*, 78, pp.167-178.
- Zheng, R., Zhan, J., Liu, L., Ma, Y., Wang, Z., Xie, L. and He, D. 2019. Factors and minimal subsidy associated with tea farmers' willingness to adopt ecological pest management. *Sustainability*, 11(22), p.6190.
- Zhu, F., Cao, M.Y., Zhang, Q.P., Mohan, R., Schar, J., Mitchell, M., Chen, H., Liu, F., Wang, D. and Fu, Z.Q. 2024. Join the green team: Inducers of plant immunity in the plant disease sustainable control toolbox. *Journal of Advanced Research*, 57, pp.15-42. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.04.016>.
- Zotti, M., Dos Santos, E.A., Cagliari, D., Christiaens, O., Taning, C.N.T. and Smagghe, G. 2018. RNA interference technology in crop protection against arthropod pests, pathogens and nematodes. *Pest management science*, 74(6), pp.1239-1250.
- Zubair, M., Farzand, A., Mumtaz, F., Khan, A.R., Sheikh, T.M.M., Haider, M.S., Yu, C., Wang, Y., Ayaz, M., Gu, Q. and Gao, X. 2021. Novel genetic dysregulations and oxidative damage in *Fusarium graminearum* induced by plant defense eliciting psychrophilic *Bacillus atrophaeus* TS1. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(22), p.12094.

MOGUĆNOSTI KONTROLE KOROVA U ORGANSKOJ PROIZVODNJI

Milena Popov, Nataša Samardžić,
Bojan Konstantinović



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

^{1,2,3}Korovi predstavljaju primarni i konstantni problem u organskoj proizvodnji gde je primena herbicida u potpunosti isključena. Za razliku od bolesti i štetočina koje se u agroekosistemima javljaju sporadično i čija pojava zavisi od niza spoljnih faktora, korovi se javljaju na svim obradivim površinama i kontinuirano iz vegetacije u vegetaciju. Ne postoji potpuno sterilno zemljište na kom se neće javiti ni jedna korovska biljka. Upravo odsustvo primene herbicida i strah od neefikasne kontrole korova predstavlja prepreku poljoprivrednim proizvođačima u donošenju odluke da sa konvencionalne, pređu na organsku proizvodnju.

Koliki problem će korovi predstavljati usevu u sistemu organske proizvodnje zavisi od mnogo faktora. Konkurentna sposobnost sorte/vrste useva, izbor plodoreda, postojeće rezerve semena korova u zemljištu, izbor agrotehničkih mera i vremena đubrenja u najvećoj meri diktiraju vreme i intenzitet pojave korova.

Kako organska proizvodnja mora da uspostavi ekološki balans između useva i korova, potrebno je kombinovati što više strategija koje bi redukovale zakorovljenost parcela.

Uspešna kontrola korova u organskoj proizvodnji oslanja se na kombinovanje *preventivnih mera* (plodored, pokrovni usevi, konzervaciona obrada zemljišta, sanitarne mere, oplemenjivanje biljaka, vreme setve, lažna setva), *mehaničkih mera* (okopavanje, međuredna kultivacija, primena malča, otvorenog plamena, vodene pare, struje), *biohemijskih mera* (primena bioherbicida, masnih kiselina, alelohemikalija, etarskih ulja i hidrolata), *bioloških mera* (primena biljnih patogena, insekata, herbivora i mikroorganizama) i *novih tehnologija* (primena dronova, nano tehnologije, precizne poljoprivrede, robota i sl.).

Kako bi se isplanirao efikasan plan suzbijanja korova, mora se integrisati širok spektar važnih faktora, uključujući: uslove koji vladaju u zemljištu, vremensku prognozu, rotaciju useva i istoriju polja, mehanizaciju, tržište i specifične zahteve u kvalitetu proizvoda za prodaju, raspoloživo vreme i rad. Neophodno je prilagoditi strategije suzbijanja korova za jedinstvenu i uvek promenljivu vegetacionu sezonu (Konstantinović i sar., 2012).

Uprkos štetama koje nanose usevima, u sistemu organske proizvodnje hrane, proizvođačima ne bi trebalo da bude cilj da u potpunosti unište

¹ Dr Milena Popov, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

² Dr Nataša Samardžić, vanredni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

³ Dr Bojan Konstantinović, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

korove na svojim poljima. Poželjnije je održavanje niskog nivoa prisutnosti korovskih biljaka, korišćenjem odgovarajućih metoda za rešavanje kratkoročnih ekonomskih i dugoročnih ekoloških problema, što dovodi do komplikovanja modela zaštite u organskoj proizvodnji u odnosu na konvencionalnu. Potencijalna korist od korovskih vrsta se može naći u sledećim činjenicama: pomažu u očuvanju vlažnosti zemljišta, sprečavaju eroziju, predstavljaju hranu i sklonište za životinje. Neke korovske vrste se mogu smatrati indikatorima posebnih uslova zemljišta, te stoga pažnja u poboljšanju ovih uslova ima glavnu ulogu u planiranju suzbijanja korova. Korovi su biljke koje su i neprijatelji, ali i saveznici poljoprivrednih proizvođača. Sistem organske proizvodnje ima za cilj iskorenjavanje korova, koje će naići na poteškoće, isto kao i odustajanje od suzbijanja korova, koje za posledicu ima velike gubitke u prinosu. U suzbijanju korova u organskoj proizvodnji je neophodan balans, odnosno dobra i vešta kombinacija svih raspoloživih mera suzbijanja koja isključuje upotrebu herbicida.

Preventivne mere kontrole korova u organskoj proizvodnji

Plodored. Poznato je da u osnovi uspešne kontrole korova na njivi stoji dobro osmišljen plodored. Međutim, plodoredi su pojednostavljeni u poslednjih 50 godina smanjenjem raznovrsnosti useva u plodoredu i povećanjem poljoprivrednih površina pod monokulturom, usled pojave sintetičkih đubriva i pesticida i sve veće nepovezanosti ratarske i stočarske proizvodnje (Barbieri et al., 2017).

Smenjivanje zimskih i jarih kultura, žitarica i korenastih kultura kao i useva koji su potrošači i proizvođači nutrijenata u zemljištu, uz obavezne faze odmora zemljišta na ugaru, onemogućavaju ustaljivanje specifične korovske zajednice (Buhler, 1999). Promene useva zahtevaju rotaciju različitih tipova obrade zemljišta kao što su: osnovna obrada sa prevrtanjem slojeva zemlje i vertikalna obrada bez prevrtanja, predsetvena priprema u vidu lažne setve i sl. Ukratko, dobro osmišljen plodored smanjuje rizik od adaptacije korova na ponovljene agroekološke uslove. Povećanje raznolikosti plodoreda dovodi do smanjenja pojave korova čak i u sistemima bez ikakve obrade zemljišta (Weisberger et al., 2019).

Upoređujući sastav plodoreda pri konvencionalnoj i organskoj proizvodnji u Evropi i Severnoj Americi, Barbieri i sar. (2017) su ustanovili da se organske rotacije sastoje od: primarnih žitarica kao što su pšenica i kukuruz, koje su zastupljene u manjoj meri (~16% manje) nego u konvencionalnoj proizvodnji, sekundarnih žitarica kao što su: ječam, raž, ovas, gajeni sirak i proso, koje su više zastupljene u organskoj proizvodnji,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mahunarki (soja, pasulj, grašak), privremene stočne hrane kao što su: lucerka, detelina, italijanski ljulj (2,8 puta zastupljenije u organskoj nego konvencionalnoj proizvodnji), industrijskih useva i povrća. Dok se u znatno manjoj meri u odnosu na konvencionalnu proizvodnju, gaje uljarice i korenasti usevi. Pokrovni usevi se 2,4 puta češće javljaju u organskoj nego u konvencionalnoj proizvodnji iako je njihov ukupan broj u rotacijama jako nizak. Takođe, u organskoj proizvodnji su u mnogo većoj meri zastupljeni usevi koji doprinose fiksaciji azota u zemljištu, što je rezultat češćeg uvođenja leguminoza kao međuuseva, pokrovnih ili podsejanih useva u plodored. Upoređujući organske plodorede na teritoriji Evrope i Severne Amerike, isti autori navode da su primarne i sekundarne žitarice daleko manje zastupljene u Evropi u poređenju sa konvencionalnom poljoprivredom dok su u Severnoj Americi sekundarne žitarice zastupljene u većoj meri. U organskoj proizvodnji na teritoriji Evrope mahunarke su zastupljene čak 65% više nego u Severnoj Americi, dok je u konvencionalnoj proizvodnji stanje suprotno.

Pokrovni usevi u kontroli korovske populacije. Primena pokrovnih useva ima poseban značaj u organskoj proizvodnji zbog pozitivnog uticaja na očuvanje zemljišnih nutrijenata i kontroli štetočina, patogena i korova. Pokrovni usevi smanjuju eroziju ali i zbijenost tla, povećavajući prodiranje i sakupljanje vlage i organske materije u tlu. Pokrovni usevi u značajnoj meri redukuju nicanje korova kroz kompeticiju za prostor, svetlost, vodu i hranljive materije ali i kroz fizičko-hemijske efekte koje ostaci pokrovnih useva imaju zaorani ili na površini zemljišta (Teasdale and Daughtry, 1993; Bàrberi, 2002). Ipak, brzo razlaganje ostataka pokrovnih useva omogućuje klijanje i pojavu korova. Na brzini razlaganja biomase utiču temperatura, padavine, obrada zemljišta kao i odnos ugljenika i azota kod različitih vrsta žetvenih ostataka. Razgradnja biomase kod raži je spora što pokazuje i vrednost odnosa C:N, koji je kod raži visok i iznosi 50, dok je kod dlakave grahorice svega 12. Mešavina mahunarki i strnih žita ima srednju brzinu razlaganja (C:N je oko 25). Ostaci pokrovnih useva u procesu razlaganja mogu delovati alelopatski na useve (Creamer et al., 1996). Raž predstavlja jedan od najčešće gajenih pokrovnih useva u SAD, što zbog već pomenutih osobina, što zbog ogromne biomase koju produkuje kao i gustog korenovog sistema. Osim što ima izražen kapacitet apsorpcije azota iz zemljišta, raž poseduje i jak alelopatski potencijal, što ne pogoduje korovima. Ostaci raži na njivi mogu odložiti pojavu korova za 4-8 nedelja (Smeda and Weller, 1996). Uvođenje raži i dlakave grahorice (*Vicia villosa*) kao pokrovnih useva u plodored sa sojom i kukuruzom, redukuje pojavu korova za 46-99% (Hayden et al., 2012; Hodgdon et al., 2016; Singh et al., 2019). Pored raži i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mnogi drugi pokrovni usevi i njihovi ostaci pokazuju alelopatske efekte na korovske vrste. Alelohemikalije nekih useva mogu da deluju stimulatивно na druge useve. Tako na primer vodeni ekstrakti različitih gajenih biljaka iz familije kupusnjača (*Brassicaceae*) sadrže brasinosteroid brasinolid koji deluje pozitivno na klijance kukuruza poboljšavajući njihovu otpornost na sušu (Anjum, 2011). S druge strane, alelohemikalije glukozinolati koji se oslobađaju pri razlaganju ostataka rotkvica ili uljane repice, deluju inhibitorно na divlji sirak (Rehman et al., 2013).

Pokrovni usevi mogu se podeliti u više grupa: ozima strna žita (raž, ljulj jednogodišnji, pšenica, ječam, ovas), jara strna žita i trave (heljda, sudanski sirak, italijasno proso), ozime leguminoze (dlakava grahorica, ljubičasta i podzemna detelina, grašak), jare leguminoze (vigna, soja, pasulj), ozimi i jari širokolisni pokrovni usevi.

Leguminozni pokrovni usevi poznati su po fiksaciji azota iz zemljišta, niskom odnosu C:N, privlačenju polinatora, dok neke ozime jednogodišnje vrste kao što su lucerka i slatka detelina produkuju značajnu biomasu, vezujući fosfor iz zemljišta i vršeći remedijaciju tla. Podzemna detelina (*Trifolium subterraneum*) i ljubičasta detelina (*Trifolium incarnatum*) nakon zaoravanja, razgradnjom otpuštaju značajne količine azota što može da pogoduje razvoju određenih korova (Blum et al., 1997), dok neleguminozni pokrovni usevi kao što su trave i strna žita, mogu biti efikasni u obnavljanju mineralizovanog azota iz zemljišta nakon useva (Baldwin and Creamer, 2006). Vigna ili crni pasulj (*Vigna unguiculata*) je letnja leguminoza koja brzo raste i lako se prilagođava različitim tipovima zemljišta. Ima dubok koren pa dobro podnosi sušu i kompeticiju sa korovima. Takođe, ljubičasti pasulj (*Mucuna pruriens*) je čest letnji pokrovni usev severnih delova SAD. Kao jednogodišnja mahunarka poreklom iz toplih krajeva, intenzivno raste tokom letnjih meseci produkujući velike količine biomase koja se lako i brzo razlaže otpuštajući azot u tlo. Leguminoze predstavljaju dobar izbor za setvu u međurednom prostoru kod organske proizvodnje vinove loze (Korać i sar., 2011).

Od strnih žita, raž (*Secale cereale*) je u Americi jedna od najčešćih zimskih pokrovnih useva a neretko se seje u kombinaciji sa dlakavom grahoricom. Raž toleriše širok spektar različitih tipova zemljišta i klimatskih uslova i dobro suzbija korov kada se njime upravlja kao sa malčom. Jednogodišnji ljulj (*Lolium multiflorum*) ima veoma žiličast, gust korenov sistem koji štiti od erozije zemljišta uz poboljšanje infiltracije vode u tlo. Jednogodišnji ljulj može postati problematičan korov, težak za suzbijanje ako na njivi formira i otpusti seme. Pored toga, ima povećane potrebe za azotom i vodom pa nije dobar izbor na zemljištima koja u tome oskudevaju. Ozima pšenica (*Triticum aestivum*)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

obezbeđuje dobar prezimljavajući pokrivač kao i ječam (*Hordeum vulgare*) koji se pokazao kao odlična konkurencija zimskim jednogodišnjim korovima (Baldwin and Creamer, 2006).

Heljda (*Fagopyrum esculentum*) je brzo rastuća širokolisna letnja kultura koja dobro suzbija korove i reciklira zemljišne nutrijente od proleća do jeseni. Iz zemljišta lako usvaja teško rastvorljiva jedinjenja fosfora i brzo se razgrađuje u zemljištu. Cvet heljde je privlačan za insekte što je još jedan od benefita ovog pokrovnog useva u organskoj proizvodnji. Ipak zbog brzog ulaska u fazu plodonošenja, idealno je zaoravanje heljde već nedelju dana nakon cvetanja. Sudanski sirak (*Sorghum bicolor* × *S. sudanese*) je jednogodišnja travna kultura koja dobro podnosi sušu i visoke temperature, a proizvodi značajnu količinu biomase. Dobra je konkurencija korovima jer poseduje alelopatska svojstva (Baldwin and Creamer, 2006).

Biljke iz porodice Brassicaceae karakterišu brz rast tokom hladne sezone, značajno usvajanje azota i produkcija biomase, kao i efikasna kontrola korova, bolesti i štetočina. Rotkvica (*Raphanus sativus*), uljana repica (*Brassica napus*), smeđa slačica (*Brassica juncea*), predstavljaju dobre pokrovne useve jer suzbijaju većinu zimskih jednogodišnjih korova prvenstveno kroz kompeticiju u jesen dok u proleće rezidue biomase ometaju dopiranje dovoljne količine svetlosti do semena korova (Stivers-Young, 1998).

Pokrovni usevi se mogu uzgajati do faze cvetanja nakon čega se kose i ostavljaju na površini tla da bi se obezbedio organski malč za setvu useva bez prethodne obrade. Kada se ostaci pokrovnih useva razgrađuju na površini zemljišta, suzbijanje korova je u najvećoj meri rezultat fizičkih efekata malča, a u manjoj meri rezultat alelohemijskih efekata biljnih ostataka pokrovnih useva (Teasdale and Mohler, 1993). Mirsky et al. (2013) su utvrdili da malč od suve biomase raži u količini većoj od 8.000 kg/ha i debljine pokrovnog sloja >10 cm može inhibirati klijavost jednogodišnjih korova za 75%.

Sumirano, pokrovni usevi ometaju pojavu korova na njivi: stvaranjem nepovoljnih ekoloških uslova za njihovo nicanje i pojavu; fizičkim ometanjem korova (bilo kao sveža biomasa ili malč); alelopatskim uticajem (biljaka ili biljnih ostataka nakon berbe/žetve).

Postoji i nekoliko nedostataka uvođenja pokrovnih useva u plodored. Oni u proleće mogu iskoristiti zemljišnu vlagu potrebnu za naredne useve; mogu predstavljati alternativne domaćine za štetne organizme (insekte i mikroorganizme). Velika količina ostataka pokrovnih useva u proleće odlaže zagrevanje i obradu zemljišta. Ako se kasno pokosi travni pokrovni usev ili smeša sa visokim odnosom C:N, dolazi do vezivanja veće količine azota što će negativno uticati na prinos narednog useva (Salon, 2015).

Konzervaciona obrada zemljišta je sveobuhvatan pristup upravljanju zemljištima koji ima za cilj očuvanje i poboljšanje plodnosti tla, kao i zaštitu od erozije, degradacije i drugih negativnih uticaja na zemljište i okolinu. Ovaj pristup kombinuje znanje iz agronomije, ekologije i inženjerstva kako bi se postigla pravilna upotreba zemlje uz minimalne negativne posledice. Glavni ciljevi konzervacijske obrade zemljišta su: očuvanje plodnosti zemlje, sprečavanje erozije, očuvanje vode, povećanje biološke raznolikosti. Erozijska tla može biti prouzrokovana vodom, vetrom ili nekom ljudskom aktivnošću (seča šuma, neadekvatna gradnja). Konzervacijske metode poput konzervacijske obrade tla, izgradnje terasa i korita, te pošumljavanje, pomažu u smanjenju erozije tla i zadržavanju plodnosti zemljišta. Održavanje zdravog vodnog resursa ključno je za očuvanje plodnosti zemlje i očuvanje sredine. Konzervacijske prakse poput minimalne obrade, formiranje zemljišnih pokrivača i izgradnja brana za zadržavanje vode, pomažu u smanjenju isparavanja vode i erozije zemlje te očuvanju vodnih resursa. Povećanje biološke raznolikosti ekosistema ključno je za poboljšanje agroekosistema.

Na osnovu razmatranja brojnih podela u svetu i kod nas, usvojena je generalna podela obrade zemljišta na konvencionalnu i konzervacijsku. Reč "konzervacijska" potiče od engleske reči „conservation“ – očuvanje ili zaštita, što se odnosi na zaštitu zemljišta (Đević, 2007). Konzervacijska obrada zemljišta podrazumeva bilo koji sistem obrade koji smanjuje gubitke u hranivima i/ili vodi u poređenju sa uobičajenom konvencionalnom obradom, smanjuje eroziju i čuva zemljišnu strukturu. Dakle, osnovni cilj konzervacijske obrade je zaštita zemljišta. Konvencionalni sistem obrade karakteriše prevrtanje plastice i oranje (Nozdrovický, 2008) što deluje negativno na zemljišnu strukturu. Sa prevrtanjem oraničnog sloja narušava se njegova prirodna građa s brojnim šupljinama, koje zaostaju nakon prolaska kišnih glista i korenovog sistema biljaka (Đević, 2007; Trikić, 2014), što dovodi do pogoršanja vodno-vazdušnog režima i mikrobiološke aktivnosti u zemljištu, pogoršavaju se fizička svojstva zemljišta i dolazi do pojačane erozije. Da bi se uklonile ove opasnosti, smanjuje se broj zahvata obrade.

Prema izveštaju CTIC (*Conservation Technology Information Center*) u konzervacijski sistem obrade zemljišta može se uvrstiti svaki sistem obrade koji obezbeđuje da najmanje 30% površine zemljišta bude pokriveno žetvenim ostacima nakon setve, što odgovara masi od 1121 kg/ha (Đević, 2007). Vrlo plitko prevrtanje plastice ili neprevrtanje, ostavlja biljne ostatke na ili neposredno ispod površine zemljišta, te je povećana biološka aktivnost. Biljni ostaci na površini predstavljaju zaštitni sloj od erozije zemljišta, a u karakterističnim uslovima i od visokih

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

temperatura. Ovi ostaci doprinose poboljšanju strukture zemljišta, vodno-vazdušnog režima, smanjenju sabijanja, povećanju humusa, ali su i dobra podloga za razvoj korova i biljnih štetočina (Martinov et al., 2005). Pored toga, obezbeđuju značajnu zaštitu zemljišta od erozije u van vegetacijskom periodu, posebno obrađenog zemljišta. Gubici tla su u inverznom odnosu s količinom malča (Butorac et al., 2006). Konzervacijska obrada se zasniva na konceptu niskih inputa, mora biti pravovremena, odgovarajućeg intenziteta, da obezbedi konzervacijske efekte i u smislu kontrole i smanjenja zbijenosti zemljišta.

Za umereno kontinentalnu klimu u konzervacijsku obradu mogu se svrstati sledeći sistemi obrade zemljišta (Đević, 2007):

- Redukovana i minimalna obrada bez prevrtanja - tu se može svrstati svaki sistem obrade koji obezbeđuje da minimum 30% površine zemljišta bude pokriveno žetvenim ostacima (Martinov et al., 2005). U redukovanu obradu spada plitka obrada, obrada u jednom proходу, združena obrada i setva, obrada u sistemu stalnih tragova i dr. (Đević, 2007). Konzervacijska obrada najčešće se obavlja u jednom proходу, a primenjuju se razrivači ili mašine s aktivnim radnim organima (npr. rotaciona drljača), kombinovane sa raznim tipovima valjaka (Martinov et al., 2005). Najčešće se primenjuje obrada zemljišta i setva u jednom proходу. Tipična širina zahvata je 3, odnosno 6 m (Martinov et al., 2005).
- Zaštitna obrada (*Mulch tillage*) - setvi prethodi obrada bez prevrtanja, čizelom ili diskosnim plugom, kombinovanim kultivatorima različite konstrukcije koje obezbeđuju rahljenje i podrezivanje zemljišta (Đević, 2007). Pokrivenost biljnim ostacima treba da je veća od 30%.
- Parcijalna obrada (*Partiall width tillage*) - neposredno pre setve, obrada u zoni setve ili van zone setve, do 1/3 ukupne površine (strip tillage) ili setva u neobrađene bankove (humke i leje) koje se obavljaju u istom proходу (Đević, 2007).
- Direktna setva (*No tillage*) - predstavlja potpuno izostavljanje obrade. Osnovna karakteristika tehnologije direktne setve jeste jedna radna operacija koja se izvodi posredstvom primene sejalice za direktnu setvu (Nozdrovický, 2008). Ova tehnologija ne zahteva nikakvu manipulaciju sa zemljištem pre setve i kod ove tehnologije više pažnje mora da se posveti podešavanju sile pritiska ulagača semena i to na vrednosti bliske maksimalnim što u osnovi zavisi od konkretnih zemljišnih uslova (Nozdrovický, 2008). Sa ulaganjem semena uklanjaju se žetveni ostaci u zoni setve do 5 cm,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sistemom diskova (otvarači brazde) ili korišćenjem crtala različite konstrukcije (Đević, 2007; Trikić, 2014).

Prevenција širenja korova. Najveći deo kontrole korova jeste prevencija i definiše se kao zaustavljanje širenja korova u zaraženim reonima. To je praktičan način borbe protiv korova, ali je u nju potrebno uložiti mnogo vremena i pažnje, naročito u zaraženim reonima. Jedna od mera prevencije korova je sprečavanje slučajnog uvoza semena korova (zajedno sa semenom za ishranu ptica, semena za stočnu ishranu i sl.) kao i namerni uvoz semena nekih medonosnih biljaka kao što je svilenica (*Asclepias syriaca*) koja u Srbiji ima status invazivne korovske vrste, a pčelari je ciljano uzgajaju za potrebe ispaše pčela. Još jedna od mera prevencije je korišćenje samo čistog setvenog materijala, čišćenje mašina za setvu između različitih useva, sprečavanje širenja višegodišnjih i invazivnih korova i edukacija o korovima.

Sanitarne mere. Poznavanje biologije korova, naročito u odnosu na reprodukciju i dinamiku populacije, neophodan je preduslov za uspešno suzbijanje korova. Postoji potreba da se izbalansira štetni i korisni uticaj korova na životnu sredinu. Iako su korovi štetni za usev, što zbog svoje konkurentnosti, što zbog činjenice da su vektori mnogih štetočina i patogena, oni su i korisni kao izvor hrane za domaće životinje kao i hrane i skloništa za divlje životinje. Ipak, važno je sprečiti unošenje novih korova preko slame, stočnog đubriva ili poljoprivrednih mašina. Održavanje okoline obradivih površina čistim i urednim je od ključnog značaja za njive bez korova.

Oplemenjivanje. U organskoj poljoprivrednoj proizvodnji, oplemenjivanje biljnih sorti igra ključnu ulogu u stvaranju biljaka prilagođenih specifičnim uslovima organske proizvodnje. Umesto upotrebe genetski modifikovanih organizama ili hemijskih tretmana, organsko oplemenjivanje se bazira na prirodnim i ekološki prihvatljivim tehnikama. Biraju se sorte otporne na bolesti i tolerantne na stres, umesto onih koje su zavisne od upotrebe đubriva i pesticida. Očuvanje genetske raznolikosti bitno je za organsko oplemenjivanje jer omogućuje prilagođavanje na različite uslove proizvodnje i povećavanje otpornosti na bolesti i štetočine. Genetske banke semena mogu biti korisni resursi za pronalaženje i očuvanje sorti s korisnim karakteristikama. Uvođenje modernih tehnologija poput molekularne biologije može poboljšati efikasnost organskog oplemenjivanja. U organskoj proizvodnji, važno je voditi računa o etičkim i održivim praksama. Oplemenjivanje biljnih sorti treba da bude usmereno na očuvanje sredine i biodiverziteta.

Mehaničke mere kontrole korova u organskoj proizvodnji

Obrada zemljišta se oduvek smatrala najefikasnijim metodom za suzbijanje korova na čiji razvoj se može uticati direktno (mehaničko uklanjanje već izniklih biljaka) i indirektno (dubokim oranjem ukopava se dublje seme koje se našlo na tlu).

Ova operacija vraća na površinu vijabilno seme koje se ranijih godina našlo dublje pod zemljom, ono prekida mirovanje i počne da klija, niče i da se razvija. Odnos između obrade zemljišta i korova je uslovljen mnogim faktorima koji uključuju: način izvođenja radova, biološke i ekološke osobine korova, agrotehničke mere koje se primenjuju i pedoklimatske uslove u kojima se vrši obrada. Obrada zemljišta se često klasifikuje kao primarna, sekundarna i tercijarna. Primarna obrada obuhvata duboko oranje. Oranjem se uništavaju potencijalne jednogodišnje korovske vrste pomeranjem sveže rasutog semena ispod dubine sa koje seme može da proklija. Ovo može da dovede do dugoročnih problema, jer seme može da opstane u zemljištu dok se sledećim obradama ne vrati na površinu zemljišta. U sistemu redukovane obrade, plitke obrade održavaju sveže seme korova u blizini površine gde ono lakše klija i iznikli korovi mogu da budu suzbijeni različitim načinima obrade zemljišta. Sistem redukovane obrade može uspešno da smanji pojavu jednogodišnjih širokolisnih korova, ali i da stimuliše povećanje gustine populacije višegodišnjih i travnih korova. Poznato je da se u organskim poljoprivrednim sistemima brojnost višegodišnjih korova povećava, a u zavisnosti od korova o kojima je reč, periodično oranje može biti neophodno da bi se zadržali na nivou koji se može kontrolisati. Sekundarna obrada koristi se za primenu setvene leje pre oformljavanja useva, ali izbor leje koji je najbolji za suzbijanje korova nije jasno razgraničen. Fina, iznivelisana, usitnjena leja (parcela pripremljena za setvu) čini setvu i sledeće operacije suzbijanja korova lakšima, ali stimuliše i nicanje korova. Zgrudvana leja uglavnom produkuje manje klijanaca korova. Tercijalna obrada je u suštini mehaničko suzbijanje korova u formiranom usevu, a zasnovano je prvenstveno na mehaničkim i termičkim metodama, kao i na korišćenju malča (Konstantinović i Konstantinović, 2014).

Lažna setva je tehnika u poljoprivredi koja uključuje simuliranje setve useva radi suzbijanja korova. Ova tehnika se obično primenjuje pre stvarne setve glavnog useva i može biti korisna u organskoj poljoprivredi ili kao deo mera integralne zaštite useva. Osnovna ideja lažne setve je da se korovi podstiču da proključaju i rastu, a zatim da se unište pre nego što

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

se posadi glavni usev. To se obično postiže primenom metoda kao što su mehaničko uklanjanje korova ili čak ispaša stoke na obradivim površinama. Prednosti lažne setve uključuju smanjenje konkurencije korova, uništavanje korova pre setve/sadnje glavnog useva, smanjivanje konkurencije za hranjive materije, vodu i svetlost. Lažna setva obogaćuje zemljište organskom materijom usled razgradnje ostataka korova, što može poboljšati strukturu i plodnost zemljišta. Uspešnost lažne setve može zavisi od različitih osobina kao što su vrsta korova, klimatski uslovi i dostupnost resursa poput vode i radne snage. Stoga se ova tehnika može primenjivati s različitim stepenom uspeha, zavisno od uslova na terenu.

Okopavanje predstavlja važan korak u obradi zemlje koji se primenjuje u poljoprivrednoj proizvodnji kako bi se održala plodnost tla, kontrolisala pojava korova i poboljšala struktura zemljišta. Ova tehnika, koja se izvodi ručno (motike, plevilice i ručne freze) ili pomoću mehaničkih mašina (priključne mašine), uključuje uklanjanje korova i usitnjavanje zemljišta oko biljaka radi boljeg pristupa vazduhu, vodi i hranjivim materijama. Jedna od glavnih svrha okopavanja je suzbijanje korova. Korovi su konkurenti gajenim biljkama za svetlost te mogu značajno smanjiti prinose useva ako se ne suzbijaju. Okopavanje omogućava uklanjanje korova oko useva ili između redova useva, čime se osigurava da biljke imaju optimalne uslove za rast i razvoj. Usitnjavanje zemljišta je važno za poboljšanje strukture i podsticanje dubljeg ukorenjavanja biljaka. Okopavanjem se razbijaju grudvice zemlje i osigurava bolja cirkulacija vazduha, što podstiče aktivnost korena i mikroorganizama u zemlji. Ovo takođe pomaže u sprečavanju sabijanja zemlje i poboljšava sposobnost zemlje da zadrži vlagu. Okopavanje zemlje treba raditi više puta tokom vegetacione sezone, posebno u početnim fazama rasta useva. Prvo okopavanje obično se obavlja nakon setve ili sadnje kako bi se uklonili korovi i podstaklo početno vezivanje biljaka za zemlju. Naknadna okopavanja se rade prema potrebi kako bi se održala čistoća useva ili zasada i osigurali optimalni uslovi za rast i razvoj. Okopavanje može biti ručno ili pomoću mehaničkih alata poput kultivatora. Ručno okopavanje zahteva više fizičkog napora, ali može biti preciznije u uklanjanju korova oko osetljivih useva. Mehaničko okopavanje obično je brže i efikasnije za velike površine, ali zahteva pravilno podešavanje mašina kako bi se izbeglo oštećenje biljaka. Pri izvođenju okopavanja važno je voditi računa o ekološkim faktorima. Prekomerno okopavanje može dovesti do erozije tla i gubitka plodnosti. Stoga je važno prilagoditi intenzitet okopavanja prema specifičnim potrebama zemljišta i useva. Okopavanje je ključna tehnika u obradi zemlje koja omogućuje suzbijanje korova, poboljšava strukturu zemlje i podstiče zdrav rast biljaka. Pravilno sprovođenje ove

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

tehnike uzimajući u obzir osobine zemlje i useva, dovodi do visokih prihoda u organskoj proizvodnji.

Međuredna kultivacija je tehnika obrade zemljišta koja se koristi u poljoprivredi kako bi se održala čistoća useva, suzbijali korovi i poboljšala ventilacija u zemlji između redova biljaka, kao i kod okopavanja. Međuredna kultivacija omogućuje ravnomeran raspored hranjivih materija u zemljištu između redova biljaka. Ovo je posebno važno kada se primenjuju đubriva ili organska materija kako bi se osiguralo da biljke imaju pristup hranjivim materijama za optimalan rast i razvoj. Međuredna kultivacija može se obavljati ručno ili pomoću mehaničkih alata poput kultivatora ili freza. Ručna kultivacija može biti preciznija ali teža zbog većeg fizičkog napora. Mehanička kultivacija, s druge strane, obično je brža i efikasnija za velike površine, ali zahteva pravilno podešavanje mašina kako bi se izbeglo oštećenje biljaka.

Primena malča u kontroli korova. Malčiranje je agrotehnička mera koja se često može videti kako u organskoj tako i u konvencionalnoj proizvodnji kao na primer u mladim voćnjacima u kojima se izbegava primena herbicida tokom prvih nekoliko godina od zasnivanja voćnjaka. Malčiranje ima niz pozitivnih efekata, jer osim što efikasno kontroliše pojavu korova, poboljšava fizičke i hemijske osobine zemljišta, stabilizuje temperaturu, smanjuje gubitak vlage iz zemljišta i eroziju zemljišta (Lal, 1974; Ji and Unger, 2001; Jordán et al., 2010; Özer, 2012; Mu et al., 2014; Ranjan et al., 2017). Takođe malč utiče na povećanje količine organske materije u zemljištu usled aktivacije mikroorganizama nakon razgradnje zaoranog organskog malča kao što su seno i slama (Miljković, 1996). Osim što stvara fizičku barijeru korovima (Bond and Grundy, 2001) i ne dozvoljava da dovoljna količina svetlosti dopre do površine tla, malč utiče na mikroklimu, pH vrednost zemljišta, imobilizaciju hranjivih materija i odnos C:N u zemljištu.

Različiti materijali mogu naći primenu u malčiranju kao što su rastresite čestice neorganske (šljunak, pesak) ili organske materije (kora drveta, piljevina, slama, seno, žetveni ostaci, novine, karton, lišće, agrotekstil, folije) i drugo (Jug, 2017). Ipak, u organskoj proizvodnji, insistira se na nesintetičkim materijalima. Prirodni organski malčevi tokom procesa razlaganja u zemljištu postepeno oslobađaju hranjive materije što pogoduje gajenim biljkama. Prema istraživanjima Cadavid et al. (1998) i Sønsteby et al. (2004), malčevi od slame i trave imaju tendenciju da povećaju nivo dostupnog kalijuma i fosfora u zemljištu. S obzirom da slama spada u organske malčeve, u organskoj proizvodnji ima prednost u odnosu na druge vrste malčeva zbog svoje biorazgradivosti.



Slika 7.1. i 7.2. Primena slame u kontroli korova i kora četinarsa kao malč (foto: Popov)

Slama je prozirna, suzbija korov i zadržava vlagu pa može da snizi temperaturu zemljišta i do 5 °C što je od posebnog značaja u letnjim mesecima (Mirecki, 2014). Razgradnjom slame oslobađaju se fitotoksini koji utiču negativno na korove (Pupalienè et al., 2015). Za efikasnu kontrolu korova i održavanje vlage zemljišta, potrebno je naneti slamu u dovoljnom sloju (10-15 cm) i njeno prostiranje potrebno je ponavljati više puta (Wallace and Bellinder, 1992; Razzaque and Ali, 2009). U istraživanjima Genger et al. (2018) malčiranje slamom pokazalo je dobre rezultate u kontroli širokolisnih korova u organskoj proizvodnji krompira. Osim kontrole korova, sniženje temperature zemljišta pod slamom pogoduje razvoju krtola krompira čije obrazovanje se inače prekida na temperaturama preko 30 °C.

Biljni ostaci iz prethodnih useva se takođe mogu koristiti za formiranje malča. U uslovima deficita zemljišne vlage, malč od stabljike kukuruza i gajenog sirka dao je odlične rezultate u smanjenju količine i raznolikosti korovskih vrsta u usevu pšenice (Mezgebe et al., 2022).

Kao i slama, i piljevina čuva vlagu i održava nižu temperaturu zemljišta tokom letnjih meseci. Pošto se brzo razgrađuje, piljevina može se iskoristiti

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

i kao đubrivo pa je ovaj malč najbolje koristiti tokom proleća i leta. Ipak, treba imati u vidu da je piljevina kisele prirode, pa je ne treba koristiti na kiselim zemljištima (Šević, 2018). Ova vrsta malča u proizvodnji jabuke dala je dobre rezultate u kontroli korova tokom 1-3 uzastopne godine (Brown and Tworcoski, 2004, Granatstein and Mullinix, 2008).

Kora četinara takođe je dobar izbor u organskoj proizvodnji jer osim što je dugotrajna i omogućava pravilno prozračivanje tla, ona ima kapacitet da apsorbuje višak vode pri obilnim padavinama koju otpušta u periodima deficita vlage. Kora može biti manje ili više usitnjena, a jedini faktor koji utiče na suzbijanje korova je debljina sloja ovog malča koja ne bi trebalo da bude manja od 5 cm (Kolb, 1990; Wawra, 1994). Prema Weibel i Niggli (1990), sveža kora četinara i hrasta postavljena kao malč ispod stabala jabuke dala je dobre rezultate u kontroli korova.

Jutane vreće su vrsta prirodnog tekstila, u tkanom ili netkanom obliku, napravljene od vlakana jute i efikasne su za kontrolu korova. Juta ima nisku toplotnu provodljivost dok umereno čuva vlagu. Agrotekstil predstavlja materijal sačinjen od polietilenskih vlakana i bogat je mikroporama kroz koje prolazi voda, vazduh i svetlost. Agrotekstil onemogućava veća kolebanja noćnih i dnevnih temperatura zemljišta i stvaranje pokorice. Na tržištu se može naći u crnoj i beloj boji, a u praksi se crni agrotekstil pokazao kao efikasniji u kontroli korova (Rotim, 2017; Popov et al., 2023a).

Iako malčiranje može efikasno da kontroliše korove u organskoj proizvodnji, trošak malčiranja opravdan je samo kod proizvodnje useva visoke vrednosti i kod višegodišnjih zasada gde malč može da se zadrži tokom nekoliko vegetacionih sezona (Bond and Grundy, 2001). Pored visokih troškova, nedostaci primene organskog malča su: ograničena efikasnost u kontroli višegodišnjih korova, odloženo zagrevanje zemljišta i što mogu biti potencijalni izvor semena korova i štetočina.

Istraživanja vijabilnosti semena korova izdvojenog iz sloja zemljišta od 0 do 20 cm, na površinama koje su tokom tri uzastopne godine bile pokrivene različitim vrstama malča u zasadu šljive, pokazala su da je najveća vijabilnost semena korova ispod malča od piljevine, dok je najmanja vijabilnost kod semena ispod bele malč folije i agrotekstila (Popov et al., 2023a). Čak i jednogodišnji korovi mogu da obezbede prirodni pokrivač koji ne dozvoljava pojavu višegodišnjih korova. Potvrđeno je da korovska vrsta svračica (*Digitaria sanguinalis*) u vinogradima sprečava rast drugih korovskih vrsta kao i *Portulaca oleracea* u usevu brokolija, bez negativnog uticaja na prinos useva (Bond and Grundy, 2001). Radi maksimalne efikasnosti malčiranja, neophodno je ukloniti korov koji je već nikao pre primene malča. U suprotnom, korov

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

će lako probiti sloj malča, imati iste pogodnosti malčiranja kao i usev, što će samo ubrzati njegov rast i razvoj.

Termička kontrola korova. Toplota se od davnina koristila kao mera kontrole korova, bolesti i štetočina. Spaljivanje strništa posle žetve do skoro je predstavljalo efikasnu meru sterilizacije zemljišta nakon skidanja useva, međutim, iz ekoloških i sigurnosnih razloga, ova metoda je u većini zemalja danas zabranjena (Merfield et al., 2017). Termička kontrola korova zasnovana je na prenosu toplote na biljni materijal sa ciljem da se uništi ćelijska struktura biljnog tkiva i izazove denaturacija proteina i dezintegracija ćelijskih membrana (Sirvydas et al., 2006). Postoje različite tehnike izlaganja semena i samih korovskih biljaka visokim temperaturama – primena otvorenog plamena, vrele vode i vodene pare. Sve ove tehnike našle su široku primenu, kako u organskoj proizvodnji, tako i u kontroli korova u ruderalnim sredinama gde je primena herbicida zabranjena ili nije preporučljiva (Martelloni et al., 2021). Efikasnost termičke kontrole korova zavisi od vrste, faze razvoja, morfologije i gustine populacije korova, prisustva vlage na površini lista, količine energije koja se može preneti na korov u jedinici vremena kao i dužini perioda izloženosti biljke (Ascard, 1994; Ascard 1995; Leon and Ferreira 2008; Peerzada and Chauhan, 2018). Da bi se izazvalo ireverzibilno oštećenje ćelijskih membrana biljnog tkiva, prema Vincent et al. (2001), potrebno je izlaganje tkiva minimalnoj temperaturi od 58 °C. Prednost termičke kontrole korova, u odnosu na primenu herbicida, je u tome što ne postoji selektivnost na određene korovske vrste, ne dovodi do pojave rezistentnosti korova, a ograničen je rizik po zdravlje ljudi i životnu sredinu (Martelloni et al., 2019).

Vrela voda (preko 90 °C) utiče na oštećenje ćelija biljnih tkiva i ova tehnika može se primenjivati u suzbijanju jednogodišnjih korova na početku sezone. Za razliku od plamena, tretman vrelom vodom je bezbedniji za životnu sredinu, a u kombinaciji sa penastim materijama, produžava se trajanje izlaganja. Ubrizgavanje vrele vode u tlo ili folijarna primena, našla je praksu u voćarskoj proizvodnji. Sredstvo za vlaženje povećava kontaktnu površinu između primenjene vrele vode i korova i poboljšava uslove za prenos toplote na biljku (Matthevs, 2000; Hansson and Matsson, 2002). Organski uzgajivači u SAD uspešno koriste tehnologiju primene vrele vode i pene za čišćenje polja od korova pre sadnje kukuruza i soje u Pensilvaniji (Dhakal et al., 2024).

Upotreba vrele pene predstavlja evoluciju termičke metode kontrole korova toplom vodom, modifikovanu dodavanjem biorazgradivih agenasa za penjenje. Pena ima za cilj da izoluje korov od okolnog vazduha čime se povećava prenos toplotne energije na biljku, čime se smanjuje utrošak

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

vode i povećava efikasnost (Cederlund et al., 2016). Prema Glastonbury Council's cost analysis of weed control options (Anonymous, 2023), 12 tretmana vrelom vodom daju isti efekat kao 3 tretmana upotrebom vrele pene, dok su troškovi primene pene po jedinici površine 3,7 puta manji od primene vrele vode i 4,6 puta manji od primene glifosata. Primena pene u količinama od 3,33-8,33 l/m² dovodi do 100% devitalizacije korovskog pokrivača sačinjenog od travne vrste visoki vijuk (*Festuca arundinacea*), dok je isti efekat kod maslačka (*Taraxacum officinale*) i uskolisne bokvice (*Plantago lanceolata*) postignut sa 5,00-8,33 l/m² (Martelloni et al., 2019).

Primena vodene pare za sterilizaciju zemljišta je metoda koja se u poljoprivredi primenjuje više od 40 godina (Abdulridha et al., 2019). Primena vodene pare u kontroli semena korova pokazala se kao praktičnija mera u odnosu na primenu otvorenog plamena jer njena niža temperatura i visok sadržaj vlage rezultiraju manjim gubicima toplote putem isparavanja i/ili transpiracije u poređenju sa otvorenim plamenom. Vodena para može da prodre u tlo i do 20 cm dubine, uništavajući seme korova ali i zemljišne patogene. Izlaganje zemljišta vodenoj pari na 70 °C dovodi do 99% inhibicije klijanja korova (Melander and Kristiansen, 2011). Castillo-Luna et al. (2016) su utvrdili da izlaganje zemljišta vrelom vodenom parom uspešno devitalizuje seme livadarke (*Poa annua*), troskota (*Polygonum hydropiperoides*) i repe (*Brassica campestris*) na dubini 20-40 cm. U stakleničkoj proizvodnji, vodena para često se koristi za sterilizaciju zemljišta od semena korova, patogena i nematoda (Dhokal et al., 2024). Parni čistač mora da bude dovoljno robusan, mehanički jednostavan za upravljanje, da ispunjava višestruke bezbednosne zahteve i da obezbedi paru ≥ 100 °C (u zavisnosti od količine ubrizgane vode) u dovoljnoj količini (Merfield et al., 2017). Kod primene vodene pare, najefikasnije je kombinovanje male brzine kretanja traktora (1,2 km/h) i većeg protoka vodene pare, oko 51 l/h (Abdulridha et al., 2019). Tretman vodenom parom izaziva jake ali brzo reverzibilne uticaje na funkcionisanje zemljišta (organski i mineralni sastav zemljišta kao i uticaj na zemljišne mikroorganizme), omogućavajući poljoprivrednicima korišćenje zemljišta za setvu useva već nedelju dana nakon tretmana (Roux-Michollet et al., 2010).

Korišćenje otvorenog plamena u kontroli korova predstavlja dobru alternativu hemijskom suzbijanju. Prednosti su mnogobrojne: efikasno je u suzbijanju korova kao i nekih štetočina i nematoda, nema rezidua u biljkama i zemljištu, ne stimuliše nicanje korova kao obrada zemljišta i može se izvoditi po vlažnom zemljištu (Rajković, 2018). Ipak ova metoda ima i svoje nedostatke, prvenstveno zato što je energetski neefikasan proces, ne može se primenjivati tokom vetrovitih dana, ima kratkoročni

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

efekat, a sporo kretanje radne mašine vremenski produžava tretman (Ascard, 1995; Ulloa et al., 2011; Merfield et al., 2017). Korišćenje otvorenog plamena ekonomski je najisplativije kada se tretiraju korovi u početnim fazama razvoja. Propanski ili butanski gorionici koriste se za postizanje temperature od 1900 °C, a izloženi korov se ne spaljuje već kratkotrajno izlaže plamenu i visokoj temperaturi, kako bi došlo do denaturacije biljnih proteina. Biljka se suši nakon 2-3 dana. Ako se plamen ne primeni pravilno, može doći do oštećenja samog useva. Tako je Stepanović et al. (2015) ustanovio da je tretman plamenom nakon mesec dana doveo do oštećenja 3,6-5,1% useva kukuruza u organskoj proizvodnji. Da bi se ovo sprečilo, najbolje je tretman izvršiti pre nicanja useva. Prema istraživanjima Elhassan et al. (2014), izlaganje korova otvorenom plamenu 4 nedelje nakon setve bobica (*Vicia faba*) tokom dve sezone, redukovalo je korovsku populaciju za 71%.

Korovske vrste pokazuju različitu osetljivost na izlaganje visokim temperaturama. Dok su neki korovi (*Stellaria media*, *Veronica* sp.) jednako osetljivi u svim stadijumima razvoja, *Rumex crispus* pokazuje osetljivost na visoke temperature samo u početnim fazama razvoja, dok su travni korovi kao npr. *Lolium perenne* visoko otporni u svim fazama razvoja biljke. Korovi sa tanjim lisnim tkivom, nepokrivenim meristemom kao i plegli korovi pokazuju veću osetljivost na izlaganje visokim temperaturama. Uspravne forme korova pokazuju veću otpornost kao i višegodišnji korovi koji uništeno nadzemno tkivo mogu lako da regenerišu iz podzemnih pupoljaka. Generalno, širokolisni korovi pokazuju veću osetljivost od travnih (Sivesind et al., 2009; Shrestha et al., 2012).

Kod dikotiledonih biljaka u fazi kotiledona, postoji samo jedan meristem u pazuhu listova kotiledona, koji je u značajnoj meri izložen zbog male površine kotiledona. Kako biljka raste, povećava se i broj meristema kao i površina listova, pa meristem dobija veću zaštitu od spoljnih negativnih uticaja. Kod monokotiledonih biljaka, meristem je skriven u lisnim rukavcima pri dnu lisne stabljike i time dobro zaštićen od toplote.

Prema istraživanjima Merfield et al. (2017), obični štir (*Amaranthus retroflexus*), pepeljuga (*Chenopodium album*) i pomoćnica (*Solanum sarrachoides*) predstavljaju biljke osetljive na izloženost visokim temperaturama samo u fazi kotiledona i dva prva prava lista. U fazi 4-8 listova pomenuti korovi brzo postaju otporniji jer stabljika zadebljava i stvara se značajna lisna masa. Tretirane toplotom u ovoj fazi rasta, lisne ploče i apikalni meristem su bili uništeni ali osnova stabla kao i meristem u pazuhu listova nisu, te su se ovi korovi bez poteškoća brzo regenerisali. S druge strane, korovske vrste: dimnjača (*Fumaria officinalis*), gorušica (*Sinapis arvensis*), pastirska torbica (*Capsela bursa-pastoris*) i divlja mrkva (*Daucus carota*) preživele su termičku obradu jer su mlade biljke

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

formirale rozetu tako da su meristemi bili zaštićeni lisnim osnovama. Sukulentne vrste kao što je tušt (*Portulaca oleracea*) ispoljava veću tolerantnost prema ekstremno visokim temperaturama zbog voštanog sloja na listovima i većeg sadržaja vode u biljnim tkivima (Balsari et al., 1994). Brojnost populacije korova ne utiče na efekat primene plamena ali kod velike zakorovljenosti, biljke zaklanjaju jedna drugu pa plamen ne dopire efikasno do svih korova (Ascard, 1994). Travnjaci korovi kao što je sirak (*Sorghum halepense*) iz rizoma, korovsko proso (*Echinochloa crus-galli*), obični ljuj (*Lolium perenne*), teže je suzbiti plamenom pa je potrebno izlaganje većim dozama propana (Ulloa et al., 2010; Rask et al., 2012; Knežević i sar., 2014). Velike varijacije u toplotnoj osetljivosti među biljnim vrstama omogućavaju selektivnost kao što je suzbijanje dikotiledonih korova u monokotiledonim kulturama kao što je luk (Merfield et al., 2017).

Iako daju slične rezultate u kontroli korova smanjujući im biomasu na tretiranim površinama, metode primene plamena i vodene pare efikasne su samo za kratak vremenski period (od 3 do 4 nedelje) i neophodno je njihovo ponavljanje u mesečnim intervalima (Shrestha et al., 2012).

Primena električne energije visokog napona (>15,000 V od generatora 110,000W) je još jedan vid kontrole korova. Prema istraživanjima Dhakal et al. (2024), primena električne energije dala je dobre rezultate u kontroli pelenaste ambrozije (*Ambrosia artemisiifolia*) i muhara (*Setaria faberi*), ali je uticala negativno na prinos i kvalitet zrna soje. Jačina napona i trajanje strujnog udara, vrsta korova, faza razvoja i gustina korovske populacije kao i vlažnost zemljišta, utiču na efikasnost ove metode pa tako suša može delovati negativno na njenu efikasnost.

Biohemijske mere kontrole korova u organskoj proizvodnji

Primena alelopatije u kontroli korova. Alelopatija predstavlja biološki fenomen u kojem hemijske supstance koje izlučuju biljke utiču na rast, razvoj i ponašanje drugih biljaka. Ovaj fenomen može imati širok spektar uticaja, od inhibicije do stimulacije klijanja semena i rasta konkurentnih biljaka. Mehanizmi alelopatije uključuju oslobađanje različitih hemijskih jedinjenja iz korena, lišća i drugih delova biljaka, kao i njihovu interakciju sa zemljištem i mikroorganizmima. Ova jedinjenja mogu delovati na različite fiziološke procese u ciljnim biljkama, uključujući inhibiciju klijanja semena, inhibiciju rasta korena i nadzemnih delova, kao i poremećaj fizioloških procesa poput fotosinteze i respiracije.

Više biljke proizvode preko 100.000 različitih niskomolekularnih proizvoda ili sekundarnih metabolita sa alelopatskim svojstvima (Walker et al., 2003; Popov, 2016). Pretpostavka je da je produkcija širokog

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

spektra sekundarnih metabolita odgovor biljaka na selekcionu pritisak, a u cilju poboljšanja odbrambenih mehanizama od patogenih mikroorganizama, štetnih insekata i drugih biljaka (Zeng et al., 2008). Alelohemikalije su u većini slučajeva sekundarni metaboliti osnovnih hemijskih procesa biljaka (Popov, 2016). Alelohemikalije se mogu koristiti kao sredstva za kontrolu pojave korova u višim koncentracijama i kao stimulatori klijanja u nižim koncentracijama primene (Ebrahimi et al., 2016; Dhyani et al., 2017). Izučavanje i analiza alelopatskih svojstava biljaka pokazuju da glavnu alelopatsku aktivnost imaju fenoli. Fenolna jedinjenja ili fenolne komponente podrazumevaju različite tipove jedinjenja koja obuhvataju strukture kao što su jednostavni aromatični fenoli, hidrosidi i substituisane benzojeve kiseline i aldehidi, hidrosidi i substituisana cimetna kiselina, kumarini, tanini i neki flavonoidi (Zeng et al., 2008). Najvažnije hemijske komponente fenola su tiazolidindioni, hlorogena kiselina, ferulinska kiselina (Qin et al., 2006). Važan podskup fenola – fenolne kiseline, predstavljaju malu ali široko rasprostranjenu grupu vodorastvorljivih, aromatičnih fenola koji sadrže karboksilnu grupu (kao što je npr. salicilna kiselina). Fenoli kao alelohemikalije zauzimaju značajno mesto u naučnoj literaturi (Einhellig, 2004; Popov, 2016). Takođe, oni su sastavni deo zemljišta u koje dospevaju korenskim izlučevinama biljaka kao i mikrobiološkim aktivnostima pri razgradnji biljnih ostataka, za koje se smatra da imaju glavni uticaj na nivo slobodnih fenola u zemljištu (Blum, 2004). Iako postoji niz radova na temu dokazivanja alelopatskog dejstva fenola (Inderjit, 1996), u većini slučajeva ova jedinjenja se pojavljuju kao mešavina sa drugim jedinjenjima i najverovatnije alelopatiju u prirodnim uslovima ne izaziva samo jedno jedinjenje (Einhellig, 2004). Različita jedinjenja imaju promenljivu toksičnost i utiču na ćelijske funkcije na više različitih načina, čime pokazuju tipično herbicidno dejstvo, ali su njihove pojedinačne koncentracije u zemljištu obično niže i nedovoljne za značajniju alelopatsku aktivnost u odnosu na laboratorijske uslove. Pretpostavka je da intenzitet alelopatske aktivnosti fenolnih jedinjenja u prirodnim uslovima zavisi isključivo od njihove kombinacije i odnosa količina, mada eventualni sinergizam među jedinjenjima nije još uvek dokazan (Popov, 2016). Nerastvorljivi fenoli se nalaze u ćelijskim zidovima, dok se rastvorljivi fenoli nalaze unutar vakuola (Perez-Ilzarbe et al., 1991; Bengoechea et al., 1997; Stalikas, 2007). Razne fenolne kiseline su utvrđene u različitim stadijumima sazrevanja ćelija (Ellnain-Wojtaszek et al., 2001), dok uslovi za rast ćelija najviše utiču na količinu fenolne kiseline u ćeliji (Zheng and Wang, 2001). Uloga fenolnih jedinjenja je veoma bitna jer su oni uključeni u razne procese u biljci poput, unošenje hranljivih materija, sinteze proteina, enzimske aktivnosti, fotosinteze i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

same procese vezane za alelopatiju (Einhellig, 1986; Wu et al., 1999; Wu et al., 2000; Stalikas, 2007).

Fenolna jedinjenja su predmet velikog broja hemijskih, bioloških, poljoprivrednih i medicinskih istraživanja. Najnovija istraživanja ukazuju na to da fenolna jedinjenja mogu imati i zaštitnu ulogu kod pojave nekih bolesti uzrokovanih oksidativnim stresom (Li et al., 2010). Međutim u daljim istraživanjima, se zaključuje da su fenolna jedinjenja vrlo aktivno uključena u proces alelopatije. Oni se nalaze u biljkama i jedan su od faktora propadanja i procesa razlaganja uginulih biljaka u zemljištu. Fenolna jedinjenja se u zemljištu najčešće javljaju u slobodnom obliku i akumuliraju se u rizosferi zemljišta. Mnoga hemijska, biohemijska i ekotoksikološka istraživanja ukazuju na to da se fenoli javljaju u zemljištu iz biljnog otpada (Capasso, 1997). Nekoliko istraživanja govori o biocidnoj aktivnosti fenola (Reichling et al., 2009; Upadhyay et al., 2010; Sousa et al., 2012), međutim, fenolna jedinjenja se koriste i za proizvodnju pesticida, eksploziva, lekova. Takođe mogu da se koriste i za izbeljivanje papira. Osim ovih osobina, fenolna jedinjenja mogu da se koriste kao alelohemikalije za primenu u poljoprivredi i šumarstvu, kao herbicidi, fungicidi i insekticidi (Santana et al., 2009). Dok je ručno suzbijanje korova ekološki najprihvatljivije ali veoma skupo i zahteva puno radne snage (Hussain, 2001), primena alelohemikalija mogla bi da ima značajno mesto u organskoj proizvodnji, naročito u pogledu očuvanja životne sredine, zbog njihovog prirodnog porekla i mogućnosti biorazgradnje (Narwal et al., 1998). Iz ovih razloga alternativne metode suzbijanja korova se moraju razvijati u budućnosti. Neophodna su opsežna ekotoksikološka istraživanja koja bi utvrdila eventualne neželjene posledice šire primene alelopatskih biljaka (Kruse et al., 2000).

Biljke oslobađaju alelohemikalije u spoljašnu sredinu, najčešće korenovim eksudatima i time nakupljene alelohemikalije utiču najčešće toksično na rast useva i na kraju na prinos (Ahmed and Wardle, 1994; Mengal et al., 2015).

Studije su pokazale da neke biljne vrste iz organske proizvodnje, poput heljde, ječma i crnog oraha, mogu oslobađati supstance koje inhibiraju rast korova, što može doprineti smanjenju konkurencije i poboljšanju prinosa useva.

Takođe, istraživanja su usmerena na identifikaciju biljnih vrsta sa visokim alelopatskim potencijalom koje bi se mogle koristiti kao zelena đubriva ili pokrivači tla u organskoj proizvodnji. Žitarice poput pirinča, pšenice,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ječma i sirka privukle su mnoga naučna istraživanja. Dosadašnja istraživanja su najviše usmerena na selekciju germplazme i klasifikaciju pronađenih alelohemikalija. Biljke koje pokazuju izražena alelopatska svojstva i koje poseduju dobar potencijal smanjenja unošenja biorazgradivih sintetičkih hemikalija predstavljaju dobru osnovu za praktičnu primenu alelopatije u poljoprivredi (Cheng and Cheng, 2015; Ain et al., 2023). Klasifikacija genetskog materijala, koja se bavi biosintezom nekih poznatih alelohemikalija, vrši se funkcionalnom genetikom, što daje bolje rezultate za razumevanje alelopatije na molekularnom nivou (Belz et al. 2007; Aci et al., 2022). Buduća istraživanja moraju biti usmerena ka otkrivanju tehnika za savladavanje mirovanja semena, pojačavanje propadanja semena korova ili ograničavanje klijanja semena korova, kao i otkrivanje glavnih mehanizama koji leže u osnovi oslobađanja alelohemikalija, diferencijacije i selektivnosti i načina rada. Formiranje genetski modifikovanih sorti sa sposobnošću suzbijanja korova i pojačane alelopatske osobine su i dalje veliki izazov za nauku. Uprkos obimnom znanju o alelopatiji u naučnoj literaturi, njen značaj za poljoprivredu tek treba u potpunosti da se izuči i nađe svoju primenu u savremenoj poljoprivredi (Ain et al., 2023). Iako alelopatija ima potencijalne prednosti u organskoj poljoprivredi, postoje i izazovi koje treba prevazići, uključujući kompleksnost alelopatskih interakcija u ekosistemima, varijabilnost u izraženosti alelopatskog delovanja i potencijalne negativne posledice po životnu sredinu. Buduće istraživanje treba da se fokusira na bolje razumevanje mehanizama alelopatije, identifikaciju biljnih vrsta sa visokim alelopatskim potencijalom i razvoj praktičnih metoda za primenu alelopatije u organskoj poljoprivredi. Alelopatija predstavlja važan fenomen koji može imati značajan uticaj na organsku poljoprivredu, posebno u kontekstu upravljanja korovima i poboljšanja prinosa useva. U prirodi semena useva i korova se nalaze u neposrednoj blizini pa tako mogu postojati i alelopatski odnosi između ovih semena kao i uspostavljanje međusobnih odnosa, gde usevi mogu da ispuštaju alelohemikalije u okolnu sredinu koji deluju na korove (Samardžić, 2017). Međusobni odnos i alelopatski uticaj 280 sorti soje na klijanje i rast korena: teofrastove lipice (*Abutilon theophrasti*) i zelenog muhara (*Setaria viridis*) proučavali su Rose et al. (1984). U istraživanjima je utvrđeno da vodeni ekstrakt korena soje ima jak inhibitorni uticaj na klijavost i svežu masu teofrastove lipice. Vodeni ekstrakt korena soje smanjio je suhu masu četiri nedelje stare teofrastove lipice u proseku za 15%, dok na zeleni muhar nije imao uticaj. Inkorporacija stabla i listova soje u zemljište stimulatивно je delovala na procenat klijavosti teofrastove lipice, a značajnije je umanjila klijavost i svežu masu zelenog muhara, u

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

proseku za 65-82%. Nikneshan et al. (2011) su ispitali uticaj različitih koncentracija ekstrakta istih sorti suncokreta na korovske vrste: štir (*Amaranthus retroflexus*), tušt (*Portulaca oleracea*), ljulj (*Lolium rigidum*) i divlji ječam (*Hordeum spontaneum*). Štir je bio najosetljiviji na alelopatski uticaj suncokreta, dok se tušt pokazao najmanje osetljivim. Takođe, upotrebom ekstrakata suncokreta utvrđeno je da postoji negativno alelopatsko delovanje na divlji ječam i ljulj. Konstantinović et al. (2017a; 2017b) uočili su alelopatski uticaj konoplje (*Cannabis sativa*) na klijanje i početni razvoj *Ambrosia artemisiifolia* L. i *Chenopodium album* L. (Konstantinović et al., 2017c). Konstantinović et al. (2019) su utvrdili oksidativni stres u listovima *Sorghum halepense* L. nakon tretmana ekstraktom konoplje. Nasuprot velikom broju biopesticida na tržištu, nedovoljan je broj preparata na bazi alelohemikalija sa herbicidnim dejstvom. Uticaj alelohemikalija na korovske biljne vrste bi stoga trebalo da bude još više istražen. Podaci iz literature jasno potvrđuju alelopatsko dejstvo konoplje. Konoplja sadrži više od 400 hemijskih jedinjenja (Turner et al., 1980). Žlezde listova konoplje oslobađaju desetine isparljivih jedinjenja u životnu sredinu kao što su terpeni, ketoni i estri, koji biljnoj vrsti daju karakterističan miris. Iako je iz konoplje izolovana nekolicina hemijskih jedinjenja sa dokazanim pesticidnim svojstvima, ova jedinjenja mogu biti aktivna komponenta kojom konoplja neposredno utiče na različite organizme (McPartland, 1997). Konstantinović et al. (2021) su utvrdili da su tretirane biljke korovskog prosa (*Echinochloe crus-galli*) pretrpele stres nakon tretmana ekstraktom konoplje. Dodatna istraživanja o alelopatskim svojstvima konoplje, koja je postala odomaćena korovska vrsta (Koren et al., 2020) pružiće detaljan uvid u mehanizam uticaja konoplje na okolnu vegetaciju.

Kod istraživanja moguće primene alelopatije u kontroli korova, treba imati u vidu da su u prirodi najčešće upravo korovi izvor alelohemikalija. Postoje mnoga istraživanja međusobnog negativnog uticaja jednih korova na druge. Tako na primer, ekstrakti korena i izdanaka tri korovske vrste *Dicanthium annulatum*, *Cenchrus pennisetiformis* i *Sorghum halepense*, smanjuju procenat klijavosti i inicijalni rast korovske vrste *Parthenium hysterophorus* (Javaid and Anjum, 2006; Samardžić, 2017). Takođe, ekstrakti izdanaka, rizoma i cveta sirka značajno smanjuju klijavost semena i rast klijanaca *Avena fatua*, *Lolium temulentum*, *Lathyrus sativa* i *Cephalaria syriaca*. Ekstrakt rizoma sirka uticao je inhibitoryno (100%) na rast klijanaca, dok je ekstrakt cveta najviše inhibirao klijavost semena pomenutih korovskih vrsta (Thahir and Ghafoor, 2011; Samardžić, 2017). Rasmussen i Einhellig (1975) su utvrdili da vodeni ekstrakti listova *A. syriaca* inhibiraju klijance gajenog sirka (*Sorghum bicolor* L.). Utvrđeno je da vodeni ekstrakt iz svežeg korena inhibira

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

klijanje običnog štira (*Amaranthus retroflexus*), pepeljuge (*Chenopodium album*) i salate (*Lepidium sativum*) (Narwal et al., 2000). Do sada je zabeležen negativan uticaj ekstrakata nadzemnog dela biljke svilenica (*Asclepias syriaca*) na klijanje semena Mida pšenice, kukuruza i soje, kao i porast klijanaca gajenog sirka (Beres and Kazinczi, 2000). Kao i inhibitorni uticaj ekstrakata korena *A. syriaca* na klijanje semena *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* i *Lepidium sativum* (Narwal et al., 2000), a takođe ispoljava i antibakterijsko i antifungalno delovanje na različite biljne patogene (Popov et al. 2023b).

Razblaženi ekstrakti maslačka (*Taraxacum officinale*) i palamide (*Cirsium vulgare*) značajno su inhibirali klijanje i rast kukuruza i pasulja, dok je ekstrakt bršljana (*Hedera helix*) proizveo isti efekat, ali pri većim koncentracijama. Ekstrakt pepeljuge deluje kao stimulator za klijanje i nicanje šećerne repe i snažan inhibitor za klijanje pšenice. Prema istraživanjima Marian i sar. (2016), ekstrakti oraha (*Juglans regia*) i čubra (*Satureja hortensis*), mogu se koristiti kao prirodni herbicidi za odlaganje klijanja i inhibiciju rasta korovskog prosa (*Echinochloa crus-galli*) i zelenog muhara (*Setaria glauca*).

Primena etarskih ulja u kontroli korova. Etarska ulja su prirodni biljni proizvodi u vidu složenih mešavina isparljivih jedinjenja dobijenih destilacijom različitih delova aromatičnih biljaka. Ona predstavljaju značajan izvor alternativnih i ekološki prihvatljivih jedinjenja koja mogu naći primenu u kontroli korova u organskoj proizvodnji. Etarska ulja predstavljaju izvore novih agenasa i novih mehanizama fitotoksičnog delovanja (Hamdi et al., 2017). Terpeni, estri, aldehidi, ketoni, alkoholi, fenoli i oksidi koji su najčešće glavne komponente etarskih ulja, upravo su i nosioci biohemijske aktivnosti i primarni izvor potencijalnih alelohemikalija (Uremis et al., 2009). Svako etarsko ulje je kombinacija nekoliko desetina do nekoliko stotina različitih jedinjenja, a svako jedinjenje može imati jednu ili više bioloških aktivnosti (Maes et al., 2021). Hemijski sastav etarskih ulja može da varira u okviru iste biljne vrste, u zavisnosti od starosti biljke ili biljnih delova iz kojih se etarsko ulje dobija. Takođe i različiti uslovi sredine kao što su klima, sastav zemljišta i vreme žetve, utiču na hemijski sastav i biološku aktivnost etarskih ulja.

Do sada je potvrđen herbicidni potencijal velikog broja jedinjenja kao što su: b-pinen, farnezen, borneol, eugenol, 1,8-cineol, jugon, kamfor, mentol, menton, citral, karvakrol, trans-kariofilen, timol i drugi. Sva etarska ulja koja sadrže ova jedinjenja imaju određenu herbicidnu aktivnost u zavisnosti od njihove koncentracije. Različiti mehanizmi delovanja pomenutih jedinjenja izazivaju različite fitotoksične reakcije pa tako

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

mentol, menton, karvakrol inhibiraju klijanje semena dok kamfor, borneol i timol utiču na smanjenje radikula (Maes et al., 2021). Do sada je publikovano na desetine radova na temu ispitivanja moguće primene etarskih ulja kao bioherbicida.

U laboratorijskim uslovima dokazano je da etarska ulja mirođije (*Anethum graveolens*) i satireje (*Satureja officinalis* i *S. montana*) u vidu rastvora ili isparenja, imaju inhibitorni uticaj na klijanje semena pelenaste ambrozije (Đorđević i sar., 2013). Prema Amri i sar. (2012), etarsko ulje mastike (*Pistacia lentiscus*) inhibira klijanje semena gorušice (*Sinapis arvensis*), engleske deteline (*Trifolium campestre*), kanarske trave (*Phalaris canariensis*) i tvrdi ljuj (*Lolium rigidum*). Takođe, prema navodima Uremis i sar. (2009), etarska ulja bosiljka (*Ocimum basilicum*), žalfije (*Salvia officinalis*), lavande (*Lavandula angustifolia*), matičnjaka (*Melissa officinalis*) i timijana (*Thymus vulgaris*) mogu se primeniti kao alternativa herbicidima u organskoj proizvodnji za inhibiciju klijanja semena obične boce (*Xanthium strumarium*), divljeg ovsa (*Avena sterilis*) i *Phalaris brachystachys*.

Fitotoksično delovanje etarskog ulja kleke (*Juniperus sabina*) dobijenog iz muških i ženskih biljaka dokazano je na tri korovske vrste: *Melilotus officinalis*, *Trigonella bessoniana* i *Myosotis arvensis* (Semerdjieva et al., 2022). Etarsko ulje *Juniperus communis* var. *saxatilis* pokazalo je fitotoksično delovanje na korove: *Lolium multiflorum* i *Sinapis alba* (Vitalini et al., 2022). Kordali i sar. (2008) utvrdili su fitotoksično dejstvo etarskog ulja origana na kljavost i inicijalni rast korova: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* i *Rumex crispus*. Ibáñez i Blázquez (2017) su potvrdili herbicidno dejstvo etarskog ulja origana na korovske vrste *Portulaca oleracea*, *Lolium multiflorum* i *Echinochloa crus-galli* gde je i najmanja koncentracija primene od 0,125 µL/mL potpuno inhibirala kljavost test biljaka, a do sličnih rezultata su došli Hanana i sar. (2017) ali na korovskim vrstama *Sinapis arvensis* i *Lolium rigidum*.

Fitotoksično dejstvo etarskog ulja mente na korovske vrste takođe je dobro poznato, a pretpostavka je da je uzrok ovoga visok procenat mentola. Argiropoulos i sar (2008) su utvrdili herbicidno delovanje etarskog ulja *Mentha spicata* na korovske vrste: *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Portulaca oleracea* i *Setaria verticillata*. Onaran et al. (2014) su ustanovili da etarsko ulje *Mentha dumetorum* značajno inhibira klijanje korovske vrste *Abutilon theophrasti*. Etarsko ulje mente uspešno inhibira i klijanje semena *Lupinus* spp. (Campiglia et al., 2007), *Lolium multiflorum*, *Portulaca oleracea* i *Echinochloa crus-galli* (Ibáñez and Blázquez, 2018) kao i *Erigeron bonariensis* L. (Verdeguer et al., 2020). Ipak, treba imati u vidu da menta ima fitotoksični efekat i na klijanje gajenih biljaka kao što su paradajz, rotkva, pamuk (Argiropoulos

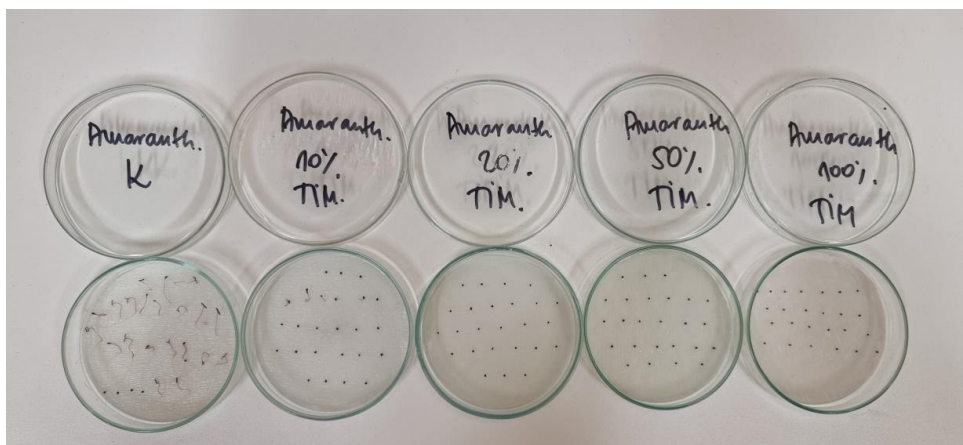
et al., 2008; Rolli et al., 2014; Mahdavia and Saharkhiz, 2015). Etarsko ulje mente bogato je mentolom i mentonom kao i 2-fenetil propionatom, nosiocima biološke aktivnosti pa je upravo 2-fenetil propionat iz mente formulisan kao herbicid, koji se smatra bezbednim za životnu sredinu i zdravlje ljudi s obzirom da se koristi i kao aroma u prehrambenoj industriji (Dayan et al., 2009). Tworkoski (2002) je utvrdio da etarska ulja čubra, timijana, cimeta i karanfilića u koncentracijama 5-10%, deluju efikasno u kontroli korova kao što su: *Sorghum halepense*, *Ambrosia artemisiifolia* i *Chenopodium album*. Borovo ulje, sastavljeno od terpenskih alkohola i saponifikovanih masnih kiselina, na tržištu se prodaje kao 10% vodena emulzija za suzbijanje korova (Young, 2004). Etarsko ulje dobijeno iz listova karanfilića (*Eugenia caryophyllus*) sadrži eugenol i još neke terpenoide koji su nosioci herbicidne aktivnosti. Ovo ulje se na tržištu može naći kao 50% rastvor ili kao miks sa sirćetnom kiselinom. Ulje je registrovano za suzbijanje otrovnog bršljena (*Toxicodendron radicans*) kao i za suzbijanje tek niklih korova u koncentraciji 1-5%, ali je ekonomski slabo isplativo zbog visoke cene preparata (Dhakal et al., 2024). Etarsko ulje limunske trave (*Cymbopogon citratus*) čija je glavna komponenta citral (80%), danas se može naći na tržištu, formulisano kao preparat za neselektivnu post-em primenu u kontroli korova u koncentraciji od 50%. Ulje limunske trave deluje kao kontaktni herbicid, a pošto se aktivni sastojak (citral) ne translocira, preparat deluje samo kontaktno (Dhakal et al., 2024). Manuka ulje dobijeno iz drveta *Leptospermum scoparium*, koje već ima primenu u kozmetičkoj industriji zbog svog dokazanog antifungalnog i antibakterijskog dejstva, našlo je primenu i u post-em kontroli korova, s obzirom da su istraživanja pokazala da ovo ulje primenjeno u koncentraciji 1% zajedno sa 10% herbicidom na bazi limunske trave, uništava preko 94% korovske vrste *Digitaria sanguinalis* (Dhakal et al., 2024). Ulje citronele (*Cymbopogon* spp.) sadrži citronelal (42%), geraniol (21%) i druge terpene i prvenstveno ima ulogu repelenta protiv komaraca, ali su istraživanja pokazala da efikasno suzbija i korove u rasadnicima (Dhakal et al., 2024). Prema istraživanjima Bellache i sar. (2022), etarsko ulje biljke *Santolina chamaecyparissus* u koncentraciji primene od 2 $\mu\text{L}/\text{mL}$ značajno je redukovalo porast klijanaca korovske vrste *Araujia sericifera*.

Prednosti upotrebe etarskih uja u odnosu na sintetičke herbicide ogleda se u njihovoj visokoj isparljivosti, smanjenju ostataka u zemljištu, hrani i vodi i smanjenju mogućnosti da korovi razviju rezistenznost jer etarska ulja često ispoljavaju nekoliko različitih mehanizama delovanja na tretiranu biljku. Inkapsulacijom etarskog ulja smanjuje se mogućnost negativnog uticaja na životnu sredinu i povećava efikasnost bioherbicida.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Ipak, pomenuta koncentrovana i lako isparljiva hemijska jedinjenja sa herbicidnim delovanjem, dokazano mogu negativno da deluju na ljudsko zdravlje pa tako eugenol i 1,8-cineol izazivaju citotoksičnost, menton, timol i karvakrol mutagenost ljudskih ćelija, a kamfor i citral reproduktivnu toksičnost (Maes et al., 2021). Za mnoga hemijska jedinjenja kojima su bogata etarska ulja, dokazano je da izazivaju alergijske reakcije (estragol, fenil acetaldehid, benzil alkohol, vanilin, kumarin i drugi). Dakle, prirodno poreklo biološki aktivnih molekula ne isključuje rizik po zdravlje ljudi i zagađenje životne sredine ali su oni svedeni na minimum u odnosu na sintetičke herbicide i imaju perspektivu u integralnoj zaštiti bilja kao i organskoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Primena hidrolata u kontroli korova. Hidrolati predstavljaju nusproizvode ili koprodukte u procesu dobijanja etarskih ulja tokom vodene destilacije biljnog materijala. Bogati su komponentama rastvorljivim u vodi i imaju sličan hemijski sastav kao etarska ulja iz kojih se dobijaju, samo sa značajno manjom koncentracijom bioaktivnih komponenti. Hidrolati različitih biljaka pokazali su mnoge biološke aktivnosti: antibakterijsko (Sagdic, 2003; Tornuk et al., 2011), antifungalno (Boyras and Özcan, 2006) i antioksidativno dejstvo (Aazza et al., 2012). Ipak, najmanje pažnje naučna zajednica poklanja ispitivanju fitotoksičnog delovanja hidrolata na gajene i korovske biljke. U ispitivanjima uticaja hidrolata macine trave (*Nepeta cataria*), *in vitro* na klijanje i inicijalni rast *Amarantus retroflexus* i *Chenopodium album*, utvrđena je značajna redukcija klijanja ovih korovskih vrsta (Konstantinović et al., 2022b).



Slika 7.3. Uticaj hidrolata timijana na klijavost semena običnog štira (foto: Popov)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Takođe, u laboratorijskim uslovima utvrđeno je inhibitorno delovanje hidrolata timijana (*Thymus vulgaris*) na korovske vrste: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Echinochloa crus-galli*, *Sorghum halepense* i *Solanum nigrum* (Konstantinović et al., 2022a) kao i inhibitorno delovanje hidrolata mente i timijana na klijanje i porast klijanaca *Ambrosia artemisiifolia* (Konstantinović et al., 2022c) dok isti hidrolat mente ne utiče inhibitorno na klijanje semena lucerke (Aćimović et al., 2024). Hidrolati lekovite anđelike (*Angelica archangelica*) i hmelja (*Humulus lupulus*) pokazali su inhibitorno delovanje na klijavost običnog štira (Lazarević et al., 2023).

Primena kukuruznog glutenskog brašna u kontroli korova. Kukuruzno glutensko brašno, tj. proteinska frakcija zrna kukuruza je nusproizvod u procesu vlažnog mlevenja kukuruza (Christians et al., 1994). Ono ima komercijalnu primenu u hortikulturi, kao đubrivo i kao prirodni herbicid za tretmane travnjaka pre nicanja korova. Komercijalni proizvodi sadrže 50-100% kukuruznog glutena. Kukuruzni gluten nema uticaj na već iznikle korove ali ima širok spektar delovanja na klijanje semena i razvoj klijanaca korova. Mikrobiološka razgradnja, tačnije hidroliza kukuruznog glutena u zemljištu dovodi do oslobađanja fitotoksičnih dipeptida i pentapeptida. Oni negativno utiču na formiranje ćelijskog zida i razvoj ćelijskog jedra. Kukuruzno glutensko brašno se može smatrati herbicidom sa sporim dejstvom s obzirom da je proces hidrolize neophodan za otpuštanje fitotoksičnih komponenti (Dayan et al., 2009).

Primena masnih kiselina u kontroli korova. Sirćetna kiselina se u kontroli korova koristi vekovima. Ona je našla primenu kao post-em neselektivni herbicid koji se uobičajeno primenjuje u koncentracijama od 10-20% za suzbijanje ponika širokolisnih korova (Dhokal et al., 2024) ili u kombinaciji sa drugim prirodnim proizvodima za neselektivno suzbijanje korova (npr. sa etarskim uljem karanfilića, limuna). Sirćetna kiselina uništava nadzemne delove biljaka pa nije efikasna za višegodišnje korove. Takođe, ekonomski je slabo isplativa i ograničena za primenu samo na ruderalnim staništima mada je dokazano da nema dugotrajan negativan uticaj na zemljišne mikroorganizme. Sirćetna kiselina pokazala se kao dobra zamena totalnim herbicidima za kontrolu akvatičnih korova kao što su *Hydrilla verticillata*, *Stuckenia pectinatus* i *Spartina alterniflora* (Dayan et al., 2009).

Herbicidna aktivnost masnih kiselina je dobro poznata i soli nekih masnih kiselina nalaze se na tržištu u vidu herbicidnih sapuna sačinjenih od masnih kiselina, sirćetne kiseline i emulgatora. Herbicidni sapuni deluju neselektivno i brzo ali im je dejstvo kratkog roka pa se većina korova

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

regeneriše nakon tretmana. Pelargonska kiselina je najefikasniji kontaktni herbicid širokog spektra delovanja iz grupe herbicidnih masnih kiselina, niske toksičnosti na životnu sredinu i bez rezidualne aktivnosti. Ometanjem funkcija ćelijske membrane ova masna kiselina dovodi do brzog gubitka ćelijske funkcije (Dayan et al., 2009).

Biološke mere kontrole korova u organskoj proizvodnji

Makrobiološki bioherbicidi podrazumevaju upotrebu fitopatofagnih insekata i grinja u cilju suzbijanja nepoželjnih biljnih vrsta na poljoprivrednim ali i ruderalnim površinama. Da bi se neki fitofagni insekti i grinje uzeli u razmatranje za upotrebu kao biološki herbicidi, moraju pre svega ispuniti zahtev selektivnosti prema korovskim vrstama u odnosu na gajene. Najveći potencijal za ovu upotrebu imaju ukoliko su monofagnog tipa ishrane, bez rizika da se u slučaju prenamnožavanja preusmere na ishranu biljnim vrstama od interesa, odnosno gajenim biljkama.

Upotreba insekata kao makrobioloških bioherbicida. Korišćenje insekata kao bioherbicida sastavni je deo mera borbe protiv neželjenih biljnih vrsta na poljoprivrednim površinama u organskoj proizvodnji, a pružaju i dobru zamenu za upotrebu konvencionalnih sintetičkih herbicida i na svim drugim poljoprivrednim i ruderalnim površinama (Petit et al., 2018). Herbivorni insekti se hrane različitim biljnim vrstama, ali isto tako i različitim biljnim organima unutar istih vrsta. Insekti su u poljoprivredi najpoznatiji kao štetočine gajenih vrsta, dok je malo poznato da postoji i veliki broj insekata koji se specifično hrane određenim korovskim vrstama (Afaq and Omkar, 2023). Upotreba insekata kao makrobioloških bioherbicida ima svojih prednosti, ali pojedine insekatske vrste imaju i svojih nedostataka. Naime, insekti prilikom ishrane korovskim vrstama pomažu gajenim biljkama u kompeticiji sa korovima za prostor, hranu i vodu. Takođe, smanjuju mogućnost od alelopatskih uticaja korova na gajene biljke, a održavaju i dobre mikroklimatske uslove u usevima, te na taj način smanjuju šanse od pojave biljnih bolesti. Nedostaci su ti što nisu svi insekti usko specijalizovani za ishranu na jednoj ili više korovskih vrsta unutar istog roda, već postoje i insekti koji se prevashodno hrane na korovskim vrstama, ali se u nedostatku ovih vrsta mogu hraniti i na nekim gajenim biljnim vrstama (Afaq and Omkar, 2023).

Jedan od najvećih problema u svim poljoprivrednim regionima jesu invazivne korovske vrste koje su introdukovane iz drugih regiona ili čak sa drugih kontinenata. Ove biljne vrste se vrlo brzo prilagođavaju novim uslovima sredine i u nedostatku prirodnih neprijatelja na novom području dolazi do veoma brzog širenja i invazije na poljoprivredne ali i ruderalne

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

površine. Na ovim površinama invazivni korovi u direktnoj kompeticiji potiskuju autohtone biljne vrste, narušavajući postojeći ekosistem (DiTomaso, 2000). Ukoliko dođe do pojave ovih vrsta na novim područjima, sa razvijanjem metoda njihovog suzbijanja treba početi od njihovih prirodnih staništa, jer se često tamo može pronaći njihov prirodni neprijatelj koji je tu biljnu vrstu držao pod kontrolom prirodnom selekcijom. Kada se pronađe insekt koji je bio regulator populacije te invazivne korovske vrste u njenom osnovnom ekosistemu, treba se pristupiti detaljnim istraživanjima, kako bi se utvrdilo da li postoji mogućnost za introdukovanje te insekatske vrste na novo područje. Ukoliko ne postoji nikakva opasnost da ta vrsta postane štetočina na autohtonim biljnim vrstama, gajenim biljkama ili da ne postane opasnost za autohtone korisne insekte i na sve ove načine ne naruši postojeći ekosistem, pristupa se introdukovanju ove vrste u područje gde je njena aktivnost potrebna (Hasan et al., 2022).

Od insekatskih vrsta koje se koriste u svetu kao makrobiološki bioherbicidi izdvajaju se: *Zygogramma bicolorata*, *Agrilus hyperici*, *Agasicles hygrophila*, *Phytomyza orobanchia* i dr. *Z. bicolorata* (Coleoptera, Chrysomelidae), meksička buba zlatica koristi se u kontroli korovske vrste *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae) na područjima Južne Amerike ali i u delovima Azije gde je ova korovska vrsta zastupljena. *P. hysterophorus* je korovska vrsta koja proizvodi toksične materije koje joj služe kao odbrambeni sistem od napada fitofagnih insekata i herbivornih životinjskih vrsta, ali meksička buba zlatica poseduje metaboličke sposobnosti za razgradnju ovih toksičnih materija, te je visokospecijalizovana za ishranu ovom korovskom vrstom i predstavlja odličan makrobiološki herbicid za tu namenu (Dodiya et al., 2023). *Agrilus hyperici* (Coleoptera, Buprestidae), kantarionov prstenar, jedan je od insekata koji se mogu koristiti za kontrolu korovskih vrsta iz roda *Hypericum* (*Hypericum perforatum*, *H. montanum* i *H. concinnum*). Ove korovske vrste su iz Evrope unete i u Sjedinjene Američke Države gde se, u nedostatku prirodnih neprijatelja, veoma brzo šire po pašnjacima i livadama. Baš na ovakvim staništima je kantarionov prstenar odličan za kontrolu navedenih korova jer se svi stadijumi hrane biljkama iz roda *Hypericum*. Odrasle individue se hrane lišćem, ali najznačajnije štete po biljku prouzrokuju larve koje se hrane unutar korena (Vuković i Šunjka, 2021). *Agasicles hygrophila* (Coleoptera, Chrysomelidae), zlatica aligatorske trave je makrobiološki bioherbicid istoimene invazivne korovske vrste - *Alternanthera philoxeroides* koja je invazivna korovska vrsta mnogih tropskih područja, potiče iz Južne Amerike ali se proširila i u druga tropska područja gde raste na priobalnim vodenim površinama i vlažnim zemljištima. Zlatica aligatorske

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

trave se u svim razvojnim stadijumima hrani lišćem ove biljke izazivajući golobrst čime troši biljne rezerve i narušava fotosintezu (Afaq and Omkar, 2023). *Phytomyza orobanchia* (Diptera, Agromyzidae), muva volovoda, oligofagni je prirodni neprijatelj invazivnih biljnih vrsta iz roda *Orobanche* (*Orobanche cumana*, *O. cernua*). Volovod je invazivna parazitna cvetnica koja pričinjava velike gubitke u proizvodnji suncokreta ali i drugih gajenih biljaka širom sveta. Rasprostranjena je širom Evrope, Centralne Azije i Afrike. Kada se pojavi suzbijanje je i uz pravilnu poljoprivrednu praksu veoma zahtevno, ali muva volovoda pomaže u suzbijanju tako što se larve hrane pre svega semenom ali i parenhimom, praveći mine ispod epidermisa. Ovom ishranom larve dovode do smanjene produkcije semena, čime se postepeno crpi rezerva semena iz zemljišta. Uz ovu biološku meru kontrole potrebno je primeniti i osnovne agrotehničke mere, kao što je pre svega plodored (Klein and Kroschel, 2002).

Uprkos svim izazovima prilikom upotrebe makrobioloških bioherbicida na bazi insekata, ovaj način kontrole korovskih vrsta predstavlja veoma dobro rešenje u organskoj poljoprivredi. Posедуje veliki potencijal da se u budućim istraživanjima pronađe još veći broj monofagnih i oligofagnih insekata, koji će moći da se koriste u suzbijanju postojećih ali i novih, introdukovanih korovskih vrsta.

Upotreba eriofidnih grinja kao makrobioloških bioherbicida. Do sada je poznato 4.400 različitih vrsta eriofidnih grinja koje se hrane na biljkama, dok je 80% od svih njih striktnih monofaga (Hao et al., 2023). Činjenica da najveći deo eriofidnih grinja ima samo jednog domaćina na kome se hrani jeste i glavni razlog zašto se svake godine pronalaze nove grinje sa potencijalnom bioherbicidnom upotrebom. Pored toga što odlično prepoznaju biljku domaćina, odnosno korov, eriofidne grinje imaju i vrlo visoku reproduktivnost, sa kratkim životnim ciklusom, što je veoma važno kako bi se grinje brzo razmnožavale nakon unošenja u agrofitocenozu. Takođe, grinje se raznose i vetrom te je njihovo širenje veoma brzo. Eriofidne grinje imaju veoma visoku štetnost za korovsku vrstu na kojoj se hrane, jer izazivaju velike promene u morfologiji biljke. Na mestima ishrane grinje izazivaju kržljivost lišća, gubljenje turgora, skraćivanje internodija, kao i smanjenu produkciju semena, a utiču i na smanjenje ukupne biomase biljke, što podzemnih, što nadzemnih organa (Marini et al., 2021). *Aceria acroptiloni* je eriofidna grinja čije je bioherbicidno dejstvo među prvima ispitivano i ima potencijal da suzbije do 98% populacije ruskog različka (*Rhaponticum repens*) sa veoma velikom specifičnošću prema domaćinu (Marini et al., 2021). *Aceria anthocoptes* – ispitivana je širom sveta i u laboratorijskim i u prirodnim uslovima, u

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

polju. Najbolje rezultate je pokazala u suzbijanju njivske palamide (*Cirsium arvense*). Na njivskoj palamidi dovodi do hlorotičnih promena, bronzavosti lišća, uvijanja lišća, ali uspešnost suzbijanja njivske palamide ovom eriofidnom grinjom zavisi od dosta faktora. Najvažniji biotički faktor je gustina populacije, a od abiotičkih temperatura i vlažnost (Smith et al., 2010). U novijim istraživanjima ispituje se upotreba *Aceria drabae* u potencijalnoj kontroli obične renike (*Lepidium draba*). Istraživanja su pokazala veliku specifičnost prema biljci domaćinu, ali će se precizniji rezultati u kontroli obične renike ovom eriofidnom grinjom znati tek nakon višegodišnjih ispitivanja u poljskim uslovima (Marini et al., 2021). U laboratorijskim uslovima *Aceria malherbae* pokazala je odlične rezultate u kontroli njivskog poponca (*Convolvulus arvensis*), gde je inhibirala razvoj korena i nadzemnih delova i do 90%, stvarajući gale na svim nadzemnim delovima. U oglecima u polju je ispoljila različite rezultate, pogotovo nakon višegodišnjih oglada jer je u toku prezimljavanja gustina populacije veoma opadala. Nije bilo dovoljno brzog širenja, a na oglecima su pronađene i oštećene i potpuno zdrave individue *C. arvensis*. Neophodan je direktni kontakt između infestiranih i neinfestiranih biljaka zbog veoma slabe pokretljivosti ovih grinja (Smith et al., 2010).

Mikrobiološki bioherbicidi su biološki herbicidi na bazi fitopatogenih gljiva, bakterija i virusa ili na bazi produkata njihovog metabolizma sa fitotoksičnim svojstvima. Upotreba mikrobioloških bioherbicida je veoma zastupljena u organskoj poljoprivredi, ali se sve više koristi i u konvencionalnoj biljnoj proizvodnji kao i jedna od mera u integralnoj zaštiti bilja, kako bi se mogućnost od razvijanja rezistentnih korova svela na minimum (Thakur et al., 2020).

Upotreba gljiva kao mikrobioloških bioherbicida. U poređenju sa ostalim mikroorganizmima fitopatogene gljive su najzastupljenije u upotrebi kao biološki herbicidi i igraju glavnu ulogu u kontroli korova na ovaj način (Harding and Raizada, 2015). Fitopatogene gljive mogu biti specifične za određene vrste korova ili grupe korova, čime se obezbeđuje selektivna kontrola bez narušavanja rasta i razvoja željenih useva. Postoje različiti mehanizmi kojima fitopatogene gljive zaustavljaju rast i razvoj korovskih vrsta. Neke fitopatogene gljive se naseljavanjem biljnih organa korova direktno hrane na njima pomoću haustorija, prekrivaju zelenu površinu lista čime narušavaju fotosintezu, ali isto tako proizvode i veliki broj fitotoksina koji negativno utiču na rast i razvoj korovskih vrsta. Proces korišćenja fitopatogenih gljiva kao bioherbicida obično uključuje nekoliko koraka. Prvo se, nakon slučajnih zapažanja u prirodi ili nakon početnih

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ogleda u laboratorijskim uslovima, izdvoje fitopatogene gljive koje su efikasne protiv određenih korova. Nakon toga se ispituje njihova selektivnost i određuju se gajene biljke u kojima bi se ovakvi bioherbicidi mogli primenjivati. Zatim se razvijaju formulacije u kojima bi se ove gljive mogle čuvati u stabilnom stanju i kasnije lako primenjivati, prvo na oglednim parcelama, a nakon poljskih ogleda i registracije i na svim drugim površinama, u organskoj ili konvencionalnoj proizvodnji (Golijan et al., 2023).

Od fitopatogenih gljiva sa bioherbicidnim dejstvom izdvaja se *Cercospora rodmanii* – prvobitno izolovana sa štetne korovske vrste vodenih tokova vodenog zumbula (*Eichhornia crassipes*), te se kao bioherbicid koristi za suzbijanje ove korovske vrste pri održavanju kanala, reka i drugih vodenih površina (Vuković i Šunjka, 2021). Fitopatogena gljiva *Phoma macrostoma* je prve bioherbicidne efekte pokazala na maslačku (*Taraxacum officinale*), nakon čega je ispitivana i na njivskoj palamidi (*Cirsium arvense*) i pokazala je odlične rezultate u njihovom suzbijanju na travnatim površinama. Ispoljila je efikasnost na dikotiledonim biljkama, dok su monokotiledone biljke i vrste iz familija Solanaceae i Cucurbitaceae pokazale tolerantnost na ovu fitopatogenu gljivu (Bailey et al., 2011). Fitopatogena gljiva *Phomopsis amaranthicola* koja suzbija veći broj korovskih vrsta iz roda *Amaranthus*, prvi put je izolovana sa štira - (*Amaranthus retroflexus*) na koji ispoljava herbicidne efekte i može se primenjivati kako u mnogim ratarskim, tako i u povrtarskim kulturama (Vuković i Šunjka, 2021).

Prema Aneja (2024) registrovani su: post-em bioherbicid na bazi fitopatogene gljive *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *malvae* namenjen za kontrolu korova *Malva pusilla*; bioherbicid formulisan na bazi hlamidiospora *Phytophthora palmivora* namenjen za suzbijanje korovske vrste *Morrenia odorata*; bioherbicid na bazi bazidiospora *Cylindrobasidium laeve* namenjen za suzbijanje travnate korovske vrste *Poa annua* i vrsta iz porodice leguminoza, *Acacia mearnsii* i *Acacia pycnantha*, na travnatim površinama golf terena i drugim travnjacima; formulacija fitopatogene gljive *Sclerotinia minor* namenjena za suzbijanje *Taraxacum officinale* i biljaka slične morfologije, na različitim travnatim površinama.

Upotreba bakterija kao mikrobiološkog bioherbicida. Upotreba bioherbicida na bazi fitopatogenih bakterija još jedan je od primera biološke kontrole korova. Ova metoda podrazumeva korišćenje određenih vrsta bakterija koje proizvode toksine ili enzime, štetne za korove, ali bez mogućnosti inokulacije useva. Najčešće korišćene bakterije u svojstvu bioherbicida su iz roda *Pseudomonas* i *Xanthomonas* sa svojim vrstama i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sojevima. Upotreba mikrobioloških bioherbicida na bazi fitopatogenih bakterija ima nekoliko prednosti u odnosu na fitopatogene gljive. Bakterije brže rastu, brže se razmnožavaju i imaju niže zahteve prema uslovima za razmnožavanje. Nakon uzgajanja u tečnoj kulturi mogu se formulisati u preparate, smrzanjem ili sušenjem, nakon čega je kasnije čuvanje i primena znatno lakša. Takođe, bakterije su i podložnije mutacijama ili genetičkim manipulacijama u odnosu na fitopatogene gljive, što se smatra prednošću zbog lakših adaptacija na uslove sredine i na mehanizme odbrane korovske vrste, ali sa ovim se mora biti oprezan zbog mogućnosti da se kroz mutacije stvore novi sojevi fitopatogenih bakterija koji bi mogli nanositi štete i gajenim biljnim vrstama (Ghosheh, 2005).

Primeri fitopatogenih bakterija sa bioherbicidnim dejstvom su: *Pseudomonas fluorescens* soj WH6 – koji je pokazao inhibitorni uticaj na klijavost 21 monokotiledone vrste i 8 dikotiledonih, dok je kukuruz pokazao tolerantnost na uticaj ovog soja, što omogućava korišćenje ovog soja u kontroli korovskih vrsta u usevima kukuruza (Harding and Raizada, 2015); *Pseudomonas gladioli* ssp. *gladioli* i *Xanthomonas campestris* ssp. *poa annua* – bioherbicidi formulisani od živih ćelija bakterija koriste se za suzbijanje jednogodišnje livadske trave *Poa annua* na golf terenima, ali i na drugim travnatim površinama gde god je ova korovska vrsta nepoželjna (Vuković i Šunjka, 2021). Primeri registrovanog bioherbicida na bazi fitopatogenih bakterija su preparati formulisani od mešavine bakterija *Lactobacillus casei* soj LTP-111, *Lactobacillus rhamnosus* soj LTP-21, *Lactobacillus lactis* ssp. *lactis* soj LL64/CSL, *Lactobacillus lactis* ssp. *lactis* soj LL102/CSL, *Lactobacillus lactis* ssp. *cremoris* soj M11/CSL (Cordeau et al., 2016), registrovan za kontrolu sledećih korovskih vrsta: *Trifolium repens*, *Trifolium pretense*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Oxalis acetosella*.

Upotreba virusa kao mikrobiološkog bioherbicida. Upotreba mikrobioloških bioherbicida na bazi fitopatogenih virusa je veća u ruderalnim područjima, na livadama i pašnjacima i to za suzbijanje invazivnih vrsta. Na poljoprivrednim površinama se manje koriste zbog svojih osobina brzog umnožavanja sa velikom genetičkom varijabilnošću, pa postoji velika opasnost od mutacija, prilikom čega se može izgubiti specifičnost prema biljci domaćinu, odnosno korovu koji je cilj suzbijanja (Harding and Raizada, 2015).

Primer fitopatogenog virusa sa bioherbicidnim dejstvom je Virus mozaika duvana (TMV) – mikrobiološki bioherbicid na bazi TMV ispoljava herbicidno dejstvo na korovsku vrstu *Solanum viarum*, te se koristi za

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

njeno suzbijanje. Primena ovog bioherbicida nije dozvoljena na usevima gajenog krompira i paprike koji su takođe osetljivi na virus mozaika duvana. Dejstvo ovog bioherbicida se ispoljava samo ukoliko na tretiranoj biljci postoje povrede mikroskopskih veličina, kroz koje bi virus mogao da dopre u žive ćelije. Ove mikroskopske povrede se mogu obezbediti primenom bioherbicida pomoću raspršivača ili prskalica pod visokim pritiskom, što su najpraktičnija i najefikasnija rešenja (Vuković i Šunjka, 2021).

Novе tehnologije u kontroli korova koje mogu naći primenu u organskoj proizvodnji

Digitalna revolucija i implementacija novih tehnologija u sve sfere privrede, nisu zaobišle ni poljoprivredu. Primena novih informacionih tehnologija u poljoprivredi naziva se precizna ili pametna poljoprivreda.

Precizna poljoprivreda se definiše kao skup tehnologija i metoda koje se sprovode na polju sa ciljem monitoringa i upravljanja biotičkim i abiotičkim faktorima, koji su povezani sa biljnom proizvodnjom, a sve sa ciljem unapređenja produktivnosti agroekosistema.

Posebna interesna sfera precizne poljoprivrede je detekcija korova na polju i njihova kontrola (Dhakal et al., 2024). Precizna poljoprivreda može da obezbedi veće prinose po jedinici površine uz smanjenje troškova proizvodnje primenom robota i dronova koji zamenjuju ljudski rad. Glavna prednost uvođenja robota u poljoprivrednu proizvodnju je povećana preciznost, jer se polje ne tretira kao jedna velika celina, već se manji delovi polja individualno prate i tretiraju na različite načine, u skladu sa specifičnim potrebama i zahtevima. Stoga se smatra da bi primena automatizacije mogla da poveća proizvodnju hrane i njen obim približi budućim rastućim potrebama (Lameski et al., 2018).


Poljoprivredna robotika predstavlja primenu tehnologije automatizacije u biološkim sistemima, kao što su: šumarstvo, hortikultura, plastenička proizvodnja i poljoprivreda uopšte. Robot je automatski uređaj koji može da obavlja zadatke koje obično izvršavaju ljudi, ili je pak dizajniran u obliku mašine slične čoveku. Roboti mogu da obrade informacije o svom okruženju pomoću senzora i reaguju na iste putem komandi računara. Roboti mogu da se kreću nezavisno, pri čemu se njihovo kretanje kontroliše programiranjem koje modelira, planira, pokreće i kontroliše njihove pokrete. Roboti se obično sastoje od pet glavnih delova: senzora, efektora, aktuatora, kontrolera i zajedničkih efektora, poput ruku (Ahmed et al., 2016). Postoji nekoliko vrsta robota koji se mogu koristiti u

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

poljoprivrednoj praksi: mobilni, kotrljajući, stacionarni, autonomni i daljinski upravljani roboti. Mobilni roboti su sposobni da se kreću samostalno, bez fiksne lokacije, a koriste se za istraživanja i pretragu u dinamičnim ili promenljivim okruženjima. Kotrljajući roboti se kreću pomoću točkova ili valjaka po ravnoj površini radi obavljanja različitih zadataka, kao što je istraživanje prostora. Stacionarni roboti obavljaju svoje zadatke na jednom mestu, bez mogućnosti kretanja i koriste se za automatizaciju procesa na tom mestu, kao što su proizvodne linije, laboratorijska istraživanja i sl. Autonomni roboti funkcionišu samostalno, bez neposredne ljudske kontrole. Ovi roboti su opremljeni senzorima, procesorima i softverom koji im omogućavaju da donose odluke, planiraju svoje akcije i obavljaju zadatke bez stalnih uputstava ili nadzora ljudi. Autonomni roboti mogu da prepoznaju okolinu, reaguju na promene u okruženju, uče nove veštine, izbegavaju prepreke i samostalno rešavaju probleme kako bi izvršili zadatke za koje su programirani. Ova vrsta robota sve više nalazi primenu u različitim oblastima, uključujući i poljoprivredu. Daljinski upravljani roboti se obično koriste kada je potrebna direktna ljudska kontrola nad radnjama robota, bez fizičke prisutnosti operatera (Ahmed et al., 2016).

Roboti se u poljoprivredi najčešće koriste za mapiranje korova, mehaničko i hemijsko suzbijanje korova, đubrenje, navodnjavanje i žetvu. Za preciznu kontrolu korova koriste se roboti opremljeni optičkim senzorima koji funkcionišu po principu detektovanja slike u realnom vremenu (Dhakai et al., 2024). I dalje je izuzetno teško da se korov sa velikom tačnošću prepozna, usled promena u osvetljenju, različitih vremenskih uslova, neujednačenog rasta biljaka i slično, dok će visoka cena robota nesumnjivo usporiti njihovu komercijalizaciju (Dhakai et al., 2024).

Trenutno je patentirano nekoliko vrsta robota koji predstavljaju deo naprednih tehnologija i koji se koriste u poljoprivredi za kontrolu korova: Robocrop, IC Weeder, Robovator, Tertill i MF Scamp Robot. *Robocrop* je bio prvi komercijalno dostupan robot za detekciju korova koji koristi kamere postavljene neposredno ispred alata za kontrolu korova (rotirajuće osovine za plitku obradu zemljišta). Kako bi se postigla preciznost tokom rada, usev mora da ima veću lisnu površinu od korova a ovaj robot može da ukloni 4 korovske biljke u sekundi po redu. Robocrop konstantno prilagođava brzinu rotacije osovine, u odnosu na promene u razmaku između biljaka. Testiranje na polju je pokazalo zadovoljavajuću efikasnost kod zasađenih useva, ali ne i u slučaju direktno posejanih useva zbog nemogućnosti razlikovanja useva i korova usled neujednačenog razmaka između gajenih biljaka ili veličine useva i korova.

A photograph of a field of red poppies and purple flowers under a clear blue sky. The poppies are in various stages of bloom, with some fully open and others as buds. The purple flowers are smaller and scattered throughout the green foliage. The background shows a vast, flat landscape under a bright sky.

Posebna interesna sfera
precizne poljoprivrede je
detekcija korova na polju i
njihova kontrola.
(foto: Popov)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

IC Weeder daljinski upravljani robot koji se koristi za precizno i brzo kopanje oko useva, a usev se putem digitalnih kamera uz LED osvetljenje, prepoznaje na osnovu boje, veličine, orijentacije i očekivanog položaja lista. Radna širina robota je 1,5-6 m, pri razmaku između biljaka od 15 cm i može da uklanja korove koji se nalaze na udaljenosti od biljke na najmanje 2 cm. Robot može da ukloni 3-4 biljke u sekundi, a maksimalna brzina kretanja mu je 5 km/h.

Robovator je mehanički robot za okopavanje sa posebnim kamerama za određivanje i kontinuirano praćenje useva i korova. Robovator se tokom rada nalazi u redu, kada se približi gajenoj biljci, računar šalje signal hidraulički kontrolisanom alatu i robot se pomera van reda dok ne prođe gajenu biljku, nakon čega se vraća u red. Ako jedna ili više biljaka nedostaju u određenom redu, alat ostaje u redu dok pretražuje. Visokokvalitetne kamere sa veštačkim osvetljenjem postavljene iznad svakog reda useva omogućavaju prikupljanje informacija o vegetaciji na osnovu boje, veličine i razmaka između biljaka. Uklanjanje korova između redova kontroliše se noževima koji se otvaraju i zatvaraju oko useva tokom prolaska robota. Robot je sposoban za rad pri brzini od 4 km/h i poseduje radne jedinice za od 3 do 6 redova. Može da ukloni 95% korova u zasadenim i 85% u direktno posejanim usevima. Takođe, postoji robot za uklanjanje korova unutar reda pomoću plamena. Putem serije mlaznica sa plazma mlazovima plamen je usmeren samo na korov, neoštećujući gajenu biljku.

Tertill, autonomni, samoodrživi robot za uklanjanje korova na solarni pogon, dizajniran je za kontinuirano održavanje vrtova i bašta. On seče i uklanja korov putem male rotirajuće žice. Glavni mehanizam za razlikovanje useva i korova je progresivna visina biljke, pa robot pretpostavlja da su gajene biljke više i ne oštećuje ih, dok korove uništava dok su mali.

MF - Scamp Robot ima četiri do šest točkova i služi za suzbijanje korova pomoću alata za okopavanje. Sadrži set senzora koji koriste različite talasne dužine svetlosti kako bi razlikovali korov od useva na osnovu slika koje kamere beleže tokom rada. Većina robota je prikačena na traktor, ali MF-Scamp roboti to ne zahtevaju. Nedostatak ovog oruđa je visoka cena za male poljoprivrednike i dodatni troškovi za instalaciju GPS navigacionog sistema (Manisankar et al., 2022).

Uspeh korišćenja automatizacije, odnosno robota, zavisi od tipa useva, veličine useva, razmaka između gajenih biljaka, gustine korovske populacije, prisutnih korovskih vrsta i sl. Roboti su pogodni za primenu kada je razmak u redu od 150 do 300 mm, kao i pri međurednom razmaku od preko 200 mm. Njihova primena je takođe pogodna u slučaju

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

kada se korovi lako raspoznaju na osnovu svoje relativne veličine u odnosu na usev, kao i u slabo zakorovljenom usevu (Raja et al., 2019).

U cilju brze i precizne detekcije korova, razvijeno je nekoliko metoda obrade podataka iz slika koje mogu da skrate vreme potrebno za identifikaciju i kontrolu korova na polju, uz pomoć dronova, robota i daljinske detekcija (Roberts and Florentine, 2024).

Istražene su različite tehnike pomoću kojih bi roboti mogli da prepoznaju korov i usev, kao što su elektromagnetno zračenje i tehnike bazirane na GPS-u. Tehnika elektromagnetnog zračenja podrazumeva razlikovanje korova od useva putem apsorpcije elektromagnetnog zračenja. Veće biljke, za koje se pretpostavlja da su gajene biljke, apsorbuju više zračenja nego manje biljke, za koje se pretpostavlja da su korovi. Ova metoda je računski izuzetno brza, ali je neprimenjiva kada su gajene biljke slične veličine ili manje od korovskih biljaka. Što se tiče tehnika baziranih na GPS-u, korišćenjem kinematičkih sistema globalnog pozicioniranja u realnom vremenu (RTK-GPS) moguće je mapiranje položaja semena/rasada tokom setve/sadnje i stvaranje mape useva koju robot može da koristi za automatizovano uklanjanje korova u redu. Međutim, primećeno je da RTK-GPS pravi pozicione greške od nekoliko centimetara, što pored njegove visoke cene ne pomaže njegovoj komercijalizaciji (Raja et al., 2019).

Mašinski vid je tehnika koja je poslednjih godina izuzetno popularna i predstavlja tehniku koja najviše obećava u pogledu razlikovanja korova od useva u realnom vremenu radi uspešnog automatizovanog uklanjanja korova na polju. Mašina koristi kameru kako bi automatski napravila slike koje će podvrgnuti analizi i potom izdvojiti ključne informacije. Slike biljaka se analiziraju na osnovu njihovog oblika, boje i drugih vizuelnih karakteristika kako bi se locirala pozicija ciljane biljke, odnosno kako bi se identifikovali i razlikovali usevi i korovi. Najčešće, korišćenje mašinskog vida podrazumeva dvodimenzionalni pristup iako bi 3-D pristup potencijalno omogućio praćenje više karakteristika biljaka, kao što je npr. površinsku teksturu cele biljke. Ipak, 3-D pristup, iako superiorniji u pogledu klasifikacije korova i useva, nije postigao veliku popularnost usled složenosti računskih operacija i sporog procesa obrade u odnosu na 2-D pristup (Raja et al., 2019).

Zajednička karakteristika metoda za detekciju korova je njihova sposobnost da zabeleže slike na polju. To se postiže korišćenjem specijalnih sistema kamera ili senzora, što obično podrazumeva primenu hiperspektralnog, multispektralnog, RGB ili VIS snimanja, zatim satelitskog, termalnog i 3-D stereo snimanja (Roberts and Florentine, 2024). Najčešće korišćen sistem snimanja podrazumeva upotrebu RGB senzora, jeftine operativne opcije koja omogućava izračunavanje različitih

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

vegetacijskih indeksa koji su potrebni kako bi se usev razlikovao od korova (Roberts and Florentine, 2024).

Još jedna moćna alternativa RGB snimanju je multispektralno snimanje, koje može da zabeleži i izračuna širi opseg vegetacijskih indeksa i talasnih dužina spektralnog opsega (Qu and Su, 2024). Multispektralna kamera može da zabeleži nekoliko spektralnih opsega, koji obično podrazumevaju crvenu, zelenu plavu i infracrvenu svetlost (Juwono et al., 2023). Multispektralna kamera je sposobna da detektuje radijaciju u nevidljivom i vidljivom delu spektra.

LiDAR senzor je visoko napredan i pouzdan senzor koji ima široku primenu u polju za detekciju redova useva i navigaciju robota. Izuzetno je precizan, ima širok opseg i veoma je otporan na smetnje. Funkcioniše po principu emitovanja vidljive svetlosti ili blisko infracrvene svetlosti koja se reflektuje o željenu površinu, nakon čega sistem vrši njenu detekciju. Zbog toga ovaj tip senzora ima mogućnost da prodre kroz vegetaciju i uslika površinski sloj zemljišta, što omogućava detekciju redova useva čak i na poljima sa gustom vegetacijom (Qu and Su, 2024).

Pored robota, savremeno rešenje koje omogućava efikasno i ekološki prihvatljivo mapiranje korova u organskoj poljoprivredi predstavljaju i bespilotne letelice, tj. dronovi. Pojedini dronovi koji se primenjuju za tu svrhu su: Parrot Bluegrass Fields, senseFly eBee X i Trimble UX5. Parrot Bluegrass Fields je dron opremljen kamerama visoke rezolucije za snimanje iz vazduha i NDVI senzorima za praćenje zdravstvenog stanja biljaka i identifikaciju korova. Ima mogućnost integracije sa softverima za analizu podataka (Fertu et al., 2021). SenseFly eBee X je fiksno-krilni dron sposoban da pokriva velike površine pri mapiranju i identifikaciji korova. Ima dugotrajan let (do 90 minuta) i mogućnost integracije sa raznim senzorima, uključujući multispektralne i termalne kamere (Corbin and Bataineh, 2024). Trimble UX5 je fiksno-krilni dron dizajniran za primenu u poljoprivredi. Koristi se za mapiranje poljoprivrednih površina i analizu vegetacije, što uključuje i identifikaciju korova (Djenaliev et al., 2024).

Daljinska detekcija korova bespilotnim letelicama se primenjuje u cilju detekcije specifičnih spektralnih popisa korova na polju (Dhakai et al., 2024). Smatra se da su dronovi efikasniji od robota i primene satelita, zato što mogu brzo da sakupe podatke sa polja sa velikom prostornom rezolucijom uz niske troškove (Qu and Su, 2024). Jedan od načina vršenja daljinske detekcije podrazumeva spektralnu analizu slika iz vazduha uslikanih pomoću dve multispektralne kamere – RGB i RGNIR zakačene na bespilotnu letelicu (Dhakai et al., 2024). Castaldi et al. (2017) su utvrdili realnu mogućnost detektovanja oaza korova pomoću multispektralne kamere montirane na dron neposredno nakon nicanja

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

korova u kukuruzu. Torres-Sánchez et al. (2013) su ispitivali primenu drona za daljinsko slikanje radi mapiranja korova, kao i prostorne i spektralne slike koje su neophodne kako bi se razlikovali klijanci korova. Na dron su montirane RGB i multispektralna kamera sa 6 talasnih opsega i testirane su tri visine letenja (30, 60 i 100 m) iznad zakorovljenog polja suncokreta. Pri nižoj visini zabeležene su slike finije rezolucije, međutim broj uslikanih slika na nižoj visini može da postane ograničavajući faktor usled dužeg leta zbog ograničenog napajanja električnom energijom i zahtevnijih računskih operacija, tj. računarskog kapaciteta softvera koji je neophodan za dalji proces stvaranja mozaika.

Proces prepoznavanja korova i useva putem daljinske detekcije može da se подели na četiri faze: 1) prikupljanje podataka u vidu slika, 2) priprema podataka, koja obuhvata poboljšanje kvaliteta slike, 3) izdvajanje karakteristika (vizuelna tekstura, prostorni kontekst, spektralne karakteristike i biološko-morfološke karakteristike), 4) prepoznavanje korova i useva primenom mašinskog ili dubokog učenja (Qu and Su, 2024). Nakon prikupljanja podataka putem robota ili bespilotne letelice neophodno je primeniti različite tehnike za obradu slika, obeležavanje podataka, poboljšavanje ulaznih podataka, uvođenje varijacija, kao i generisanje sintetičkih podataka (Qu and Su, 2024).

Još jedna od novih metoda za detekciju i klasifikaciju korova, odnosno razlikovanje korova i useva, je takozvana signalizacija useva. U pitanju je metoda u kojoj gajene biljke mogu da „signaliziraju“ automatizovanoj mašini da se radi o usevu, kako bi bila moguća pouzdana detekcija korova čak i pri kompleksnim prirodnim uslovima. Cilj je da se tačno ustanovi pozicija useva, kako bi automatizovana mašina mogla da ukloni okolne korove bez oštećenja useva, robotizovanim sečivom. Naime, gajene biljke treba da budu opskrbljene jedinjenjem za signalizaciju pre ili tokom setve/sadnje, koje će im omogućiti pouzdano prepoznavanje od strane automatizovane mašine. Jedna od opcija za signalizaciju je primena fluorescentnih markera, pri čemu dolazi do fluorescencije, odnosno emitovanja svetlosti od strane supstance koja sadrži fluoroforne molekule nakon ekscitacije svetlošću. Pored fluorescentnih markera, za signalizaciju useva mogu da se koriste i sistemski markeri, biljne oznake i topikalni markeri. Sistemski markeri se primenjuju ili kroz omotač semena, što je slučaj kod useva kod kojih se vrši direktna setva semena, ili kroz kontejner za rasad pre sadnje. Kako biljka raste i razvija se, tako apsorbuje sistemski marker koji se premešta sve do listova, što omogućava formiranje jedinstvenog optičkog signala koji automatizovana mašina može da prepozna, iliti „očita“. Biljne oznake mogu da budu različitih oblika i veličina, kao i da budu napravljene od metala, plastike ili drveta. Oznake treba da budu biorazgradive, jeftine, kao i tako

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

napravljene da automatizovana mašina može da ih detektuje. Primer jeftine metode pravljenja biljnih oznaka je korišćenje biorazgradivih slamčica za piće od polimlečne kiseline, ili pak plastike na bazi kukuruza. Označavanju biljaka se pristupa prilikom sadnje. Naime, u momentu kada je rasad spreman za sadnju na stalno mesto, gajena biljka je već obmotala svoj korenov sistem oko oznake. Topikalni markeri su nastali sa ciljem da se smanje troškovi pravljenja biljnih oznaka, kao i da se skрати vreme procesa signalizacije, tako što bi se u jednom koraku izvršili i sadnja i priprema biljke za signalizaciju. Predlog nanošenja topikalnog markera je korišćenje mašine za sadnju rasada, modifikovane da nosi sistem za ispuštanje boje, kako bi se rasad precizno istretirao (Raja et al., 2019).

Veštačka inteligencija je inicirala značajnu promenu paradigme u poljoprivredi, posebno u oblasti kontrole korova. Primena veštačke inteligencije u ovom kontekstu prevazilazi jednostavnu inovaciju, pružajući precizna i ekološki održiva rešenja za identifikaciju i kontrolu korova. Na taj način, veštačka inteligencija se bavi ključnim izazovima u poljoprivredi (Vasileiou et al., 2023). Prediktivni modeli razvijeni uz pomoć veštačke inteligencije pomažu u predviđanju rasta korova i određivanju najefikasnijeg vremena za primenu kontrolnih mera, što doprinosi optimizaciji strategija kontrole korova. Takođe, veštačka inteligencija omogućava kreiranje mapa korova visoke rezolucije, olakšavajući identifikaciju izuzetno zakorovljenih lokacija i planiranje strategije za suzbijanje korova (Muchhadiya et al., 2024). Veštačka inteligencija u poljoprivredi može da se definiše kao napredni sistem mašinskog učenja koji može da oponaša ljudsku aktivnost, omogućavajući alternativu stalnom i skupom ljudskom delovanju i sposobna je da dodatno potpomogne, odnosno da se integriše sa sistemima za mašinsko učenje i robotizovanim uređajima koji služe za unapređenu detekciju i kontrolu korova (Roberts and Florentine, 2024). Postoji nekoliko vidova veštačke inteligencije, a to su:

- sama veštačka inteligencija - programiran sistem sposoban za percepciju, zaključivanje, akciju i prilagođavanje, simulirajući sposobnost ljudske inteligencije,
- mašinsko učenje - predstavlja grupu algoritama koji omogućavaju mašinama da stiču inteligenciju putem automatskog učenja iz podataka, dok se performanse ovih algoritama unapređuju kroz eksponencijalno povećanje izloženosti podacima tokom vremena,
- “deep learning” - podgrupa mašinskog učenja koja se fokusira na višeslojne neuronske mreže koje uče iz obimnih skupova podataka (Muchhadiya et al., 2024).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Tehnike mašinskog učenja koriste se za identifikaciju korova u poljoprivredi. Primjenjuje se nekoliko različitih pristupa, uključujući: konvolucione neuronske mreže za klasifikaciju korova i useva, duboke konvolucione neuronske mreže za precizno upravljanje otpornim korovima, mašinu sa vektorima podrške za identifikaciju korova, veštačke neuronske mreže za klasifikaciju korova na osnovu karakteristika poput boje i teksture, klasifikator slučajnih šuma za detekciju korova i useva u realnom vremenu i td. (Ghatrehsamani et al., 2023).

Mašinsko učenje se takođe koristi za razlikovanje korova od useva. Data tehnika je sposobna da identifikuje blisko srodne vrste na polju. Međutim, mašinsko učenje zahteva postojanje obimne baze podataka za obuku mreže, dok višegodišnja sezonska stabilnost podataka za obuku u velikom broju slučajeva nije dokazana (Raja et al., 2019).

“Deep learning” predstavlja deo mašinskog učenja i odlikuje se upotrebom veštačkih neuronskih mreža i trenutno je najnaprednija tehnika identifikacije korova (Nasiri et al., 2022). Modeli ovog vida učenja, provereni na velikim skupovima podataka, veoma precizno mogu da razlikuju useve i korove, pa čak i u složenim dinamičkim poljoprivrednim sistemima (Rai et al., 2023). Ova tehnika identifikacije korova je sposobna da iz obimnih kolekcija slika prepozna komplikovane šablone i karakteristike, korišćenjem neuronskih mreža koje se sastoje od brojnih slojeva. Na taj način, kada su korovi u pitanju, neuronske mreže mogu se optimizovati tako da prepoznaju i lokalizuju korove sa velikom preciznošću, pomoću različitih slika na kojima su označeni korovi i usevi.

Literatura

- Argyropoulos, E.I., Eleftherohorinos, I.G., Vokou, D. 2008. In vitro evaluation of essential oils from Mediterranean aromatic plants of the Lamiaceae for weed control in tomato and cotton crops. *Allelopathy Journal*, 22, 69-78.
- Aazza, S., Lyoussi, B., Miguel, M.G. 2012. Antioxidant activity of eight hydrosols from Morocco, *Asian Journal of Plant Sciences*, 11:137-142.
- Abdulridha, J.J., Kanissery, R.G., McAvoy, C.E., Ampatzidis, Y.G. 2019. Evaluation of Steam Application for Weed Management in Citrus. *Applied Engineering in Agriculture*, 35(5):805-814.
- Aci, M.M., Sidari, R., Araniti, F., Lupini, A. 2022. Emerging trends in allelopathy: a genetic perspective for sustainable agriculture. *Agronomy*, 12(9):2043.
- Aćimović, M., Samardžić, N., Šovljanski, O., Lončar, B., Jeremić Stanković, J., Lato, P., Konstantinović, B., Vasiljević, S. 2024. The Potential of Hydrolates for use in the Production of Alfalfa Micro Sprouts: Sanitizers and Flavour Enhancers. *Waste and Biomass Valorization*.
- Afaq, U., Omkar, O. 2023. Weed Bio-Control Agents. In *Insect Predators in Pest Management*. CRC Press, 297-305.
- Ahmed, H., Juraimi, A.S., Muhammad Hamdani, S. 2016. Introduction to robotics agriculture in pest control: a review. *Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews*, 2(2):82-85.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Ahmed, M., Wardle, D.A. 1994. Allelopathic potential of vegetative and flowering ragwort (*Senecio jacobaeo* L.) plant against associated pasture species. *Plant and Soil*, 164:61-68.
- Ain, Q., Mushtaq, W., Shadab, M., Siddiqu, M.B. 2023. Allelopathy: an alternative tool for sustainable agriculture. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29(4):495-511.
- Amri, I., Hamrouni, L., Hanana, M., Jamoussi, B. 2012. Chemical composition and herbicidal effects of *Pistacia lentiscus* L. essential oil against weeds. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4):558-565.
- Aneja, K.R. 2024. Non-chemical management of weeds through bioherbicides: current status, market, development, constraints and future prospects. *Brazilian Journal of Development*, 10(2): e67432-e67432.
- Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L., Zou, C.M. 2011. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195:420-426.
- Anonymous, 2023. <https://www.greenflagaward.org/resources/guidance/alternatives-to-herbicides-a-guide-for-the-amenity-sector/>
- Ascard, J. 1994. Dose-response models for flame weeding in relation to plant size and density. *Weed Research*, 34:377-385.
- Ascard, J. 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research*, 35:397-411.
- Bailey, K.L., Pitt, W.M., Falk, S., Derby, J. 2011. The effects of *Phoma macrostoma* on nontarget plant and target weed species. *Biological Control*, 58(3):379-386.
- Baldwin, K.R., Creamer, N.G. 2006. Cover Crop for Organic Farms. CEFS; Department: Horticultural Science; Series: CEFS.
- Balsari, P., Berruto, R., Ferrero, A. 1994. Flame weed control in lettuce crop. *Acta Horticulturae*, 372:213-222.
- Bàrberi, P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research*, 42(3):177-193.
- Barbieri, P., Pellerin, S., Nesme, T. 2017. Comparing crop rotations between organic and conventional farming. *Scientific Reports*, 7:13761.
- Bellache, M., Torres-Pagan, N., Verdeguer, M., Benfekih, L.A., Vicente, O., Sestras, R.E., Sestras, A.F., Boscaiu, M. 2022. Essential Oils of Three Aromatic Plant Species as Natural Herbicides for Environmentally Friendly Agriculture. *Sustainability*, 14, 3596.
- Belz, R.G., Reinhardt, C.F., Foxcroft, L.C., Hurle, K. 2007. Residue allelopathy in *Parthenium hysterophorus* L.—does parthenin play a leading role? *Crop Protection*, 26(3):237-245.
- Bengoechea, M.L., Sancho, A.I., Bartolome, B., Estrella, I., Gomez-Cordoves, C., Hernandez, T. 1997. Phenolic composition of industrially manufactured purees and concentrates from peach and apple fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:4071-4075.
- Beres, I., Kazinczi, G. 2000. Allelopathic effects of shoot extracts and residues of weeds on field crops. *Allelopathy Journal*, 7(1):93-98.
- Blum, U. 2004. Fate of Phenolic allelochemicals in soils – The role of soil and rhizosphere microorganisms In Macías F.A., Galindo J.C.G., Molinillo J.M.G., Cutler H.G. (eds) *Allelopathy. Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*, CRC Press. Boca Raton, 57-76.
- Blum, U., King, L.D., Gerig, T.M., Lehman, M.E., Worsham, A.D. 1997. Effects of clover and small grain cover crops and tillage techniques on seedling emergence of some

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- dicotyledonous weed species. *American Journal of Alternative Agriculture* 4:146–161.
- Bond, W., Grundy A.C. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 41:383–405.
- Boyraz, N., Özcan, M. 2006. Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil, hydrosol, ground material and extract of summer savory (*Satureja hortensis* L.) growing wild in Turkey, *International Journal of Food Microbiology*, 107(3):238-242.
- Brown, M.W., Tworowski, T. 2004. Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103:465–472.
- Buhler, D.D. 1999. Expanding the context of weed management. In: *Expanding the Context of Weed Management* (ed. DD Buhler), 1–7. The Haworth Press, New York, USA.
- Butorac, A., Kisić, I., Butorac, J. 2006. The influence of the system of conservation tillage upon the soil erosion and soil physical properties. *Agronomski glasnik*, 4, 313-334.
- Cadavid, L.F., El Sharkawy, M.A., Acosta, A., Sanchez, T. 1998. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. *Field Crops Research*, 57(1):45-56.
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Cavalieri, A., Caporali, F. 2007. Use of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint for weed control. *Italian Journal of Agronomy*, 2:171-175.
- Capasso, R. 1997. The chemistry, biotechnology and ecotoxicology of the polyphenols naturally occurring in vegetable wastes. *Current Topics in Phytochemistry*, 1:145-156.
- Castaldi, F., Pelosi, F., Pascucci, S., Casa, R. 2017. Assessing the potential of images from unmanned aerial vehicles (UAV) to support herbicide patch spraying in maize. *Precision Agriculture*, 18:76-94.
- Castillo-Luna, M. del P., Gómez-Gómez, R. 2016. Effect of soil steam sterilization on weed seeds. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2):409–413.
- Cederlund, H., Börjesson, E. 2016. Hot foam for weed control – Do alkyl polyglucoside surfactants used as foaming agents affect the mobility of organic contaminants in soil? *The Journal of Hazardous Materials*, 314:312–317.
- Cheng, F., Cheng, Z. 2015. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6:1020.
- Christians, N.E., Garbutt, J.T., Liu, D. 1994. Preemergence Weed Control Using Plant Protein Hydrolysate. *United States Patent No. 5, 290, 749*.
- Corbin, T., Bataineh, M. 2024. Examination of drone usage in estimating hardwood plantations structural metrics. *Wetlands*, 44, 51.
- Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C., Guillemin, J. P. 2016. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop protection*, 87:44-49.
- Creamer, N.G., Bennett, M.A., Stinner, B.R., Cardina, J., Regnier. E.E. 1996. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. *HortScience*, 31:410-413.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O. 2009. Natural product in crop protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17(12):4022-4034.
- Dhakal, M., Zinati, G., Fulcher, M., Fornara, D., Martani, E., Contina, J.B., Hinson, P., Afshar, R., Ghimire, R. 2024. Challenges and emerging opportunities for weed management in organic agriculture. *Advances in Agronomy*, 184:125-172.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Dhyani, K., Singh, N., Shukla, A., Sahni, S. 2017. Allelopathic effect of leaf extract of *Poplar deltoidus* M. in seed germination, root characters and physiology of rice seedlings. *Research in Environment and Life Sciences*, 10(8):712–717.
- DiTomaso, J. M. 2000. Invasive weeds in rangelands: species, impacts, and management. *Weed science*, 48(2):255-265.
- Djenaliev, A., Chymyrov, A., Kada, M., Hellwich, O., Akmatov T., Golev O., Chymyrova S. 2024. Unmanned aerial systems for building footprint extraction in urban area. *International Journal of Geoinformatics*, 20(2), 64-81.
- Dodiya, D., Kesharbai, C., Dhruv, C., Harisinh, P. 2023. INSECT: A TOOL FOR WEED MANAGEMENT, 154–162.
- Đević, M. 2007. Konzervacijska obrada zemljišta - terminologija, klasifikacija i potencijali, I, II, III i IV deo. Seminar savetodavca poljoprivredne stručne službe AP Vojvodine, Divčibare.
- Dorđević, S., Marković, T., Vrbničanin, S., Božić, D. 2013. Uticaj etarskih ulja na klijanje korovske vrste *Ambrosia artemisiifolia* L. *Lekovite sirovine*, (33):95-106.
- Ebrahimi, M., Ricki Maryshany, A., Shirmohammadi, E. 2016. Effect of extract of fast growing species *Trifolium alexandrium* L. on germination, photosynthetic pigments and nutrient uptake of *Prosopis cineraria* L. *Druce. Ecopersia*, 4(3):1493–1503.
- Einhellig, A. 1986. in: Putnam A. R., Tang, C. S. (Eds), *The Science of Allelopathy*, John Wiley and Sons, NewYork, 171–189.
- Einhellig, F.A. 2004. Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In Macías, F.A., Galindo, J.C.G., Molinillo, J.M.G., Cutler, H.G. (eds) *Allelopathy. Chemistry and Mode of Action of Allelochemicals*, CRC Press, Boca Raton, 217-238.
- Elhassan, A.M., Khalifa, K.A., Abbas, H.S. 2014. Flame weeding method to control weeds in faba bean in River Nile State in Sudan, *Poljoprivredna tehnika*, 39(2):53-60.
- Ellnain-Wojtaszek, M., Kurczynski, Z., Kasprzak, J. 2001. Analysis of the content of flavonoids, phenolic acids as well as free radicals from *Ginkgo biloba* L. leaves during the vegetative cycle. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 58:205–209.
- Fertu, C., Dobrota, L.M., Balasan, D.L., Stanciu, S. 2021. Monitoring the vegetation of agricultural crops using drones and remote sensing – comparative presentation. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(2):249-254.
- Genger, R.K., Rouse, D.I., Charkowski, A.O. 2018. Straw mulch increases potato yield and suppresses weeds in an organic production system. *Biological Agriculture & Horticulture*, 34(1): 53-69.
- Ghatrehsamani, S., Jha, G., Dutta, W., Molaei, F., Nazrul, F., Fortin, M., Bansal, S., Debangshi, U., Neupane, J. 2023. Artificial intelligence tools and techniques to combat herbicide resistant weeds - A review. *Sustainability*, 15(3):1843.
- Ghosheh, H. Z. 2005. Constraints in implementing biological weed control: a review. *Weed biology and management*, 5(3):83-92.
- Golijan, P. J., Sečanski, M., Gordanić, S., Šarčević, T. L. 2023. Weed biological control with fungi-based bioherbicides. *Acta Agriculturae Serbica*, 28(55):23-37.
- Granatstein, D., Mullinix, K. 2008. Mulching options for northwest organic and conventional orchards. *HortScience*, 43:45–50.
- Hamdi, A., Majouli, K., Vander Heyden, Y., Flamini, G., Marzouk, Z. 2017. Phytotoxic activities of essential oils and hydrosols of *Haplophyllum tuberculatum*. *Industrial Crops and Products*, 97: 440-447.
- Hanana, M., Mansour, M.B., Algabr, M., Amri, I., Gargouri, S., Romane, A., Jamoussi, B., Hamrouni, L. 2017. Potential use of essential oils from four Tunisian species of Lamiaceae: Biological alternative for fungal and weed control. *Records of Natural Products*, 11, 258–269.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Hansson, D., Matsson, J.E. 2002. Effect of drop size, water flow, wetting agent and water temperature on hot-water control. *Crop Protection* 21(9):773-781.
- Hao, K. X., Lotfollahi, P., Xue, X. F. 2023. Three new eriophyid mite species from China (Acari: Eriophyidae). *Insects*, 14(2):159.
- Harding, D. P., Raizada, M. N. 2015. Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: a review. *Frontiers in plant science*, 6:659.
- Hasan, W., Nigam, R., Singh, J., Singh, R., Jaiswal, Dr. S., Singh, A. 2022. Weed management through insects. *Recent Trends in Integrated Pest and Disease Management*. Book chapter dr. Jaiswal, 166–173.
- Hayden, Z.D., Brainard, D.C., Henshaw, B., Ngouajio, M. 2012. Winter annual weed suppression in rye-vetch cover crop mixtures. *Weed Technology*, 26:818-825.
- Hodgdon, E.A., Warren, N.D., Smith, R.G., Sideman, R.G. 2016. In-season and carryover effects of cover crops on productivity and weed suppression. *Agronomy journal*, 108:1624 -1635.
- Hussain, H. F. 2001. Estimation of critical period of crop weed competition and nutrient removal by weeds in onion (*Allium cepa* L.) in sandy soil Egypt. *Journal of Agronomy*, 24:43-62.
- Ibáñez, M.D., Blázquez, M.A. 2017. Herbicidal value of essential oils from oregano-like flavour species. *Food and Agricultural Immunology*, 28, 1168–1180.
- Ibáñez, M.D., Blázquez, M.A. 2018. Phytotoxicity of Essential Oils on Selected Weeds: Potential Hazard on Food Crops. *Plants*, 7:79.
- Inderjit, K. 1996. Plant phenolics in allelopathy. *The Botanical Review*, 62(2):186-202.
- Javaid, A., Anjum, T. 2006. Control of *Parthenium hysterophorus* L., by aqueous extracts of allelopathic grasses. *Pakistan Journal of Botany*, 38(1):139-145.
- Ji, S., Unger, P.W. 2001. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 65(2):443-448.
- Jordán, A., Zavala, L.M., Gil, J. 2010. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in Southern Spain. *Catena*, 81:77-85.
- Jug, D. 2017. Malčiranje – zastiranje. *Nastavni materijal, Poljoprivredni fakultet Osijek*. Osijek, Hrvatska.
- Juwono, F.H., Wong, W.K., Verma, S., Shekhawat, N., Lease, B.A., Apriono, C. 2023. Machine learning for weed-plant discrimination in agriculture 5.0: An in-depth review. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 10, 15, 18, 19.
- Klein, O., Kroschel, J. 2002. Biological control of *Orobanche* spp. with *Phytomyza orobanchia*, a review. *Biocontrol*, 47:245-277.
- Knežević, S.Z., Stepanović, S., Datta, A. 2014. Growth Stage Affects Response of Selected Weed Species to Flaming. *Weed Technology*, 28(1):233–242.
- Kolb, W. 1990. Mulchdecke und Unkraut. *Deutsche Baumschule*, 2:72-73.
- Konstantinović, I.B., Meseldžija, M., Samardžić, N., Blagojević, M. 2012. Suzbijanje korova u organskoj proizvodnji. *Biljni lekar*, 4:310-315.
- Konstantinović, I.B., Konstantinović, B.B. 2014. Osnovi herbologije i korovi urbanih sredina. *Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet*.
- Konstantinović, B., Vidović, S., Koren, A., Kojić, M., Samardžić, N., Popov, M., Blagojević, M., Gavarić, A., Pavlić, B. 2017c. Allelopathic effect of *Cannabis sativa* L. essential oil on initial growth of *Chenopodium album* L. *International Symposium on Analytical and Environmental Problems (ISAEP)*, Szeged, 310-312.
- Konstantinović, B., Vidović, S., Kojić, M., Samardžić, N., Popov, M., Blagojević, M., Pavlić, B., Koren, A. 2017a. Allelopathic effect of *Cannabis sativa* L. distillation residues on initial growth of *Ambrosia artemisiifolia* L. *Organic Agriculture for Agrobiodiversity Preservation*, 106.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Konstantinović, B., Vidović, S., Koren, A., Kojić, M., Samardžić, N., Popov, M., Blagojević, M., Gavarić, A., Pavlić, B. 2017b. Allelopathic Effects of *Cannabis sativa* L. Extract on *Ambrosia artemisiifolia* L. Seed Germination. International Symposium on Weeds and Invasive Plants, Chios, 104-105.
- Konstantinović, B., Šućur, J., Kojić, M., Samardžić, M., Vidović, S., Koren, A., Vladić, J., Gavarić, A., Popov M. 2019. Effect of *Cannabis sativa* L. extract to oxidative stress of *Sorghum halepense* L. International Symposium on Analytical and Environmental Problems (ISAEP), Segedin, 394-396.
- Konstantinović, B., Koren, A., Kojić, M., Samardžić, M., Sikora, V., Popov M. 2021. Allelopathic properties of hemp. Contemporary Agriculture, 70(3-4):101-107.
- Konstantinović, B., Popov M., Samardžić N., Aćimović, M., Šućur Elez, J., Stojanović, T., Crnković, M., Rajković, M. 2022a. The Effect of *Thymus vulgaris* L. Hydrolate Solutions on the Seed Germination, Seedling Length, and Oxidative Stress of Some Cultivated and Weed Species. Plants, 11(13):1782.
- Konstantinović, B., Popov, M., Samardžić N., Stojanović, T., Aćimović, M. 2022b. Hidrolat *Nepeta cataria* L. – uticaj na gajene i korovske vrste. XVII Savetovanje o zaštiti bilja. Zbornik rezimea radova, 57.
- Konstantinović, B., Popov, M., Samardžić, N., Stojanović, T., Aćimović, M. 2022c. Effects of peppermint and thyme hydrolates on common ragweed germination and early growth. International Ragweed Society Conference "Ragweed - a success story", 34.
- Korać, N., Ivanišević, D., Popov, M. 2011. Organsko vinogradarstvo. Zadužbina Andrejević, Beograd.
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., Mete, E. 2008. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. Bioresource Technology, 99(18):8788–8795.
- Koren, A., Sikora, V., Kiproviski, B., Brdar-Jokanović, M., Aćimović, M., Konstantinović, B., Latković D. 2020. Controversial taxonomy of hemp. Genetika, 52(1):1-13.
- Kruse, M., Strandberg, M., Strandberg, B. 2000. Ecological Effects of Allelopathic Plants – A Review. National Environment Institute – NERI. Technical Report, Silkeborg, Denmark, 16 – 34.
- Lal, R. 1974. Soil temperature, soil moisture and maize yield from mulched and unmulched tropical soils. Plant & soil, 40(1):129-143.
- Lameski, P., Zdravevski, E., Trajkovik, V., Kulakov, A. 2018. A short review of the environmental impact of automated weed control. ICT Innovations 2018 - Engineering and Life Sciences, 10th International Conference, Proceedings.
- Lazarević, J., Aćimović, M., Pezo, L., Lončar, B., Konstantinović, B., Popov, M., Šovljanski, O., Travičić, V., Sikora, V., Vujisić, Lj. 2023. Chemical Composition and In Vitro Biological Activity of Angelica Root and Hop Strobile Essential Oils and Hydrolates. Waste Biomass Valor 15:867–883.
- Leon, R.G., Ferreira, D.T. 2008. Interspecific differences in weed susceptibility to steam injury. Weed Technology, 22:719–723.
- Li, Z-H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C-D., Jiang, D-A. 2010. Phenolics and Plant Allelopathy. Molecules, 15:8933-8952.
- Maes, C., Meersmans, J., Lins, L., Bouquillon, S., Fauconnier, M.L. 2021. Essential Oil-Based Bioherbicides: Human Health Risks Analysis. International Journal of Molecular Sciences, 22(17):9396.
- Mahdavia, F., Saharkhiz, M. J. 2015. Phytotoxic activity of essential oil and water extract of peppermint (*Mentha piperita* L. CV. Mitcham). Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 2(4):146–153.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Manisankar, G., Banerjee, M., Malik, G.C., Sathiyabama, N. 2022. Robotics in weed management: a review. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 53(4):7016-7021.
- Marian, M., Voşgan, Z., Roşca, O.M., Mihalescu, L. 2016. Allelopathy relationship between plants and their use in organic farming. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 200.
- Marini, F., Weyl, P., Vidović, B., Petanović, R., Littlefield, J., Simoni, S., Smith, L. 2021. Eriophyid mites in classical biological control of weeds: Progress and challenges. *Insects*, 12(6):513.
- Martelloni, L., Frascioni, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Peruzzi, A. 2019. The Use of Different Hot Foam Doses for Weed Control. *Agronomy*, 9(9):490.
- Martelloni, L., Frascioni, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Peruzzi, A. 2021. Hot foam and hot water for weed control: A comparison. *Journal of Agricultural Engineering*. LII: 1167.
- Martinov, M., Đukić, N., Tešić, M. 2005. Trendovi razvoja poljoprivredne mehanizacije u svetu i primenljivost u domaćim uslovima. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 31(1-2):1-76.
- Matthews, G.A. 2000. *Pesticide application methods*. 3rd Edition. Blackwell Science, London, UK.
- McPartland, J.M. 1997. Cannabis as repellent and pesticide. *Journal of International Hemp Association*, 4(2):87-92
- Melander, B., Kristiansen, J.K. 2011. Soil steaming effects on weed seedling emergence under the influence of soil type, soil moisture, soil structure and heat duration. *Annals of Applied Biology*, 158:194–203.
- Mengal, B.S., Baloch, S.U., Sun, Y., Bashir, W., Wu, L.R., Shahwani, A.R., Baloch, H.N., Baloch, S.K., Baloch, R.A., Sabiel, S.I., Badini, S.A., Baber, S. 2015. The influence of allelopathic weeds extracts on weeds and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(1):218-228.
- Merfield, C.N., Hampton, J.G., Wratten, S.D. 2017. Efficacy of heat for weed control varies with heat source, tractor speed, weed species and size. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 60(4):437-448.
- Mezgebe, H., Girmay, G., W., Teka, K. 2022. Comparing the effects of different organic mulching materials on weed control, soil moisture conservation, and wheat (*Triticum aestivum*) productivity in the moisture deficit areas. *Research Square. Advance in Environmental Waste Management & Recycling*, 5(2):245-254.
- Miljković, I. 1996. Hrvatsko voćarstvo pred novim odrednicama. *Agronomski glasnik*, 2-4:123-141.
- Mirecki, N. 2014. *Organska proizvodnja*. Univerzitet Crne Gore, Biotehnički fakultet Podgorica, Podgorica, Crna Gora.
- Mirsky, S.B., Ryan, M.R., Teasdale, J.R., Curran, W.S., Reberg-Horton, C.S., Spargo, J.T., Wells, M.S., Keene, C.L., Moyer, J.F. 2013. Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States. *Weed Technology*, 27:193–203.
- Mu, L., Liang, Y., Zhang, C., Wangü, K., Shi, G. 2014. Soil respiration of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under different mulching practices in a greenhouse, including controlling factors in China, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 37-41.
- Muchhadiya, R.M., Kumawat, P.D., Gohil, B.S., Sakarvadia, H.L. 2024. Precision weed management using artificial intelligence tools and techniques for sustainable agriculture. *Agriculture & Food: E-Newsletter*, 6(1):606-611.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Narwal, S.S., Hoagland, R.E., Dilday, R.H., Reigosa, M.J. 2000. Proceedings of congress. Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry, 1-9.
- Narwal, S.S., Sarmah, M.K., Tamak, J.C. 1998. Allelopathic strategies for weed management in the rice-wheat rotation in northwestern India. In Allelopathy in Rice (ed. M. Olofsson), IIRI Press, Manila.
- Nasiri, A., Omid, M., Taheri-Garavand, A., Jafari, A. 2022. Deep learning-based precision agriculture through weed recognition in sugar beet fields. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 35:100759.
- Nikneshan, P., Karimmojeni, H., Moghanibashi, M., Hosseini, N. 2011. Allelopathic potential of sunflower on weed management in sunflower and wheat. Australian Journal of Crop Science, 5(11):1434.
- Nozdrovický, L. 2008. Uticaj dejstva redukovanih tehnologija obrade zemljišta na rast i razvoj useva na podlozi prekrivenoj biljnim ostacima, Savremena poljoprivredna tehnika, 34(34):117-270.
- Onaran, A., Yilar, M., Belguzar, S., Bayan, Y., Aksit, H. 2014. Antifungal and Bioherbicidal Properties of Essential Oils of *Thymus fallax* Fish & Mey., *Origanum vulgare* L. and *Mentha dumetorum* Schult. Asian Journal of Chemistry, 26, 5159-5164.
- Özer, H. 2012. The effect of different raised beds, mulch types and organic manures on the growth, development, yield and quality of organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Ondokuz Mayıs University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Samsun, 427527.
- Peerzada, A.M., Chauhan, B.S. 2018. Chapter 2. Thermal Weed Control: History, Mechanisms, and Impacts. In Non-Chemical Weed Control; Jabran, K., Chauhan, B.S., Eds.; Elsevier: London, UK, 9-31.
- Perez-Ilzarbe, F. J., Martinez, V., Hernandez, T., Estrella, I. 1991. Liquid chromatographic determination of apple pulp procyanidins. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 15:637-646.
- Petit, S., Bohan, D. A., Dijon, A. 2018. The use of insects in integrated weed management. In Integrated weed management for sustainable agriculture (453-468). Burleigh dodds Science publishing. Plant temperature variation in the thermal weed control process. J. Plant Dis. Prot. 20:355-361.
- Popov, M. 2016. Rasprostranjenost, biološke karakteristike i suzbijanje *Asclepias syriaca* L. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Doktorska disertacija.
- Popov, M., Konstantinović, B., Milić, B., Samardžić, N., Barać, G., Stojanović, T. 2023a. Uticaj različitih vrsta višegodišnjeg malča na banku semena korova u voćnjaku. Biljni lekar, 51(5): 690-709.
- Popov, M., Grahovac, M., Loc, M., Prvulović, D., Budakov, D., Konstantinović, B., Samardžić, N., Stojanović, T. 2023b. Antimicrobial activity of the *Asclepias syriaca* L. root extract, Romanian Agricultural Research, 40:1-7. DOI: 10.59665/rar4053
- Pupalienè, R., Sinkevičienè, A., Jodaugienè, D., Bajorienè, K. 2015. Weed Control by Organic Mulch in Organic Farming System. In: Weed Biology and Control. (ed. Pilipavicius, V.) InTech. 65-86.
- Qin, L., Hana, T., Lib, H., Zhanga, Q., Zhenga, H.A. 2006. New thiazinedione from *Xanthium strumarium*. Fitoterapia, 77:245-246.
- Qu, H.R., Su, W.H. 2024. Deep learning-based weed-crop recognition for smart agricultural equipment: A review. Agronomy, 14:363.
- Rai, N., Zhang, Y., Ram, B.G., Schumacher, L., Yellavajjala, R.K., Bajwa, S., Sun, X. 2023. Applications of deep learning in precision weed management: A review. Computers and Electronics in Agriculture, 206:107698.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Raja, R., Slaughter, D.C., Fennimore, S.A., Nguyen, T.T., Vuong, V.L., Sinha, N., Tourte, L., Smith, R.F., Siemens, M.C. 2019. Crop signalling: a novel crop recognition technique for robotic weed control. *Biosystems Engineering*, 187:279-284.
- Rajković, M. 2018. Suzbijanje korova primenom plamena u usevima kukuruza i soje. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet. Doktorska disertacija.
- Ranjan, R., Patle, G.T., Prem, M., Solanke, K.R. 2017. Organic Mulching - A Water Saving Technique to Increase the Production of Fruits and Vegetables. *Current Agriculture Research Journal*, 5(3):371-380.
- Rask, A. M., Andreasen, C., Kristoffersen, P. 2012. Response of *Lolium perenne* to repeated flame treatments with various doses of propane. *Weed Research*, 52(2):131-139.
- Rasmussen, J.A., Einhellig F.A. 1975. Non-competitive effects of common milkweed, *Asclepias syriaca* L., on germination and growth of grain sorghum. *The American Midland Naturalist Journal*, 94(2):478-483.
- Razzaque, M.A., Ali, M.A. 2009. Effect of mulching material on the yield and quality of potato varieties under no tillage condition of Ganges tidal flood plain soil Bangladesh. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 44(1):51-56.
- Rehman, M., Hussain, M., Ali, M., Mustafa, Ch., Shafi, J., Iqbal, F. 2013. Allelopathy of Brassica. A review. *Scientia Agriculturae*, 222-229.
- Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., Saller, R. 2009. Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties – An overview. *Forsch Komplementmed*, 16:79-90.
- Roberts, J., Florentine, S. 2024. Advancements and developments in the detection and control of invasive weeds: a global review of the current challenges and future opportunities. *Weed Science*, 72(3):1-29.
- Rolli, E., Marieschi, M., Maietti, S., Sacchetti, G., Bruni, R. 2014. Comparative phytotoxicity of 25 essential oils on pre- and post-emergence development of *Solanum lycopersicum* L.: A multivariate approach, *Industrial Crops and Products*, 60:280-290.
- Rose, S.J., Burnside, Specht, J.E. 1984. Competition and allelopathic between soybeans and weeds. *Agronomy Journal*, 76(4):523-528
- Rotim, N. 2017. Značaj i prednosti primjene folija u proizvodnji povrća. *Glasnik zaštite bilja*, 3:48-51.
- Roux-Michollet, D., Dudal, Y., Jocteur-Monrozier, L., Czarnes, S. 2010. Steam treatment of surface soil: how does it affect water-soluble organic matter, C mineralization, and bacterial community composition? *Biology and Fertility of Soils*, 46:607-616.
- Sagdic, O. 2003. Sensitivity of four pathogenic bacteria to Turkish thyme and oregano hydrosols, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36:467-473.
- Salon, P.S. 2015. Diverse cover crop mixes for good soil health. *Soil Wealth ICP*.
- Samardžić, N. 2017. Alelopatski uticaj ekstrakata korovskih vrsta *Abutilon theophrasti* Med. i *Xanthium strumarium* L. na useve soje i kukuruza. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. Doktorska disertacija.
- Santana, C.M., Ferrera, Z.S., Padrón, M.E.T., Rodríguez, J.J.S. 2009. Methodologies for the extraction of phenolic compounds from environmental samples: New Approaches. *Molecules*: 14:298-320.
- Semerdjieva, I., Atanasova, D., Maneva, V., Zheljazkov, V., Radoukova, T., Astatkie, T., Dincheva, I. 2022. Allelopathic effects of Juniper essential oils on seed germination and seedling growth of some weed seeds. *Industrial Crops and Products*, 180:114768.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Shrestha, A., Moretti, M., Mourad, N. 2012. Evaluation of Thermal Implements and Organic Herbicides for Weed Control in a Nonbearing Almond (*Prunus dulcis*) Orchard. *Weed Technology*, 26:110-116.
- Singh, G., Kaur, G., Williard, K.W., Nelson, K., Schoonover, J.E. 2019. Cover crops and topography differentially influence weeds at a watershed scale. *Weed Technology*, 34:73–81.
- Sirvydas, A., Lazauskas, P., Stepanas, A., Nadzeikiene, J., Kerpauskas, P. 2006. Plant temperature variation in the thermal weed control process. *Journal of Plant Diseases and Protection -New Series*, 20:355-361.
- Sivesind, E.C., LeBlanc, M.L., Cloutier, D.C., Seguin, P., Stewart, K.A. 2009. Weed response to flame weeding at different developmental stages. *Weed Technology*, 23:438–443.
- Smeda, R.J., Weller, S.C. 1996. Potential of rye for weed management in transplanted tomatoes. *Weed Sciences*, 44:596–602.
- Smith, L., de Lillo, E., Amrine, J. W. 2010. Effectiveness of eriophyid mites for biological control of weedy plants and challenges for future research. *Experimental and Applied Acarology*, 51:115-149.
- Sønsteby, A., Nes, A., Mage, F. 2004. Effects of bark mulch and NPK fertilizer on yield, leaf nutrient status and soil mineral nitrogen during three years of strawberry production. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant*, 54:128-134.
- Sousa, O.V., Del-Vechio-Vieira, G., Alves, M.S., Araújo, A.A.L., Pinto, M.A.O., Amaral, M.P.H., Rodarte, M.P., Kaplan, M.A.C. 2012. Chemical composition and biological activities of the essential oils from *Duguetia lanceolata* St. Hil. barks. *Molecules*, 17:11056–11066.
- Stalikas, C.D. 2007. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30:3268–3295.
- Stepanović, S., Datta, A., Neilson, B., Bruening, C., Shapiro, C. A., Gogos, G., Knezevic, S. Z. 2015. Effectiveness of flame weeding and cultivation for weed control in organic maize. *Biological Agriculture & Horticulture*, 32(1):47–62.
- Stivers-Young, L. 1998. Growth, nitrogen accumulation, and weedsuppression by fall cover crops following early harvest of vegetables. *Hort Science*, 33:60–63.
- Šević, A. 2018. Efektivno korišćenje piljevine kao đubriva. Beograd.
- Teasdale, J.R., Mohler, C.L. 1993. Light transmittance, soiltemperature, and soil moisture under residue of hairy vetchand rye. *Agronomy Journal*, 85:673–680.
- Thahir, I.M., Ghafoor, A.O. 2011. The allelopathic potential of Johnsongrass *Sorghum halepense* (L.) Pers. To control some weed species. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 40(2):16-23.
- Thakur, N., Kaur, S., Tomar, P., Thakur, S., Yadav, A. N. 2020. Microbial biopesticides: current status and advancement for sustainable agriculture and environment. In *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*, 243-282.
- Tornuk, F., Cankurt, H., Ozturk, I., Sagdic, O., Bayram, O., Yetim, H. 2011. Efficacy of various plant hydrosols as natural food sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Typhimurium* on fresh cut carrots and apples. *International Journal of Food Microbiology*, 148 (1):30-35.
- Torres-Sánchez, J., López-Granados, F., de Castro, A.I., Peña-Barragán, J.M. 2013. Configuration and specifications of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for early site specific weed management. *PLoS ONE*, 8(3):e58210.
- Trikić, N. 2014. Primena mera konzervacije i očuvanja plodnosti zemljišta na poljoprivrednim gazdinstvima u Vojvodini. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Turner, C.E., Elsohly, M.A., Boeren, E.G. 1980. Constituents of *Cannabis sativa* L. XVII. A review of the natural constituents. *Journal of Natural Products*, 43:169-234.
- Tworkoski, T. 2002. Herbicide effects of essential oils. *Weed Science*, 50(4):425-431.
- Ulloa, S. M., Datta, A., Bruening, C., Neilson, B., Miller, J., Gogos, G., Knezevic, S. Z. 2011. Maize response to broadcast flaming at different growth stages: Effects on growth, yield and yield components. *European Journal of Agronomy*, 34(1):10-19.
- Ulloa, S. M., Datta, A., Knezevic, S. Z. 2010. Growth stage-influenced differential response of foxtail and pigweed species to broadcast flaming. *Weed Technology*, 24(3):319-325.
- Upadhyay, R.K., Dwivedi, P., Ahmad, S. 2010. Screening of antibacterial activity of six plant essential oils against pathogenic bacterial strains. *Asian Journal of Medical Sciences*, 2:152-158.
- Uremis, I., Arslan, M., Sangun, M.K. 2009. Herbicidal activity of essential oils on the germination of some problem weeds. *Asian Journal of Chemistry*, 21(4):3199-3210.
- Vasileiou, M., Kyriakos, L.S., Kleisiari, C., Kleftodimos, G., Vlontzos, G., Belhouchette, H., Pardalos, P.M. 2023. Transforming weed management in sustainable agriculture with artificial intelligence: A systematic literature review towards weed identification and deep learning. *Crop Protection*, 176:106522.
- Verdeguer, M., Torres-Pagan, N., Muñoz, M., Jouini, A., García-Plasencia, S., Chinchilla, P., Berbegal, M., Salamone, A., Agnello, S., Carrubba, A., Cabeiras-Freijanes, L., Regueira-Marcos, L., Sánchez-Moreiras, A.M., Blázquez, M.A. 2020. Herbicidal Activity of *Thymbra capitata* (L.) Cav. Essential Oil. *Molecules*, 25(12):2832.
- Vincent, C., Panneton, B., Fleurat-Lessard, F. eds. 2001. Physical control in plant protection. Berlin/Paris: Springer/INRA, 329.
- Vitalini, S., Iriti, M., Vaglia, V., Garzoli, S. 2022. Chemical Investigation and Dose-Response Phytotoxic Effect of Essential Oils from Two Gymnosperm Species (*Juniperus communis* var. *saxatilis* Pall. and *Larix decidua* Mill.). *Plants*, 11(11):1510.
- Vuković, S., Šunjka, D. 2021. Biopesticidi. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 132-138.
- Walker, T.S., Bais, H.P., Grotewold, E., Vivanco, J.M. 2003. Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiology*, 132(1):44-51.
- Wallace, R.W., Bellinder, R.R. 1992. Alternative tillage and herbicide options for successful weed control in vegetables. *HortScience*, 27:745-749.
- Wawra, A. 1994. Mulchstoffe richtig einsetzen. *Deutscher Gartenbau*, 48:2856.
- Weibel, F.P., Niggli, U. 1990. Weed control with organic mulches in apple orchards: Effects on weed growth, dynamics of nitrogen in soil solution and on microbial respiration in soil. In: Proceedings 3rd International Conference IFOAM, Non-chemical Weed Control, Linz, Austria, 147-163.
- Weisberger, D., Nichols, V., Liebman, M. 2019. Does diversifying crop rotations suppress weeds? A meta-analysis. *PloS One* 14:e0219847.
- Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D., An, M. 2000. Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): variation of phenolic acids in root tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 5321-5325.
- Wu, H., Haig, T., Pratley, J., Lemerle, D., An, M., J. 1999. Simultaneous determination of phenolic acids and 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one by GC-MS-MS in wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Chromatography. A*, 864:315-321.
- Young, S.L. 2004. Natural product herbicides for control of annual vegetation along roadsides. *Weed Technology*, 18(3):580-587.
- Zeng, R.S., Mallik, A.U., Luo, S.M. 2008. *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*; Springer Science+Business Media, LLC: New York, NY, USA.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Zheng, W., Wang, S.Y. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4977–4982.

ORGANSKA POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA U FUNKCIJI ODRŽIVOG RURALNOG RAZVOJA

Siniša Berjan



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹Poljoprivreda predstavlja osnovu ruralnog života, značajno doprinoseći ukupnom održanju ruralnih regiona u smislu poslovnih mogućnosti, infrastrukture i kvaliteta životne sredine. Udeo poljoprivrede u ruralnoj ekonomiji, a samim tim i njen značaj kao sektora, određuje potencijalni ekonomski doprinos ruralnom razvoju. U nekim zemljama, poljoprivreda je primarna ekonomska aktivnost, pa su ukupna društvena i politička stabilnost neraskidivo povezane sa stanjem u ovom sektoru.

Region Zapadnog Balkana, a posebno neke od država (Srbija, Bosna i Hercegovina, Crna Gora), nalaze se u fazi konsolidacije i ekonomskog rasta (Berjan et al., 2014, 2015). Međutim, iako se ekonomski razvoj odvijao paralelno sa rastom produktivnosti poljoprivredne proizvodnje (Volk, 2010), ove zemlje su i dalje pretežno ruralna društva (Berjan et al., 2015a, 2015b), u najvećoj meri zavisna od poljoprivrede i lišena mogućnosti koje nude industrijski i uslužni sektori. Uprkos njenom relativnom padu od 2000. godine, poljoprivreda je u 2021. godini činila 6,3% bruto društvenog proizvoda Srbije, 5,2% u Bosni i Hercegovini (BiH) i 6,5% u Crnoj Gori (World Bank, 2023).

Svakako da uravnoteženog razvoja ne može biti bez obraćanja posebne pažnje na ruralna područja i prepoznavanja poljoprivrede i ruralnog razvoja kao nosioca budućeg napretka regiona. Visoko koordinisan ruralni razvoj postaje još važniji imajući u vidu da su ove zemlje u potpunosti posvećene pridruživanju Evropskoj uniji (EU), te da su već načinjene suštinske promene u ovim oblastima, kao važni koraci za olakšavanje integracije u EU (FAO, 2014). Međutim, kreatori politike imaju prilično tradicionalan pogled na ruralni razvoj i vide ga uglavnom isključivo kroz prizmu razvoja poljoprivrede. Kao rezultat, većina političkih intervencija odnosi se na podršku proizvodnji, ostavljajući za sobom oskudna sredstva za druge mere koje bi doprinele poboljšanju kvaliteta života u ruralnim područjima (Berjan et al., 2020).

Pod terminom *ruralni razvoj* podrazumeva se, pre svega, proces unapređenja kvaliteta života u ruralnim područjima, prvenstveno ulaganjem u ukupnu infrastrukturu, ali i ekonomsko blagostanje ljudi koji žive u tim područjima.

Ukupno posmatrano, razvoj mora obuhvatiti dva glavna pravca – urbanu industrijalizaciju i unapređenje ruralnih područja. Naročito je poslednjih decenija stavljen akcenat na programe i projekte ruralnog razvoja i

¹ Dr Siniša Berjan, vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

uviđanje da je razvoj ovih regiona podjednako važan kao i izgradnja urbanih, industrijskih kompleksa. O značaju ove teme govori i podatak iz 2021. godine da na svetskom nivou čak 44% populacije živi u ruralnim područjima (WorldBank, 2022). U većini ekonomski razvijenih zemalja poljoprivreda čini relativno mali deo diversifikovane ruralne ekonomije, a značaj poljoprivrede u smislu proporcije nacionalnog bogatstva i zaposlenosti je, u većini regiona, u opadanju. Ovo svakako ne umanjuje potencijalnu ulogu poljoprivrede u ruralnom razvoju u tim zemljama, ali je neophodno uključiti i doprinos alternativnih ekonomskih aktivnosti, koje mogu ponuditi trajne izgleda za zapošljavanje i ekonomski napredak. Pored ovog, ruralna područja se i dalje intenzivno suočavaju sa problemima kao što su depopulacija, starenje stanovništva, fosilizacija pejzaža i pogoršanje gotovo svih socio-ekonomskih pokazatelja, što ova područja čini pasivnim i nepoželjnim, posebno za mlade ljude (Berjan et al., 2015c). Stoga je diverzifikacija aktivnosti ruralnog stanovništva van primarne poljoprivredne proizvodnje opšteprihvaćen model održivog socio-ekonomskog rasta i razvoja (SWG, 2020).

Za razliku od urbanih sredina, ruralna područja se međusobno izuzetno razlikuju po prirodnom i kulturnom nasleđu, pa je neophodno razvijati lokalne, regionalne i nacionalne programe razvoja prilagođene specifičnom području. Diverzifikacija ruralne privrede je ključna i kao preduslov za demografsku stabilizaciju, koja je osnova za održivost svih komponenti razvoja. Samo u pogledu broja ljudi, postoji veoma jak argument za davanje visokog prioriteta ruralnom razvoju (Hecht et al., 2019). U prilog ovom govori i činjenica da više od polovine stanovništva na svetu, a velika većina u zemljama u razvoju (Azija, Afrika i Latinska Amerika) žive u ruralnim područjima i zarađuju deo ili ceo prihod od nekog oblika poljoprivrede (Pillai et al., 2013). Primera radi, na teritoriji Republike Srbije svega 3,1% naselja pripada gradskim, dok se 96,9% automatski smatra seoskim (Sl. glasnik RS, 85/14, 2014), dok istovremeno udeo ruralne populacije iznosi 43,3% (FAO STAT, 2021). Prema podacima iz istog izvora iz 2021. godine, procenat stanovništva u ruralnim regionima Bosne i Hercegovine je 50,6%, dok je u najbližem okruženju Evropske unije situacija nešto drugačija; u Republici Hrvatskoj udeo stanovništva ruralnih oblasti iznosi 42,1%, odnosno svega 27,8% u Mađarskoj.

Koliko je ruralni razvoj značajna oblast govori i podatak da Evropska komisija kroz Poljoprivredni fond za ruralni razvoj (EAFRD) opredeljuje ukupna izdvajanja od 95,5 milijardi evra za period 2021-2027. godina, što uključuje i 8,1 milijardi evra za pomoć u rešavanju izazova nastalih kao posledica pandemije COVID-19 (EC, 2023). Najveći udeo u podršci ruralnom razvoju imaju sredstva namenjena podsticajima za kapitalna

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ulaganja na poljoprivrednim gazdinstvima, bilo da se ostvaruju kroz bespovratna sredstva za obnovu i izgradnju objekata, nabavku opreme i mehanizacije, ili obnovu i proširenje višegodišnjih zasada.

Uloga organske poljoprivrede u ruralnom razvoju

Iako konvencionalna poljoprivreda predstavlja osnovu agroindustrijskog sektora, organska poljoprivredna proizvodnja postaje njegov sve značajniji deo. Prema podacima FiBL (*The Research Institute of Organic Agriculture*), globalna organska proizvodnja u 2020. godini obuhvata gotovo 75 miliona hektara, što predstavlja 1,5% ukupnog poljoprivrednog zemljišta, sa tendencijom stalnog rasta, dok broj organskih proizvođača na svetskom nivou iznosi oko 3,4 miliona. Organska proizvodnja ima dvostruku društvenu ulogu, pri čemu s jedne strane obezbeđuje specifično tržište odgovarajući na potražnju potrošača za ekološkim proizvodima, a s druge strane osigurava javna dobra koja doprinose zaštiti životne sredine i dobrobiti životinja, kao i ruralnom razvoju (834/2007 (EC)).

Green Deal, odnosno Evropski zeleni plan, je strategija za postizanje održive ekonomije Evropske unije (EU), sa ciljem stvaranja prvog klimatski neutralnog kontinenta do 2050. godine. Kako bi se ovo ostvarilo, neophodno je aktivnije delovanje u različitim sektorima, uključujući poljoprivredu i proizvodnju hrane. Ovim planom obuhvaćene su i zemlje Zapadnog Balkana, sa akcentom na ekonomski oporavak i harmonizaciju sa EU praksama, aktivnostima u oblasti cirkularne ekonomije, smanjenja zagađenja vode, vazduha i zemljišta, održive proizvodnje hrane i ruralnih područja, kao i zaštiti biodiverziteta.

Organska poljoprivredna proizvodnja nameće se kao jedan od održivih načina ostvarenja navedenih ciljeva, s obzirom da ekološki sistemi proizvodnje hrane, bilo da se radi o sertifikovanoj organskoj proizvodnji ili o ekološkom načinu, podrazumevaju odsustvo sintetičkih agrohemikalija. Istovremeno, ovaj način proizvodnje značajno podstiče ruralni razvoj (Petrović et al., 2015). Doprinos organske poljoprivrede ukupnom održivom ruralnom razvoju ogleda se u promovisanju raznolikosti područja, očuvanju i zaštiti životne sredine, uz proizvodnju kvalitetne i zdravstveno bezbedne hrane, razvoj tržišta rada i kapitala (Pugliese, 2001; Loblei et al., 2005; Kilcher, 2007; Roljević and Paraušić, 2019).

Važno je istaći da je veća ekonomska cena proizvoda značajan, ali ne i odlučujući motiv proizvođača prilikom zasnivanja organske proizvodnje. Istraživanja pojedinih autora (Loblei et al., 2005; Mzoughi, 2011) ukazuju da posvećenost farmera organskoj poljoprivrednoj proizvodnji mnogo više zavisi od društvenih, moralnih i ekoloških elemenata, životne filozofije i

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ideala, a u manjoj meri od ekonomskih razloga. Njihova odluka je prvenstveno zasnovana na drugom, manje vidljivom motivu, a to je postizanje prirodne ravnoteže u kojoj se ne uzima iz zemljišta i životne sredine, već se ekološkim merama vraća, a zemljište se, kao važan faktor proizvodnje, neguje. Dakle, pored profita koji proizvođači ostvaruju zbog veće ekonomske isplativosti i najčešće manjih ulaganja, posebno u porodičnom tipu proizvodnje, prednost organske poljoprivrede ogleda se i u kvalitetu hrane koja nije tretirana sintetičkim supstancama, u održavanju i povećanju plodnosti zemljišta, brizi o životinjama, očuvanju biodiverziteta i životne sredine, od čega ima koristi celo društvo.

Organska poljoprivreda se može povezati sa bilo kojom funkcijom ruralnog područja. Ekonomska uloga se ogleda u širenju obima zapošljavanja putem stvaranja novih radnih mesta, poboljšanju sposobnosti zadržavanja stanovništva, dok je ekološka funkcija povezana sa očuvanjem životne sredine, a na indirektan način i sa održanjem biodiverziteta.

Organska, odnosno ekološka poljoprivredna proizvodnja pruža dobru ekonomsku osnovu proizvođačima u ruralnim područjima. Ovaj vid poljoprivrede, kao složen i integrisan sistem, obuhvata ne samo proizvodnju već i preradu, pakovanje i marketing proizvoda. S druge strane, važno je uspostaviti organizacione i interesne forme i sisteme koji pokrivaju samu proizvodnju, snabdevanje opremom i genetskom bazom, male i srednje prerađivačke kapacitete, pakovanje, savetodavni i marketing menadžment.

Poljoprivredna proizvodnja se u ruralnim područjima ostvaruje sa relativno malim inputima, pa je zagađenje zemljišta, vode i vazduha manje ili u potpunosti isključeno. Ovo je posebno karakteristika planinskih područja gde je poljoprivreda gotovo jedina privredna delatnost. Zemlje Balkanskog poluostrva, a posebno planinski regioni Bosne i Hercegovine i Republike Srbije, imaju sve uslove za organizovani razvoj organske poljoprivrede i proizvodnju kvalitetne, zdravstveno bezbedne hrane uz ostvarivanje ekonomskog profita i očuvanje životne sredine (Lazić, 2010; Kovačević et al., 2012; Oljača et al., 2014; SWG, 2022). Perspektive razvoja organske poljoprivrede u ovoj oblasti su izuzetne, kako zbog veoma povoljnih prirodnih uslova i nezagađene životne sredine, tako i zbog angažovanja velikog broja nezaposlenih. Tradicionalno opredeljenje stanovništva za poljoprivredu kao osnovnu delatnost, mala gazdinstva, povoljni agroekološki uslovi, zabrana uzgoja genetski modifikovanih biljaka, su veoma dobri preduslovi za razvoj organske poljoprivrede.



Slika 8.1. Sadnja krompira na porodičnom gazdinstvu (Jahorina)
(foto: Močević)

Organska proizvodnja u BiH i Srbiji prisutna je u vidu biljne i stočarske proizvodnje, pčelarstva, sakupljanja i prerade samoniklog bilja i šumskih plodova. U brdsko-planinskim regionima najzastupljenije je sakupljanje lekovitog bilja i pčelarstvo, dok je proizvodnja voća, povrća i žitarica najviše zastupljena u ravničarskim i brdskim regionima (Milić et al., 2019). Dominantni travnjaci, a pre svega prirodne livade i pašnjaci na ovom području, čine osnovu razvoja stočarstva, posebno govedarstva, ovčarstva i kozarstva. Na tržištu su dostupni sveži i prerađeni organski proizvodi domaće proizvodnje kao što su povrće, žitarice (pšenica, ječam, ovas, spelta), med, heljda, pečurke, lekovito bilje (ekstrakti i različite vrste čajeva), šumsko voće, jagoda, malina, industrijsko bilje, neven i kozmetika na bazi meda (Milić et al., 2019). U najvećoj meri prisutni su med, začinsko bilje i proizvodi od heljde. Prema podacima Spoljnotrgovinske komore BiH, godišnje se izveze lekovito bilje, med i heljda u vrednosti od 4,5 miliona evra. Ostali organski proizvodi izvoze se u iznosu od 2,35 miliona evra, najviše na tržište Nemačke i Francuske. Najveći finansijski efekti izvoza (75% ukupnog izvoza) ostvaruju se upravo u sektoru organske poljoprivrede.

U Republici Srbiji, organska biljna proizvodnja je najzastupljenija u Autonomnoj Pokrajini (AP) Vojvodini (72% ukupnih površina pod organskom proizvodnjom), sledi region Južne i Istočne Srbije (16%), Šumadije i Zapadne Srbije (11%). Najzastupljenije biljne vrste koje se gaje primenom metoda organske proizvodnje su kukuruz, pšenica, soja, šljiva, jabuka i malina.



Pčelarstvo na
porodičnom
gazdinstvu u selu
Ilovice (Jahorina)
(foto: Močević)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Takođe, velika količina sertifikovanih divljih biljnih vrsta (malina, jagoda, kupina, jabuka, borovnica, pečurke i dr.) sakuplja se iz prirode, u skladu sa važećim propisima. Broj zasada voća i vinograda namenjenih organskoj proizvodnji je mali, kao i površine koje oni zauzimaju, a u organskoj stočarskoj proizvodnji najviše se gaje ovce, živina i goveda (Sl. Glasnik RS, 85/14).

Pored ovih prednosti i mogućnosti za uključivanje porodičnih gazdinstava u oblast organske proizvodnje, treba istaći i probleme koji usporavaju razvoj ovog sektora. Organsku poljoprivrednu proizvodnju ovih područja karakteriše relativno skromna površina u odnosu na ukupno poljoprivredno zemljište, kao i mali broj poljoprivrednih kultura koje se proizvode (Milić et al., 2019). Depopulacija sa izraženim trendom demografskog izumiranja, visoka starost stanovništva, značajna zastupljenost dnevne migracije nepoljoprivrednog i mladog stanovništva, slaba saobraćajna infrastruktura, dominacija poljoprivrede i slaba diverzifikacija ostalih proizvodnih i neproizvodnih aktivnosti, rezultiraju niskim životnim standardom ruralnih područja (Spalević, 2009).

Imajući u vidu da poljoprivreda i dalje ima važnu socio-ekonomsku ulogu na selu, i da veliki procenat stanovništva živi u ruralnim područjima, razvoj je nezamisliv bez obraćanja veće pažnje na seosko stanovništvo i borbu protiv ruralnog siromaštva. S obzirom na rastuće trendove tržišta i ekonomsku isplativost, organska poljoprivreda ima tendenciju da preraste u novi „alternativni“ vid zapošljavanja u ruralnim krajevima. Pored proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane, organska poljoprivreda ima veoma važnu ulogu i u očuvanju vrednosti ruralnih područja i stvaranju alternativnih izvora prihoda, te predstavlja integrisani element politike ruralnog razvoja (El Bilali et al., 2015). Na ovaj način ruralni razvoj se može posmatrati kao potencijalni pokretač regionalnog razvoja.

Pored ekološkog oblika poljoprivredne proizvodnje, razvojnu šansu ovih regiona čine privredne delatnosti koje se naslanjaju na poljoprivredu, a sve sa ciljem zapošljavanja i ostanka na selu mlađe populacije stanovništva, što bi doprinelo boljem kvalitetu života i razvoju čitavog ruralnog područja (Maletić et al., 2011).

Organski turizam

Iako su ruralna područja tradicionalno usko vezana za korišćenje prirodnih resursa i privrednih grana poljoprivrede i šumarstva, danas je sasvim jasno da je poljoprivreda nedovoljna da obezbedi održivi razvoj ovih područja. U cilju dodatnog zapošljavanja, smanjenja oscilacija i rizika u stvaranju prihoda, seoska domaćinstva su prinuđena da pronalaze

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

dodatne izvore prihoda (Ivanović et al., 2019), te je u razvoj ovih područja neophodno uključiti i druge aspekte ruralnog života van poljoprivrednog sektora (Jasur et al., 2015).

Naime, oslanjanje isključivo na poljoprivrednu proizvodnju često ne daje zadovoljavajuće rezultate u pogledu ekonomske stabilnosti, pa se u cilju diverzifikacije moraju sagledati drugi raspoloživi resursi. Na ovaj način omogućila bi se revitalizacija sela i obezbedila egzistencija ruralnog stanovništva (Bogdanov et al., 2010).

Za razvoj ruralnih, uglavnom nerazvijenih područja, poseban značaj ima turizam. Sa aspekta diverzifikacije, vidovi turizma koji bi trebali biti u fokusu obuhvataju kulturno i versko nasleđe, avanturistički i eko-turizam. Primera radi, BiH je u ovoj oblasti već dobro pozicionirana, posebno u eko-turizmu, obzirom da su aktivnosti na brzim vodama, lov i ribolov prepoznati kao područje strateškog razvoja (FAO, 2012). Iako ruralni turizam može odigrati ključnu ulogu u revitalizaciji ovih područja, neophodno je strategiju uspešnog razvoja bazirati na principima održivosti, gde se posebna pažnja usmerava na uspostavljanje adekvatnih odnosa između turističke delatnosti i poljoprivrede, s obzirom da poljoprivredna proizvodnja predstavlja jedan od osnovnih inputa turističke potrošnje.

S tim u vezi, seoski turizam je važna komponenta integrisanog i održivog razvoja i revitalizacije sela, a takođe i važan faktor u ohrabrivanju razvoja lokalnih poljoprivrednih i nepoljoprivrednih delatnosti u ruralnim sredinama, te poseban podsticaj za zapošljavanje (Demirović et al., 2019). Seoski turizam nije samo turizam zasnovan na poljoprivredi; on obuhvata i vikende u prirodi, ekoturizam, pešačenje, planinarenje i jahanje, avanturistički, sportski i zdravstveni turizam, lov i ribolov, obrazovna putovanja, umetnički i kulturni, kao i etno turizam (Irshad, 2010; Njegovan, 2016). U ovom momentu u našem regionu postoji veliki broj pansiona, seoskih domaćinstava, kampova, vinograda, planinarskih domova i etno sela koji pružaju navedene usluge seoskog turizma, kao i sportsko-rekreativne sadržaje.

Najznačajniji preduslovi za razvijanje ovog oblika turizma su pre svega prirodna i kulturna raznolikost. Glavni strateški ciljevi razvoja turizma u ruralnom području su konkurentnost na međunarodnom tržištu, ravnomeran regionalni razvoj, samozapošljavanje i podsticanje mladih za ostanak na selu, implementacija i poštovanje visokih ekoloških standarda te dugoročno održiva valorizacija turističkih potencijala, razvoj celovite ponude turističke destinacije, podizanje nivoa kvaliteta smeštajnih kapaciteta, ugostiteljskih i turističkih usluga, edukacija (Panin et al., 2014).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

S obzirom da je većina aktivnosti ruralnih regiona vezana upravo za poljoprivredu, agroturizam može biti važna opcija unapređenja ovih područja. Agroturizam kombinuje poljoprivredne aktivnosti sa turizmom, pružajući turistima mogućnost učešća u poljoprivrednim aktivnostima u svrhu rekreacije ili razonode, što značajno doprinosi budžetu poljoprivrednika. Drugim rečima, agroturizam je turistička aktivnost koja koristi poljoprivredu kao atrakciju, kao što su pejzaž, topografija zemljišta, biljne vrste, poljoprivredni proizvodi, kultura i druge društvene aktivnosti.

Za razliku od turizma u socijalističkom periodu koji je označen kao potpuno rigidan, turizam postsocijalističkog perioda postao je nosilac privatizacije i liberalizacije tržišta. Tokom ovog perioda, turizam je postao sastavni element raznolikih ruralnih ekonomija, „koristeći“ selo i prirodne resurse kao svoju značajnu osnovu (Horakova, 2010). Brze promene u ruralnom okruženju karakterisale su duboke promene u sektoru usluga, uključujući turizam. Većina država bivše Jugoslavije poseduje izuzetne ruralne resurse za razvoj brojnih aspekata „zelenih“ ekonomija, uključujući i održivi turizam na selu (povoljni uslovi očuvane životne sredine, blaga klima, netaknuti vodotoci, čist vazduh i bogat biodiverzitet). Veliki broj sela nalazi se u blizini značajnih kulturno-istorijskih spomenika koje posetioци mogu uključiti u organizovanu posetu, a oni zainteresovani za tu vrstu delatnosti mogu se pridružiti svojim domaćinima u obavljanju poljoprivrednih radova. Izuzetne kulturne vrednosti nalaze se u objektima tradicionalne arhitekture, kao i u proizvodima starih zanata, kroz koje se upoznaje lokalno nasleđe i tradicija. Ova raznovrsnost turističkih resursa i bogatstvo kulturnog nasleđa posebno su obogaćeni izuzetnim gostoprimstvom i srdačnošću meštana. Prema nekim autorima (Leanca et al., 2016; Bilbao-Terola et al., 2017), korišćenje tradicionalnih seoskih objekata za turističku afirmaciju smatra se održivim kada se akcenat stavlja na zaštitu lokalne sredine i podsticanje turista da ponovo posete istu destinaciju.

U nacionalnoj Strategiji poljoprivrede i ruralnog razvoja Republike Srbije za period 2014-2024. godine, seoski turizam ima poseban prioritet, jer se posmatra kao sektor visokog potencijala sa vertikalnom institucionalnom strukturom koja podržava njegov razvoj (FAO, 2024). Registrovano je oko 1000 seoskih domaćinstava koja nude ugostiteljske usluge na srpskom selu. Seoski turizam je primarna delatnost za oko 300 domaćinstava sa oko 8000 ležajeva, a evidentno je da se broj domaćinstava stalno povećava. Prosečna dužina boravka u domaćinstvu je 2,8 dana (Petrović et al., 2015).

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Već je naglašeno da posebno mesto u razvoju ruralnih područja zauzima proizvodnja organske hrane i tradicionalnih proizvoda, te njihov plasman kroz turističku infrastrukturu. Kao jedan značajan iskorak, poslednjih godina je posebno aktuelna integracija seoskog turizma i organske poljoprivredne proizvodnje. Razvoj organskog turizma na seoskim porodičnim gazdinstvima ima za cilj očuvanje ovih sredina, sa akcentom na zaustavljanje iseljavanja, stvaranje novih mogućnosti za zaradu kroz turističke usluge i ponovno oživljavanje lokalne poljoprivrede. Organski agroturizam je vid tradicionalnog agroturizma, koji podrazumeva integraciju životne sredine i aktivnosti vezanih za poslovanje turističkih objekata. Akcenat je na poštovanju principa održivosti, zaštiti životne sredine kroz uštedu energije i racionalno korišćenje resursa. Važno je naglasiti da se ovde radi o gazdinstvima sertifikovanim za organsku poljoprivrednu proizvodnju, koja su u cilju ostvarenja veće dobiti i direktnog plasmana svojih proizvoda delatnost proširili i na turizam. Naravno, poljoprivredna gazdinstva koja se bave organskom proizvodnjom ne moraju se nužno baviti i turizmom, već svoje organske proizvode mogu plasirati drugim subjektima.

Održivi turizam, gde svakako spada i organski, se odnosi na svaki oblik turističke aktivnosti koji poštuje i čuva prirodni, kulturni i socijalni integritet prostora u dugoročnom periodu i doprinosi pozitivnom i korektnom ekonomskom razvoju i dobrobiti ljudi koji žive i rade u ovim oblastima.

Dakle, organski agroturizam obuhvata integrisane strategije za obavljanje turističkih aktivnosti u ruralnim područjima, s obzirom da je razvoj agroturizma zasnovan na organskoj poljoprivredi i pruža prihvatljivi oblik rekreacije bez uništavanja prirodnog okruženja. Važno je istaći i da se organski agroturizam oslanja na različita tehnološka rešenja u proizvodnji, programe uštede, prečišćavanja i recikliranja vodnih resursa, promovisanje ekoloških prevoznih sredstava.

Poslednjih godina u razvoju ovih područja prepoznat je značaj obrazovanja, te je specifičnost organskog agroturizma i njegova edukativno-ekološko funkcija. Otvaranjem uspešnih poljoprivrednih gazdinstava za posetioce i ponudom različitih obrazovnih programa te razmenom znanja i iskustva na polju organske poljoprivredne proizvodnje razvijaju se obrazovna gazdinstva i promoviše svest o očuvanju životne sredine. Organski obrazovni turizam kao oblik održivog turističkog razvoja omogućava promociju poljoprivrednih područja, kulture i običaja, te prezentaciju lokalnih proizvoda i tradicionalne kuhinje. Nosioci promocije ruralnih regiona i značaja organske poljoprivredne proizvodnje

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

sa aspekta ekonomskog razvoja svakako su i različite manifestacije, festivali, radionice.

Ovakav vid održivog turizma može unaprediti identitet cele zemlje, jer je snažno povezan sa lokalnom proizvodnjom, životom lokalnog stanovništva, kulturnim nasleđem i prirodnim atrakcijama. Štaviše, poštovanje prema pitanju životne sredine i razlikovanje destinacija implicira jedan od glavnih aspekata rasta sektora. Danas, ruralna područja prolaze kroz važnu transformaciju, gde su neki uslužni sektori (npr. turizam i prehrambena industrija) ostvarili ključnu ulogu u ekonomiji. Kao nastavak, potrebno je implementirati inovativne strategije, konkurentnost na globalnim tržištima i održivi razvoj turizma u ruralnim uslovima. S druge strane, u ruralnim područjima u kojima je dominantna poljoprivredna proizvodnja, turizam predstavlja značajan dopunski izvor prihoda, što ga čini važnom komponentom integralnog ruralnog razvoja. Kako turizam generiše razvoj drugih usluga i povećava potrošnju, to doprinosi direktno i indirektno ekonomskom prosperitetu lokalne zajednice.



Slika 8.2. Turizam u ruralnim područjima Bosne i Hercegovine (Jahorina)
(foto: Močević)

Budući da je proizvod ruralnog turizma označen kao važan faktor u revitalizaciji ruralnih destinacija i povećanju ekonomskog rasta, stvaranje vrednosti prema potražnji turista je ključno (Održivi turizam za ruralni razvoj zajednički program UN, 2011). Prilikom kreiranja ponuda i usluga

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

koje će zadovoljiti potrebe turista i pomoći im u izboru, od izuzetnog je značaja poznavanje motivacije i ponašanja specifičnih za posetioce ovih područja (Hollovai, 2004; March and Voodside, 2005; Papatheodorou, 2006), a adekvatna turistička strategija i politika značajno mogu povećati potražnju za određenom destinacijom.

Nažalost, iako postoje prirodni, kulturni i društveni preduslovi za njegov razvoj, kao što su aktivna radna snaga, nezagađeno poljoprivredno zemljište, i mogućnost proizvodnje organske hrane, ruralni turizam, uključujući i organski, nije dostigao visok nivo razvoja. S druge strane, primer na koji se treba ugledati je dobro uređen i visoko razvijen seoski turizam u drugim evropskim zemljama, kao npr. u Sloveniji. Organizovan seoski turizam u ovoj zemlji je počeo sedamdesetih godina prošlog veka. Slovenija je prošla ozbiljan proces od osnivanja savetodavnih službi, uspostavljanja tehničkih uslova i kategorizacije, angažovanja stručnjaka do osnivanja udruženja, kreiranja originalnog seoskog turističkog proizvoda, obuke lokalnog stanovništva, kao i mnogih promotivnih aktivnosti (Petrović et al., 2015). Trenutno je ova grana turizma usklađena sa domaćim i zakonima Evropske unije (Estol et al., 2016), a broj domaćinstava koja nude usluge seoskog turizma u ovoj zemlji je oko 600. U ponudi ima oko 370 gazdinstava (sa ukupno 4342 turistička ležaja), a prosečna dužina boravka u domaćinstvu je 3,7 dana (Armenski et al., 2012; Potočnik-Slavič and Schmitz, 2013). Ovde je turizam je prepoznat kao jedna od glavnih oblasti velikih mogućnosti za slovenačku ruralnu ekonomiju, a Udruženje turističkih farmi Slovenije i Slovenačka turistička zajednica pružaju odlične marketinške alate za privlačenje većeg broja posetilaca. Turističke delatnosti ne samo da doprinose boljem ostvarivanju profita domaćinstava, već i održivom razvoju ruralnih područja, raznovrsnosti turističke ponude i poboljšanju kvaliteta života lokalnog stanovništva u selo. Već decenijama vlada i lokalni akteri u ruralnom turizmu ulažu zajedničke napore da postignu visok ekonomski nivo i da se uporede sa mnogim vodećim zemljama u industriji ruralnih putovanja (npr. Austrija, Italija, Nemačka, Francuska, itd.) (Schiavone et al., 2016).

Perspektive razvoja ruralnih područja u zemljama Zapadnog Balkana

Pronalaženje mogućnosti za poboljšanje stanja ruralnih područja nije jednostavno. Ni razvijenije zemlje nisu uspele sasvim da reše pomenute probleme, iako vode proaktivniju politiku ruralnog razvoja. Osnovni cilj razvoja ruralnih područja našeg regiona je povećanje kvaliteta života kroz

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

očuvanje, obnovu i održivi razvoj njihove ekonomske, socijalne i ekološke vitalnosti (Berjan et al., 2014; Janković et al., 2015).

Kao mogući pravci održivog ruralnog razvoja izdvajaju se obnova i razvoj ruralne infrastrukture, podsticanje poljoprivrede zasnovane na znanju, organska poljoprivreda, osnivanje zadruga, razvoj seoskog turizma, proizvodnja i korišćenje obnovljivih izvora energije, razvoj agroposlovnog sistema, malih i srednjih preduzeća, obrazovanje i unapređenje zakonske regulative (Veličković i Jovanović, 2021).

Poljoprivreda koja se zasniva na znanju, ili drugim rečima, proizvodnja kvalitetne hrane, organska poljoprivreda, autohtoni proizvodi sa zaštićenim geografskim poreklom, tradicionalni specijaliteti, kao i funkcionalna hrana, stvara mogućnosti za razvoj industrije, saobraćaja, trgovine, usluga i drugih privrednih sektora u ruralnim područjima (Ristić, 2013). Još jednom je važno naglasiti da organska poljoprivreda u velikoj meri može doprineti održivom razvoju ruralnih područja, s obzirom da je društveno, ekonomski i ekološki prihvatljiva. Ovaj vid poljoprivrede nameće se kao veoma racionalno i perspektivno rešenje, imajući u vidu prosečnu veličinu zemljišnog poseda, a povezivanjem sa prerađivačkom industrijom i uslužnim delatnostima primarna poljoprivredna proizvodnja bi se izdigla na viši nivo.

Da bi ovo bilo ostvareno, neophodno je stimulisati ulaganja u sektor organske poljoprivrede i značajnije podsticati proizvodnju, sa akcentom na one proizvode kojih je u svetu, a posebno u EU, malo. U zemljama sa razvijenom poljoprivredom, konvencionalna proizvodnja se bazira na naprednim tehnološkim procesima, što omogućava postizanje visokih prinosa. Međutim, ove zemlje imaju sve manje površina pogodnih za organsku proizvodnju, usled intenzivnog iskorišćavanja zemljišta koje je praćeno upotrebom sredstava koja nisu dozvoljena u ekološkoj proizvodnji. Potrošnja organski proizvedene hrane, u razvijenim zemljama je u porastu, dok ponuda ne može da zadovolji rastuću tražnju. Shodno tome, otvara se mogućnost zemljama sa nižim stepenom razvoja, gde u ruralnim područjima postoje optimalni ekološki uslovi, da povećaju proizvodnju organske hrane, a zatim je usmere na međunarodno tržište, gde će ostvariti višestruko veći profit u odnosu na izvoz konvencionalno proizvedene hrane.

U mnogim područjima regiona nalaze se značajne površine neiskorišćenog i napuštenog poljoprivrednog zemljišta, najčešće vrlo kvalitetnog i pogodnog za organsku poljoprivrednu proizvodnju. Davanje ovog zemljišta na korišćenje putem koncesija, zakupa i drugih prava, jedna je od mera koja bi doprinela unapređenju ruralnih područja.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Pored ovog, neophodni su i različiti vidovi udruživanja stanovništva, privrednih subjekata i javnog sektora u različite organizacije. Na ovaj način bi se povećala pregovaračka moć, uglavnom niska zbog zavisnosti od prerađivačke industrije. Veliki broj stanovnika ruralnih područja ne prepoznaje važnost njihovog organizovanja u udruženja radi zaštite i borbe za zajedničke interese. Istovremeno, proizvođači ne prepoznaju značaj zajedničkog nastupa na tržištu ili zajedničku nabavku inputa za proizvodnju. Jedino kroz udruživanje ruralnog stanovništva može se postići da lokalna zajednica bude generator ideja i nosilac promena u ruralnom području.

U cilju ekonomskog jačanja ruralnih područja potrebno je stvoriti ambijent koji bi povećao radnu motivaciju ljudi, uvođenjem novih tehnologija i inovacija čime se otvara prostor za preduzetništvo. Očigledno je da se prioriteti razvoja pomeraju sa poljoprivrednih na nepoljoprivredne delatnosti kao što su turizam, eko-industrija, zanatstvo i dr. Razvoj turizma u ruralnim područjima je primer aktivnosti koje mogu značajno doprineti ostvarivanju ciljeva održivog ruralnog razvoja. Potencijal u vidu prirodnih i kulturnih dobara može se značajno očuvati i iskoristiti na održiv način. Istovremeno, održivi ruralni turizam donosi prihod na lokalnom nivou i integriše lokalne zajednice u cilju poboljšanja kvaliteta života (Veličković i Jovanović, 2021).

Iako Republika Srbija, Bosna i Hercegovina, kao i druge zemlje regiona imaju dobru bazu seoskog turizma, potrebno je ulagati u ruralnu i turističku infrastrukturu, adaptirati i graditi stambene kapacitete specifičnog izgleda i arhitekture, dovesti investicije u ruralna područja sa značajnim turističkim potencijalom, edukovati one koji se bave seoskim turizmom, promovisati seoski turizam na svim nivoima, jačati javno-privatna partnerstva, organizovati manifestacije, uz prodaju specifičnih proizvoda određenog regiona (posebno gastronomskih proizvoda), uvesti dodatne atraktivne sadržaje, prilagoditi turističku ponudu specifičnim zahtevima zdravstvenog, dečijeg, omladinskog i porodičnog turizma, podsticati obrazovanje žena koje žive na selu kako bi se kroz stare zanate i domaće radinosti mnogo više angažovale i zapošljavale u seoskom turizmu.

Važno je naglasiti značaj zelene ekonomije koja ima za cilj postizanje održivog razvoja bez degradacije životne sredine. U osnovi su izazovi smanjenja rizika za životnu sredinu i ekološke resurse i održivi razvoj bez uništavanja životne sredine. Poljoprivreda je usko povezana sa mnogim zelenim sektorima kao što su obnovljivi izvori energije, voda i otpad. Ovo je od najveće važnosti za zemlje, gde poljoprivreda još uvek igra važnu društveno-ekonomsku ulogu, posebno u ruralnim područjima. Sektori sa

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

najvećim izgledima za razvoj uključuju zelenu energiju (biogoriva), organsku poljoprivredu i eko-turizam. Poljoprivredni sektor je u dobroj poziciji da bude jedan od ključnih pokretača. Međutim, iako postoji potencijal za proizvodnju i korišćenje obnovljivih izvora energije (biomasa, biogas, biodizel, energija sunca, vetra, vode i dr.) čime bi se obezbedio dodatni prihod i zapošljavanje ljudi, uglavnom je neiskorišćen. Biomasa, najznačajniji obnovljivi izvor i dalje se u najvećoj meri zaorava i/ili koristi kao prostirka za životinje.

Održivi ruralni razvoj, zbog svoje složenosti i višedimenzionalnosti, obuhvata širok spektar veština i disciplina. Obrazovanje za održivi ruralni razvoj podrazumeva učenje o određenim veštinama kojima je potrebno ovladati na praktičan način da bi se održivost realizovala. Zbog toga je obrazovanje jedan od važnih faktora u postizanju održivog ruralnog razvoja. Neophodno je omogućiti podizanje kapaciteta ljudskih resursa u ruralnom području u pogledu preduzetničkih veština i sposobnosti, kroz sisteme formalnog i neformalnog obrazovanja, kao obavezan preduslov za dobijanje prava na korišćenje subvencioniranih kreditnih sredstava ili prava korišćenja resursa za započinjanje biznisa. Na ovaj način omogućilo bi se širenje svesti o značaju ponašanja i poslovanja na način koji će obezbediti održivi ruralni razvoj.

Unaprediti znanja i inovacije u poljoprivredi i ruralnim područjima moguće je kroz prenos znanja i inovacija od naučnoistraživačkih i razvojnih institucija do ruralnog stanovništva. Za poljoprivredna gazdinstva ovo podrazumeva dostupnost kvalitetnih savetodavnih usluga koje uključuju primenu modernih tehnika i tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, te pravovremen savet vezano za aktuelnu poljoprivrednu proizvodnju. Ovo zahteva bolje angažovanje poljoprivredne savetodavne službe, kao i drugih organizacija koje mogu da pruže stručne usluge i konsultacije. Na kraju, kako bi sve navedeno bilo realizovano, od presudnog je značaja institucionalna podrška koja obezbeđuje ambijent za brojna poboljšanja i delovanja u pravcu održivog ruralnog razvoja, te koordinisan rad svih institucija.

Literatura

- Armenski, T., Gomezelj, D., Djurdjev, B., Ćurčić, N., Dragin, A. 2012. Tourism Destination Competitiveness—Between Two Flags. *Econ. Res. Ekon. Istraž.* 2012, 25, 485–502.
- Berjan, S., El Bilali, H., Sorajic, B., Mrdalj, V., Raickovic, J., Driouech, N. 2014. Agricultural and rural development in Serbia: governance, policy cycle and coordination. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2, 1832-1837.
- Berjan, S., El Bilali, H., Stojanovic, A., Milutinovic, H., Abouabdillah, A., Paspalj, S., Kocic, S., Petrovic, J. 2015. Governance of Agricultural and Rural Development in Serbia: A Review. *International Journal of Environment and Rural Development (IJERD)*, 5-2, 11-16.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Berjan, S., El Bilali, H., Janković, S., Radosavac, A. 2015a. Agricultural and rural development governance and coordination in Bosnia and Herzegovina. *International Journal Economics of Agriculture*, 62, 1 (1-284), 95-107.
- Berjan, S., Jovanovic, M., Mrdalj, V., Paspalj, M., Matovic, F., Driouech, N., El Bilali, H., Abouabdillah, A. 2015b. Rural Livelihood Diversification in South-Eastern Bosnia: Influence of Household Financial Management. *International Journal of Environment and Rural Development (IJERD)*, 5-2, 17-22.
- Berjan, S., El Bilali, H., Despotovic, A., Jankovic, S., Radosavac, A., Driouech, N. 2015c. Problems in Rural Areas of Bosnia, Montenegro and Serbia: A Comparative Analysis. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 6/2: 35-41.
- Berjan, S., El Bilali, H., Vittuari, M., Memon, J.A. 2020. Coordination of rural development: an exploratory comparative study in Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Serbia. *Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2020"*, 985-995.
- Bilbao-Terol, C., Cañal-Fernández, V., Valdés, L., Del Valle, E. 2017. Rural Tourism Accommodation Prices by Land Use-Based Hedonic Approach: First Results from the Case Study of the Self-Catering Cottages in Asturias. *Sustainability*, 9, 1688.
- Bogdanov, N., Božić, D. 2010. Review of Agriculture and Agricultural Policy in Serbia //In *Agriculture in the Western Balkan Countries* edited by Volk T. – Leibniz Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO), Halle.
- Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. *Official Journal of the European Union*, 20.7.2007.
- Demirović, D., Berjan, S., Milentijević, N., El Bilali, H., Syromiatnikova, Y.A. 2019. Exploration of tourist motivation and preferred activities in rural areas. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 69(1), 29–37.
- EC (2023). https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/rural-development_en
- El Bilali, H., Berjan, S., Radosavac, A., Despotovic, A., Jankovic, S., Driouech, N. 2015. Relation Between Rural Diversification and Governance: Some Insights from Bosnia, Montenegro and Serbia. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 6/2: 140-146.
- Estol, J., Font, X. 2016. European Tourism Policy: Its Evolution and Structure. *Tour. Manag.* 2016, 52, 230–241.
- FAO, 2012. Analysis of Economic Diversification in Bosnia and Herzegovina. – FAO Regional Office for Europe and Central Asia, Budapest 2012.
- FAO, 2014. Agricultural policy and European integration in Southeastern Europe. Food and Agricultural organization of the United Nations, Budapest 2014. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i4166e.pdf>
- FAO STAT, 2021.
- FIBL, 2020. <https://statistics.fibl.org/world/area-world.html>
- Horakova, H. 2010. Post-Communist Transformation of Tourism in Czech Rural Areas: New Dilemmas. *Anthropol. Noteb.* 2010, 16, 59–77.
- Irshad H. 2010. Rural Tourism: An Overview. – Rural Development Division, Government of Alberta, Canada..
- Ivanovic, J., Berjan, S., Demirovic, D., Galeev, M., Fotina, O., Radosavac, A. 2019. Diversification of rural economy in Pale municipality (Entity of Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina). *Proceedings of the conferernce „AGROTECHNOLOGIES OF THE XXI CENTURY“*, Perm (Russia), 26-28 February 2019, 18-24.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Jankovic, S., Despotovic, A., Berjan, S., El Bilali, H., Driouech, N., Tomic, V. 2015. Agricultural Extension and Advisory Services in Bosnia, Montenegro and Serbia: An Overview. *International Journal of Environmental and Rural Development* 6/2: 133-139.
- Kilcher, L. 2007. How organic agriculture contributes to sustainable development. *Journal of Agricultural Research in the Tropics and Subtropics, Supplement*, 89, 31-49.
- Kovačević, D., Oljača, S., Dolijanović, Ž., Milić, V. 2012. Climate Changes: Ecological and Agronomic Options for Mitigating the Consequences of Drought in Serbia. *Proceedings of the Third International Scientific Symposium «Agrosym 2012»*, Jahorina, 18-35.
- Lazić, B. 2010. Multifunctional Organic Agriculture. *Proceedings of the «Rural Development and Organic Agriculture»*, Belgrade.
- Leanza, P., Porto, S., Sapienza, V., Cascone, S.A. 2016. Heritage Interpretation-Based Itinerary to Enhance Tourist Use of Traditional Rural Buildings. *Sustainability* 2016, 8, 47.
- Lobley, M., Reed, M., Butler, A., Courtney, P., Warren, M. 2005. The Impact of Organic Farming on the Rural Economy in England. Final Report to DEFRA. Centre for Rural Research, University of Exeter.
- Maletić, R., Ceranić, S., Popović, B. 2011. Small and Medium Enterprises as Factors of Poverty Reduction in Rural Communities in Serbia. *Agricultural Economics*, 57 (1), 121-131.
- March, R., Woodside, A. G. (Eds.). 2005. *Tourism Behaviour: Travellers' Decisions and Actions*. Wallingford, UK; Cambridge, MA: CABI Publishing.
- Milic, V., Berjan, S., Govedarica, B., Djurdjic, I., Jugovic, M., Jakisic, T., Perkovic, G. 2019. The importance of organic agriculture for the development of rural areas in Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of the conference „AGROTECHNOLOGIES OF THE XXI CENTURY“*, Perm (Russia), 26-28 February 2019, 36-44.
- Mzoughi, N. 2011. Farmers' adoption of integrated crop protection and organic farming: Do moral and social concerns matter? *Ecological Economics*, 70(8), 1536-1545.
- National Sustainable Development Strategy (Serbia) 2024. Available online: <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC189423/> (accessed on 02 July 2024).
- Njegovan, Z. 2016. *Ekonomika turizma i seoskog turizma*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Oljača, S., Kovačević, D., Dolijanović, Ž., Milić, V. 2014. Organic Agriculture in Terms of Sustainable Development of Serbia. *Proceedings of the Fifth International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2014»*, 34-44.
- Panin, B., El Bilali, H., Berjan, S. 2014. Factors influencing consumers' interest for protected designation of origin products in Serbia. In, *Book of Abstracts of the 5th International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2014»*, 23-26 October 2014, Jahorina (East Sarajevo), Bosnia and Herzegovina, 448.
- Papatheodorou, A. (Ed.). 2006. *Corporate Rivalry and Market Power: Competition Issues in the Tourism Industry*. London, UK; New York, NY: IB Tauris & Co. Ltd.
- Petrovic, J., Driouech, N., Radosavac, A., Kocic, S., Stojanovic, A., Berjan, S., Milic, V., El Bilali, H. 2015. Organic Food Production as a Development Opportunity for Serbia. *International Journal of Environment and Rural Development (IJERD)*, 5-2, 28-34.
- Pillai, J. 2013. *Cultural mapping: A guide to understanding place, community and continuity*. Strategic Information and Research Development Centre.
- Potočnik-Slavić, I., Schmitz, S. 2013. Farm Tourism across Europe. *Eur. Countrys.* 2013, 4, 265-274.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Pugliese, P. 2001. Organic farming and sustainable rural development: A multifaceted and promising convergence. *Sociologia ruralis*, 41(1), 112-130.
- Ristić, L., 2013. Strategijsko upravljanje održivim ruralnim razvojem u Republici Srbiji, *Ekonomski horizonti*, 3, 229-243.
- Roljević Nikolić, S., Paraušić, V. 2019. Diversifying the Rural Economy: Institutional Framework and National Incentives in the Agricultural Processing Sector in Serbia, Improving Knowledge Transfer to Obtain Safe and Competitive Agricultural Products Obtained by Processing on Smallholdings in the Milk, Meat, Fruits and Vegetables Sectors. Kovacević V. (ed), *Institute of Agricultural Economics - Belgrade*, 7-22.
- Schiavone, F., El Bilali, H., Berjan, S., Zheliaskov, L.A. 2016. Rural tourism in Apulia region, Italy: results of 2007-2013 Rural development programme and 2020 perspectives. *AGROFOR International Journal*, 1(1), 16-29.
- Spalević, A. 2009. Possibilities for Development of Rural Areas in the Republic of Serbia. – Faculty of Geography, Belgrade.
- SWG, 2020. Economic diversification, Policies and rural tourism in South East Europe [edited by Suzana ĐorđevićMilošević et al.]. – Skopje. Regional Rural Development Standing Working Group in SEE.
- SWG, 2022. State of art of the organic agriculture in the Western Balkans: Standing working group for regional rural development, Skopje.
- Veličković, J., Jovanović, S. 2021. Problems and possible directions of the sustainable rural development of Republic of Serbia. *Ekonomika*, 5, 1, 33-46
- Volk, T. 2010. Agriculture in the Western Balkan Countries. *Studies on the Agricultural and Food Sector in Central and Eastern Europe*; volume 57; Leibniz Institute of Agricultural Development in Central and Eastern Europe (IAMO), Halle.
- World Bank Database, 2023. Employment in agriculture (% of total employment) (modeled ILO estimate). Accessed January 2023.
- WorldBank, 2022.
- Службени гласник, 2014. Стратегија пољопривреде и руралног развоја Републике Србије за период 2014 – 2024. године – Службени гласник РС, 85/14, 2014.

EKONOMSKA DIMENZIJA ORGANSKE BILJNE PROIZVODNJE

Mirela Tomaš Simin



Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

¹Poljoprivreda predstavlja stratešku granu svih zemalja iz više razloga. To je proizvodnja hrane koja je neophodna za život s jedne strana, a takođe predstavlja i granu privrede koja upošljava značajan deo ruralne populacije i doprinosi formiranju društvenog bruto proizvoda.

Ovako posmatrana poljoprivredna proizvodnja jasno ističe potrebu detaljnog istraživanja i analize kako bi se ovaj segment proizvodnje unapredio. Pristupi njenom istraživanju su različiti, a jedan od pristupa koji je poslednjih decenija izuzetno važan je posmatranje poljoprivrede kroz dimenzije održivog razvoja.

Održivi razvoj, ili održivost je nešto što se već nekoliko decenija unazad analizira kroz naučnu i stručnu literaturu mada sam termin još uvek nije jednoznačno definisan (Tomaš Simin i sar., 2019). Definicija koju je 1987. godine dala Brundtlandova komisija se najčešće koristi, a po njoj održivi razvoj je *skup aktivnosti koje omogućuju zadovoljavanje potreba danas, ne umanjujući mogućnosti budućim generacijama da zadovolje svoje sopstvene potrebe*. Repetto (1985) je među prvima definisao ovaj pojam ističući da u osnovi ideje o održivosti leži uverenje da odluke koje se donose danas ne bi trebalo da ugrožavaju perspektive za očuvanje ili poboljšanje životnog standarda u budućnosti. Takođe, održivi razvoj može da se posmatra kao nesmanjivanje blagostanja tokom vremena (Munitlak-Ivanović, 2005) ili kao put u kome fondovi ukupnih osnovnih sredstava ostaju isti ili se vremenom povećavaju (Harris, 2009). Dakle, održivi razvoj treba da stvori i održi ravnotežu između ljudskih aktivnosti s jedne strane i životne sredine s druge. Ono što uvek treba imati u vidu jeste da održivi razvoj bilo kog sistema pretpostavlja međusobni uticaj ekonomske, ekološke i socijalne sfere delovanja.

U skladu sa prethodno navedenim, koncept održivog razvoja u okviru poljoprivredne delatnosti podrazumeva poznavanje specifičnosti poljoprivredne proizvodnje u celini, kao i njihovo usaglašavanje sa osnovnim postulatima održivog razvoja. Hodge (1993, cit. po Rigby and Caceres, 2001) je sumirao određene negativne trendove u modernoj poljoprivredi koji su doveli do preispitivanja dugoročne održivosti takvog sistema proizvodnje. Po njemu, poljoprivreda je dovedena u situaciju da koristi inpute iz daljih izvora u prostornom i sektorskom smislu, crpi sve veće količine potrebne energije iz neobnovljivih izvora, zavisi od sve

¹ Dr Mirela Tomaš Simin, vanredni profesor
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Republika Srbija

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

manje baze gena i ima sve veći (negativan) uticaj na životnu sredinu. Ovo je posebno izraženo u sve većem oslanjanju na hemijsku industriju (u vidu veštačkih đubriva i sintetičkih pesticida), zavisnosti od subvencija, državnog intervencionizma u smislu cenovne podrške i sve većim eksternalijama koje proizvodi. Ekonomska neusklađenost se ogleda u smanjenoj produktivnosti i efikasnosti individualnih gazdinstava, povećanom riziku usled monokulture, nedovoljne diverzifikacije proizvodnje, nedovoljnom stepenu autonomije i nedovoljnoj iskorišćenosti proizvodnih resursa. Socijalna neusklađenost ruralnih područja ogleda se u negativnim posledicama depopulacijskih i senilizacijskih društvenih procesa. Prethodno navedeno dovodi do smanjenja biološke i socijalne reprodukcije, učešće sve starije populacije u obavljanju poslova na poljoprivrednom gazdinstvu praćenu polnom disproporcijom, smanjenje broja članova gazdinstva, naročito radno aktivnih, kao i nisku obrazovnu strukturu članova gazdinstava. Navedene determinante mogu se posmatrati kao prediktori ruralnog siromaštva, što dalje ugrožava i devastira socijalnu vitalnost poljoprivrednih gazdinstava. Organska poljoprivredna proizvodnja predstavlja sistem proizvodnje koji se još uvek determiniše kao alternativni sistem poljoprivredne proizvodnje (Milić i Tomaš Simin, 2023). Tokom svog razvoja, ovaj sistem je različito definisan od strane različitih autora. Tako, među najšire prihvaćenim definicijama izdvaja se ona koju su dali Lampkin i Padel (1994) koji definišu organsku poljoprivredu kao ujedno i filozofiju i sistem proizvodnje koja za cilj ima da stvori integrisanu, humanu, ekonomski održivu poljoprivredu, okrenutu ka zaštiti životne sredine i ka maksimalnom korišćenju obnovljivih resursa proizvedenih na samom gazdinstvu. Beauchesne i Bryanti (1999) definišu organsku poljoprivredu kao socijalnu i tehnološku alternativu konvencionalnoj proizvodnji. Dok Cifrić (2003) smatra da je ekološka (organska) poljoprivreda društvena inovacija i treba je shvatiti kao: odustajanje od dominacije paradigme industrijske poljoprivrede; mogućnost dodatnog zapošljavanja radne snage na porodičnom gazdinstvu, naselju i društvu; pogodnost proizvodnje kvalitetnih proizvoda na malim površinama; podsticaj razvoju „zatvorenih“ sistema proizvodnje, s većim korišćenjem prirodne energije i organskih procesa. Bez obzira na razlike u definisanju većina autora se slaže da se organska poljoprivreda može definisati kao sistem koji je u skladu sa životnom sredinom (Stolze et al., 2000; Rigby and Caceres, 2001; Pacini et al., 2003; Rodić i sar., 2008; Rajković et al., 2021; Tomaš Simin et al., 2023), isplativ za gazdinstvo (Padel and Lampkin, 1994; Bateman, 1994; Lockie and Halpin, 2005; Tomaš Simin et al., 2019a;

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Milić i Tomaš Simin, 2022) ali uz uvažavanje specifičnih proizvodnih karakteristika svakog gazdinstva (Wynen, 1994; Greer et al., 2008; Šeremešić et al., 2021; 2024).

Osnovni principi funkcionisanja organske poljoprivrede formulisani su u okviru IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) organizacije koja je osnovana još 1972. godine (Morgan and Murdoch, 2000):

- Proizvodnja hrane visoke hranljive vrednosti.
- Proizvodnja u skladu sa biološkim principima i ciklusima.
- Očuvanje stabilnosti agroekosistema i ekosistema, uz racionalno korišćenje prirodnih resursa.
- Dugoročno održavanje i povećanje plodnosti zemljišta.
- Maksimalno korišćenje obnovljivih izvora energije u okviru proizvodnog sistema.
- Uravnotežen odnos biljne i stočarske proizvodnje.
- Uzgoj životinja u skladu sa načelima dobrobiti.
- Zagađenje svesti na najmanju moguću meru.
- Održavanje genetske raznovrsnosti u poljoprivrednom sistemu i ekosistemu, uključujući zaštitu biodiverziteta.
- Organska proizvodnja je human oblik proizvodnje, ali i način života, što pretpostavlja poštovanje prava građana (proizvođača) na kvalitetan, srećniji život, na duži period.

Godine 2005. IFOAM je usvojio 4 osnovna principa organske proizvodnje koji u sebi sumiraju sve ono što je prethodno navedeno. Ti principi predstavljaju i osnov za zakonsko uređenje ovog sistema proizvodnje. To su 1) zdravlje; 2) ekologija; 3) fer ponašanje i 4) briga.

Iako se u naučnoj literaturi prilikom analize organskog sistema uzgoja pre svega istražuju njegove biološke i ekološke odrednice, u poslednjih nekoliko decenija u fokus dolaze i socioekonomske karakteristike ove proizvodnje (Milić i Tomaš Simin, 2023). Jedan od bitnih elemenata unapređenja i širenja ne samo organske već bilo koje proizvodnje jeste njena ekonomska opravdanost posmatrana kroz finansijske rezultate. Prilikom razmatranja ekonomskih karakteristika organske proizvodnje u literaturi se često navode faktori koji utiču na pozitivne finansijske rezultate među kojima se ističu cene organskih proizvoda (Padel and Lampkin, 1994; Offermann and Nieberg, 2000; Dabert et al., 2003; Tomaš Simin et al., 2019b) i struktura troškova organske proizvodnje (Rajković et al., 2021; Mäder et al., 2002; Kim, 2003). Kada se posmatra

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

ekonomska dimenzija organske poljoprivrede značajno je analizirati i stranu ponude i stranu tražnje za organskim proizvodima jer njihova interakcija određuje cene ovih proizvoda s jedne strane i efikasnost proizvodnje s druge koja se ogleda u ekonomskom blagostanju poljoprivrednih proizvođača. Stranu ponude najlakše je sagledati kroz analizu trendova na tržištu organskih proizvoda.

Tržište organskih proizvoda

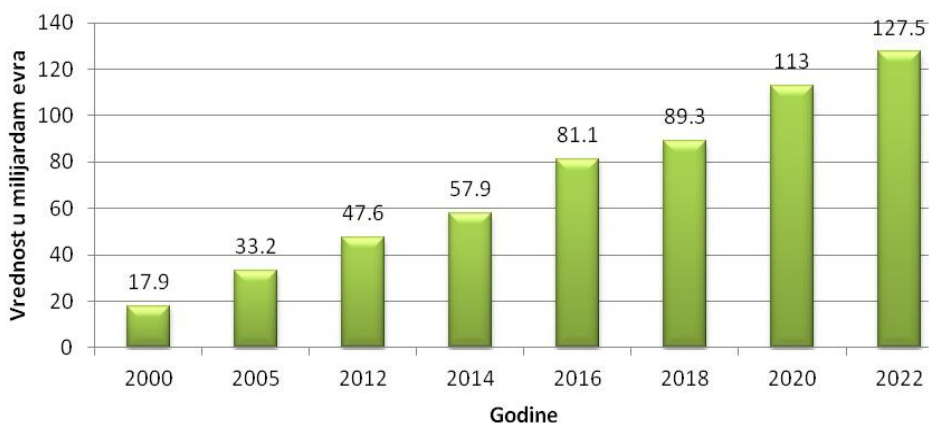
Od 2000 godine, FiBL (Istraživački Institut za Organsku Poljoprivredu) u saradnji sa IFOAM-om publikuje godišnje izveštaje o trendovima u organskoj proizvodnji širom sveta. Metodologija prikupljanja i obrade podataka je razvijana u poslednjih 20 godina da bi danas prikazani podaci za sve zemlje bili prikupljeni i obrađeni na isti način.

Tržište organskih proizvoda je, poput svih ostalih tržišta, bilo pogođeno globalnim geopolitičkim konfliktima i nesigurnim makroekonomskim uslovima (Sahota, 2024). Međutim, rast prihoda u organskoj proizvodnji se nastavio i u 2022. godini – što se donekle može pripisati i rastu cena organskih proizvoda. Neke zemlje, poput Nemačke i Francuske su izvestile o padu vrednosti tržišta a druge, poput SAD su izvestile o rastu po relativno niskim stopama. Trávníček i sar. (2024), navode da je u 2022. godini tržište organskih proizvoda dostiglo blizu 135 milijardi evra. Zemlje sa najvećom vrednošću organskih tržišta bile su Sjedinjene Američke Države (58,6 milijardi evra), Nemačka (15,3 milijardi evra) i Kina (12,4 milijardi evra). SAD su zauzele najveći udeo na svetskom tržištu (43%), potom EU (34%) i Kina sa 9,2%. Švajcarska je imala najveću *per capita* (po glavi stanovnika) potrošnju za organske proizvode – 437 evra.

Pored toga, fluktuacije u deviznim kursovima su, takođe, uticale na vrednosti tržišta organskih proizvoda. Ukoliko se meri u US dolarima – tržište je u 2022. opalo za 3%. Depresijacija evra u odnosu na američki dolar dovela je do 12,2% pada evropskih prihoda u posmatranoj godini (Sahota, 2024). Međutim, ukoliko se monetarni trend meri u evrima formira se drugačija slika. U evrima, svetsko tržište organske hrane i pića se povećalo za 8,9% u 2022. godini. Ukoliko se izuzmu monetarne fluktuacije može se utvrditi da je svetsko tržište poraslo za 2-3% u posmatranoj godini. Potrebno je istaći da je za veći deo tog rasta zaslužno povećanje cena organskih proizvoda do čega je došlo usled konflikta u Ukrajini.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Svetsko tržište organskih proizvoda beleži trend rasta od 2000. godine (grafikon 9.1). Najveći rast je zabeležen u 2020. godini kada je pandemija izazvana korona virusom, prouzrokovala rast tražnje, motivisane pre svega brigom o zdravlju.



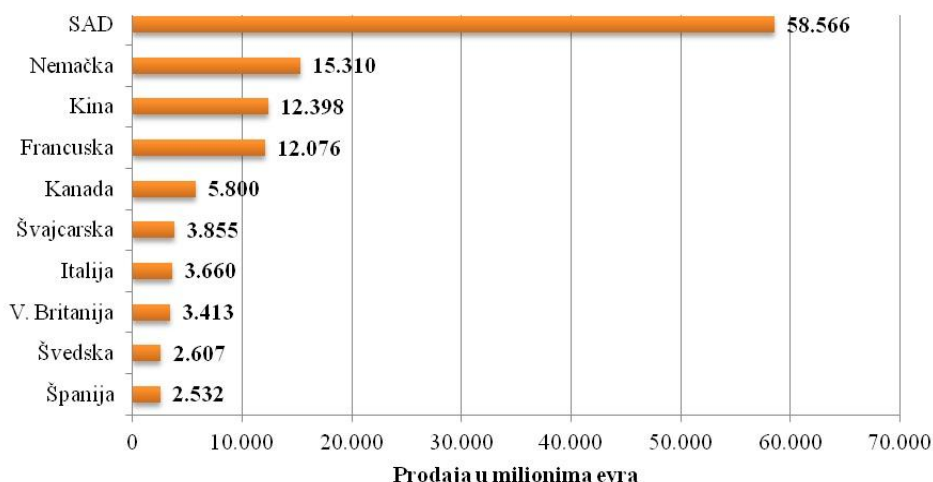
Grafikon 9.1. Razvoj svetkog tržišta organskih proizvoda od 2000. do 2022. Godine (Izvor: organic-world.net² iSahota, 2024)

Severna Amerika i Evropa imaju najveće učešće (90%) u prodaji organske hrane. Rast tržišta i prihoda je izraženiji u Americi u odnosu na Evropu, čemu je doprinelo i jačanje američke valute u prethodnom periodu.

Sahota (2024) navodi da je tržište organskih proizvoda u Severnoj Americi 2022. godine procenjeno na 63,7 milijardi evra što je rast od približno 4% u odnosu na 2021. i da je ovo tržište ujedno i najveće na svetu. Tražnja za organskim proizvodima je u SAD i Kanadi još uvek nezadovoljena. Evropsko tržište je procenjeno na 51,3 milijarde dolara gde su dva najveća regionalna tržišta – Nemačka i Francuska beležila negativan trend rasta. Poput svih ostalih tržišta i ovo je bilo pogođeno Ukrajinskim sukobom gde su proizvođači najviše bili suočeni sa rastom cena inputa – goriva i radne snage. Veličina tržišta organskih proizvoda analizirana po zemljama potvrđuje konstataciju da je više od 90% trgovine u SAD i Evropi, sa izuzetkom Kine koja zahvata značajan udeo u ovoj podeli (grafikon 9.2).

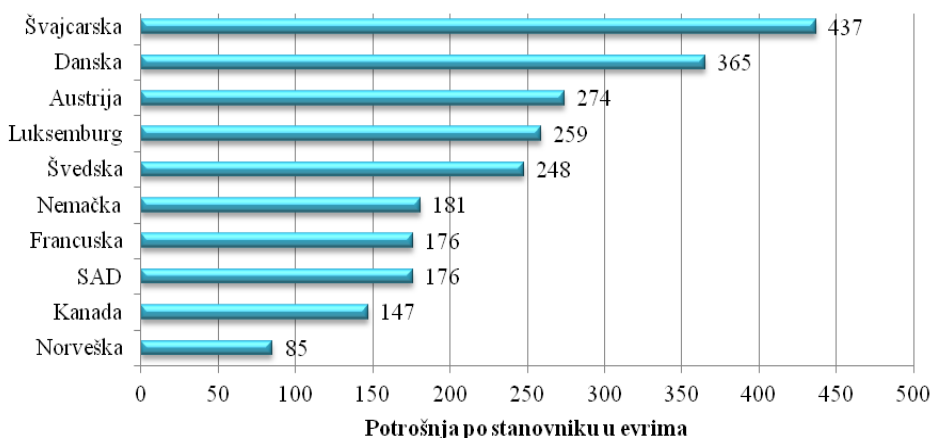
² Podaci dostupni na stranici <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2024/infographics.html#c19977>, datum pristupa 01.06.2024.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji



Grafikon 9.2. Deset zemalja sa najvećim tržištem organskih proizvoda u 2022. godini (Schlatter et al., 2024)

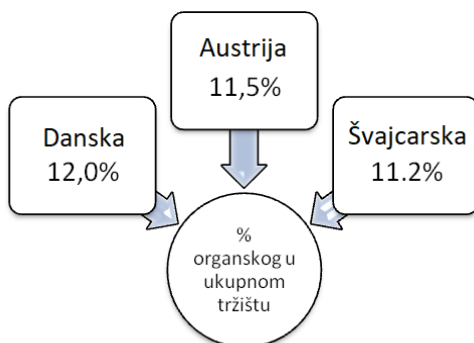
Potrošnja organskih proizvoda je takođe u porastu pri čemu treba imati u vidu činjenicu da je potrošnja ovih proizvoda pre svega koncentrisana u razvijenim zemljama, odnosno SAD-u i zemljama Evropske unije (grafikon 9.3). Najveća potrošnja po stanovniku je zabeležena u Švajcarskoj – 437 evra u 2022. godini.



Grafikon 9.3. Deset vodećih zemalja sa najvećom potrošnjom organskih proizvoda po stanovniku u 2022. godini (Schlatter et al., 2024)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Podaci o učešću vrednosti organskog tržišta u ukupnom nisu dostupni za sve zemlje. Koristeći dostupne podatke Willer i sar. (2024) izdvojili su tri zemlje sa najvećim procentom organskog tržišta (šema 9.1).



Šema 9.1. Učešće organskog u ukupnom tržištu (Willer et al., 2024)

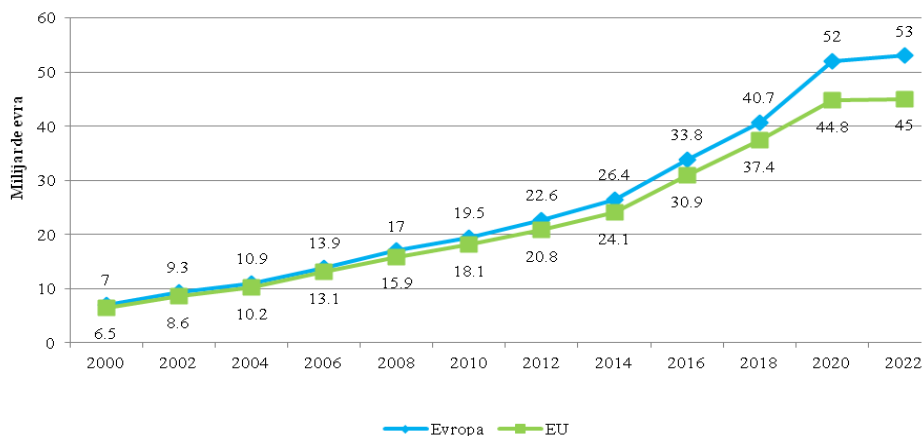
Bliža analiza tržišta organskih proizvoda u Evropskoj uniji, koje predstavlja tržište od interesa kada je u pitanju izvoz organskih proizvoda iz Srbije, pokazuje različite trendove u 2022. godini. Dok su površine i broj proizvođača beležili trend rasta, prodaja i uvoz pokazuju opadajući tok. Willer i sar. (2024) navode da i površine u organskom sistemu i tržište organskih proizvoda mora dva puta brže da raste da se dostigne 25% organskih udela do 2030. godine kako je zacrtano u Farm to Fork strategiji EU. Tržište je procenjeno na 53,1 milijardu evra od čega 45,1 milijarda pripada zemljama Evropske unije. Oba tržišta, i EU i Evrope su beležili pad u iznosu od 2,8 i 2,2% respektivno. To nije bio slučaj u svim zemljama, pa su neke zemlje poput Estonije, Holandije i Austrije beležile rast tržišta u ovom periodu. Pregled ključnih pokazatelja tržišta u Evropi i Evropskoj uniji dat je u Tabeli 9.1.

Tabela 9.1. Evropa i Evropska unija: ključni inidkatori tržišta (Willer i sar., 2024)

	Vrednost prodaje (miliona evra)	Potrošnja po stanovniku (u evrima)	Rast 2021/2022 (%)	Rast 2013/2022 (%)
Evropa	53.070,4	64	-2,2	+119,3
Evropska unija	45.098,5	102	-2,8	+124,7

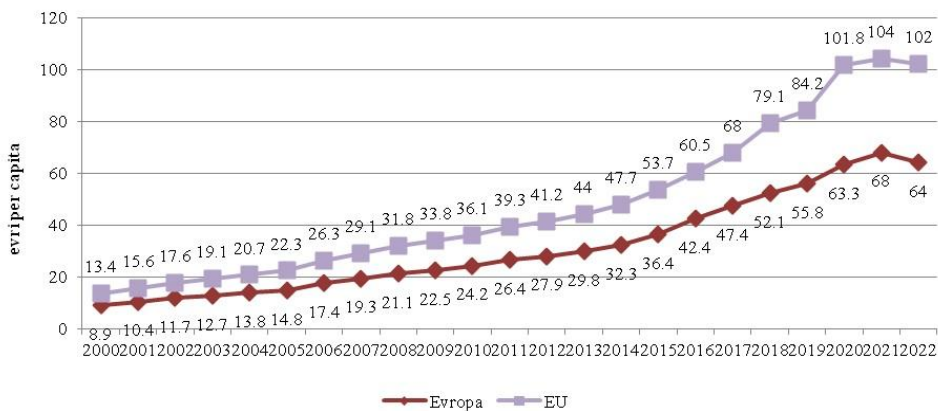
Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Tržište organskih proizvoda u Evropskoj uniji i Evropi je od 2000. do 2022. godine beležilo kontinuirani rast (grafikon 9.4). Po prvi put se nakon dugog niza pozitivnog trenda pojavilo opadanje vrednosti što samo implicira da je organsko tržište kao i svako drugo podložno svim faktorima koji utiču na ponudu i tražnju i da se, shodno tome, formiraju i cene i količine ovih proizvoda.



Grafikon 9.4. Razvoj tržišta organskih proizvoda 2000-2022. godine u Evropi i EU (Willer et al., 2024)

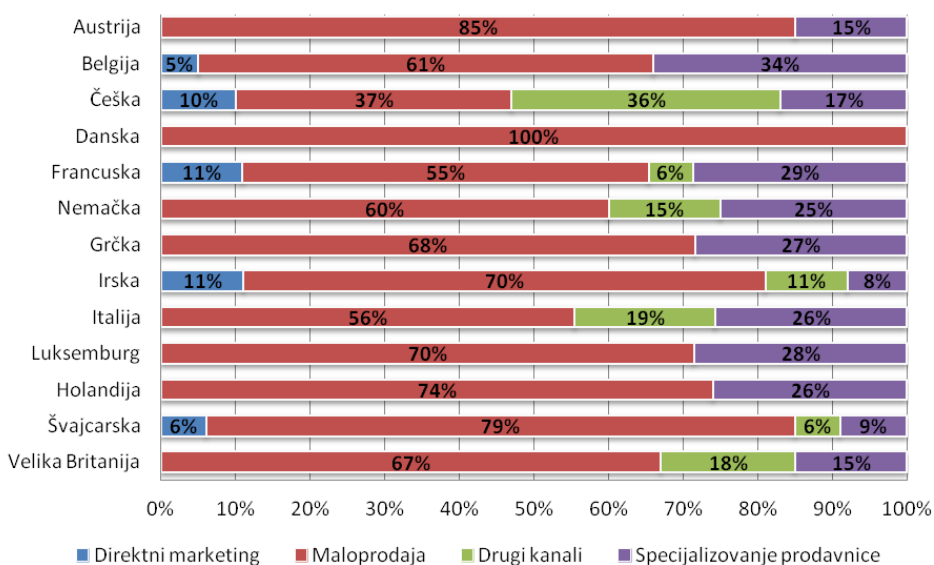
Prilikom analize tržišta, pre svega radi utvrđivanja njegovog potencijala i budućih trendova potrošnja po glavi stanovnika je značajan indikator jer, između ostalog, pokazuje pravu sliku o kupovnoj moći u jednoj zemlji ili regionu. Potrošnja u Evropi i EU je u periodu od 2000 do 2022. godine pokazala kontinuirani trend rasta što je prikazano na grafikonu 9.5.



Grafikon 9.5. Potrošnje *per capita* u Evropi i EU 2000-2022. godine (Willer et al., 2024)

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Kanali prodaje predstavljaju značajan pokazatelj održivosti i uspešnosti nekog sektora jer ukoliko je sektor zavistan samo od jednog kanala distribucije postoji rizik u poslovanju. U proteklom periodu zemlje u kojima su dominirali veliki maloprodajni lanci kao kanali prodaje su pokazivale kontinuiran rast tržišta. Međutim, ekonomska kriza iz 2008. godine je pokazala da postoji veliki rizik kada tržište zavisi isključivo od supermarketa. Tih godina u Velikoj Britaniji je prodaja organskih proizvoda opala, a u Nemačkoj je prodaja u supermarketima stagnirala dok je prodaja u specijalizovanim prodavnicama pokazivala trend rasta (Milić i Tomaš Simin, 2022). Francuska, Italija i Nemačka su pozitivni primeri zemalja sa rastom tržišta u kojima specijalizovane prodavnice imaju značajnu ulogu (grafikon 9.6).



Grafikon 9.6. Struktura kanala distribucije u evropskim zemljama u 2022. godini (Willer et al., 2024)

Dalji razvoj tržišta organskih proizvoda zavisi od makroekonomskih faktora kao i od promena u tražnji za ovim proizvodima. Sahota (2024) navodi neke od najvažnijih faktora:

- *Inflacija i rastuće cene hrane.* Cene hrane su u 2022. godini porasle za 12% što je svakako uticalo i na prodaju organskih proizvoda. Rastuće cene su dovele do veće osetljivosti potrošača na cenovne fluktuacije (povećana je cenovna elastičnost tražnje), što posebno dolazi do izražaja kod premijumskih proizvoda u koje su uključeni i organski

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

proizvodi. Ovo je bio jedan od glavnih uzroka opadanja tržišta organskih proizvoda u Evropi. Iako su se u aprilu 2022. godine, cene i inflacija donekle stabilizovali, u zemljama u razvoju poljoprivredni proizvodi i hrana su još uvek podložni inflatornim kretanjima. Čak je i u EU realna stopa inflacije prehambenih proizvoda u 2023. godini bila 4,6% sa napomenom da je u nekim zemljama bila i viša.

- *Geopolitički faktori.* Poljoprivreda i poljoprivredno-prehrambeni proizvodi su se uvek nalazili pod uticajem geopolitičkih faktora. Od februara 2022. godine Ukrajinski konflikt je poremetio lance snabdevanja i uticao na povećanje cena mineralnih đubriva i energije. Ukrajina i Rusija su vodeće zemlje u izvozu pšenice, kukuruza, ječma i suncokretovog ulja. Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (OECD) je predvidela globalni rast svetske ekonomije za 5% u 2022. godini, a realni rast je iznosio manje od 3,1% usled konflikta. Pored uticaja na cene, konflikt je doveo i do ekonomske i političke nesigurnosti i destabilnosti. Mnoge zemlje su beležile pad tražnje za mnogim proizvodima koji se ne ubrajaju u osnovne. Pored Ukrajinskog konflikta koji se nastavio i u 2024. godini, zabrinutost postoji i po pitanju Izraelsko-Palestinskog konflikta za koji se predviđa da može da dovede do dodatnih ekonomskih šokova i kriza.
- *Ponuda organskih proizvoda.* Pandemija korona virusa dovela je do naglog skoka tražnje za organskim proizvodima u 2020. godini. Ponuda nije mogla da prati ovaj rast u različitim kategorijama proizvoda. Od 2020. godine rast tržišta se značajno usporio što je dovelo u pitanje mogućnost prevelike snabdevenosti tržišta odnosno veće ponude od tražnje za ovim proizvodima. Na tržištu je zabeležena usporena tražnja što je neke proizvođače uslovalo da proizvode prodaju kao konvencionalne samo da bi smanjili zalihe ovih proizvoda.
- *Tražnja za organskim proizvodima.* Potrošači kupuju organske proizvode zbog više razloga. Među najuticajnijim su briga o zdravlju i etički razlozi. Međutim, treba imati u vidu da i drugi proizvodi na tržištu mogu zadovoljiti ove zahteve potrošača. U SAD zabrana upotrebe GMO proizvoda u organskom sistemu proizvodnje je glavni razlog za kupovinu organskih proizvoda. I ovde takođe treba napomenuti da postoje proizvodi koji imaju non-GMO oznaku a nisu organski te se tražnja može zadovoljiti i njihovom upotrebom. Na tržišti i EU i SAD već sada postoje proizvodi koji mogu odgovoriti tražnji u odnosu na potrebu koja se zadovoljava a koji nisu organski sertifikovani. To postavlja nova pitanja i izazove pred organsku proizvodnju.

Ekonomski aspekti organske proizvodnje

Pored tržišta odnosno ponude i tražnje ono što utiče na ekonomsku održivost organske proizvodnje su svakako uslovi u kojima se ta proizvodnja odvija. Pri tome se, pre svega, misli na fizičke obime proizvodnje, strukturu cene koštanja i faktore koji utiču na formiranje tržišne cene proizvoda. Na prva dva faktora proizvođači mogu imati, donekle, uticaj dok se cena, za sada, u najvećoj meri formira na osnovu delovanja zakona ponude i tražnje.

Kao sistem proizvodnje, organska poljoprivreda se razlikuje od onoga što se danas smatra paradigmatom konvencionalne proizvodnje. Organska proizvodnja se može posmatrati kroz definiciju negacije, odnosno šta je to sve što se u ovom sistemu ne može koristiti a što je dozvoljeno u konvencionalnoj proizvodnji.

Neka istraživanja su pokazala da je upravo ta „negativna definicija“ dosta rasprostranjena i motiv za kupovinu organskih proizvoda (Milić i sar., 2022). Upotreba konvencionalnih hemijskih sredstava (mineralnih đubriva i sredstava za zaštitu) je zabranjena u organskoj proizvodnji, odnosno mogu se koristiti oni koji se nalaze na listi dozvoljenih sredstava. Takođe, upotreba GMO je strogo zabranjena i, kao što je već navedeno, to je jedan od razloga zašto neki potrošači preferiraju organske proizvode (posebno u SAD). S druge strane, organska proizvodnja se može posmatrati i kroz benefite koje ima za proizvođače, potrošače i životnu sredinu. Ti razlozi su takođe često navedeni kao razlog za kupovinu organskih proizvoda.

Kada se organska proizvodnja, odnosno poljoprivreda posmatra kao sistem i ocenjuju se njene ekonomske performanse analiziraju se svi oni faktori koji i inače ulaze u analizu konvencionalnih poljoprivrednih sistema. Shodno tome, za organsku poljoprivredu se može reći da je plodored jedna od značajnih karakteristika tehnologije proizvodnje, da je akcenat na preventivi, da se koriste procesi koji su se koristili u prethodnim generacijama poljoprivrednih proizvođača ali i da moderna tehnologija poput IKT (informaciono-komunikaciona tehnologija) značajno doprinosi unapređenju ekonomskih performansi ovog sistema proizvodnje.

Suština ekonomske analize može biti i poređenje organskog sistema sa konvencionalnim, što je najčešće i slučaj, međutim, ovde treba napomenuti da postoje određena metodološka ograničenja. Metodološki

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

najadekvatniji pristup bi bio onaj koji poredi postojeće organske i konvencionalne farme koje imaju jednake uslove proizvodnje i proizvode slične proizvode. Međutim, zahvaljujući specifičnostima poljoprivrede gde rezultati proizvodnje umnogome zavise od prirodnih uslova, teško je pronaći dve konvencionalne farme koje su slične i uporedive, a taj izazov se povećava kada se fokus prebaci na organske farme. Adekvatniji način poređenja je da se sagledaju razlike između sličnih farmi, sličnih u pogledu njihovih resursa, mogućnosti proizvodnje na određenom zemljištu, kao i ostalim proizvodnim jedinicama, npr. broj krava, zasejana površina itd (Mirecki i sar., 2011). Pri tome, tj. prilikom izvođenja neke komparativne analize, značajno je imati u vidu i specifičnosti mikro i makro regiona i lokacije u kojima se proizvodnja odvija.

S obzirom na trenutni stepen razvoja organske proizvodnje kao i planova različitih strateških dokumenata koji predviđaju dalji rast površina u ovom sistemu, istraživanja bi sada već trebalo da promene svoj fokus sa komparacije organskih i konvencionalnih sistema na komparaciju organskih sistema među sobom. Istraživanja su do sada pokazala da organska proizvodnja ima prednosti i mogućnost da reši izazove koji su postavljeni pred modernu poljoprivredu (Milić i Tomaš Simin, 2022) ali da bi se ovi sistemi dalje unapređivali (organizaciono-ekonomski i društveno) potrebno je analizirati šta je to što u jednom organskom sistemu proizvodnje funkcioniše, zašto i kako se to može koristiti i u drugim sistemima.

Sagledavanju ekonomskih karakteristika organskih farmi se može pristupiti na više načina. Jedan je da se prvo analiziraju fizički obimi proizvodnje jer oni, nesumnjivo, utiču na nivo profitabilnosti farme.

Fizički obim proizvodnje – Istraživanja potvrđuju da ostvareni nivoi prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji zavise od tehnologije koja se koristi. S obzirom da organska proizvodnja isključuje upotrebu sintetičkih mineralnih đubriva, hemijskih sredstava za zaštitu bilja i genetski modifikovanih organizama, nije moguće u potpunosti iskoristiti genetski potencijal biljaka. To svakako utiče na nivo prinosa koji se postižu pri ovom sistemu gajenja, a oni su, generalno posmatrano, niži nego u konvencionalnoj proizvodnji, s tim da postoje razlike u zavisnosti od vrste useva, regiona ili zemlje koja se analizira (Tabela 9.2). Ovde treba napomenuti da se ove razlike smanjuju kroz vremenski period jer dolazi do povećanja proizvodnih sposobnosti samog zemljišta.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Offermann i Nieberg (2000) navode da relativne razlike u prinosima zavise od većeg broja faktora a posebno od:

- intenzivnosti proizvodnje konvencionalnog sistema sa kojim se vrši poređenje (Padel and Lampkin, 1994);
- intenzivnosti proizvodnje organskog sistema;
- nivoa prinosa u konvencionalnoj proizvodnji (Piorr and Werner, 1998);
- tipa farme odnosno gazdinstva;
- prirodnih uslova i
- karakteristika kultura koje se uzgajaju odnosno osobina određene vrste životinje.

Višegodišnje istraživanje (1978-1989) u zemljama centralne Evrope je pokazalo da su prinosi u organskoj proizvodnji bili 20% niži nego u konvencionalnoj proizvodnji (Mäder et al., 2002). Offermann i Nieberg (2000) navode da su u Evropi prinosi žitarica u proseku manji za 30-40%, dok su prinosi povrća na nivou onih koji se postižu i u konvencionalnoj proizvodnji. Neki usevi mogu imati i iste ili veće prinose od onih gajenih u konvencionalnom sistemu proizvodnje. U literaturi se (Padel and Zerger 1994; Dubgaard, 1994; Padel and Lampkin 1994), navodi da su veće razlike u prinosima kod konvencionalno intenzivnih biljnih kultura – jer je tehnologija proizvodnje kod ekstenzivnih kultura približno ista za organsku i konvencionalnu proizvodnju.

Tabela 9.2. Prosečni prinosi u organskoj biljnoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
	3,73	6,16	60,55	Murphy, 1992
Ozima pšenica	6,49	8,91	72,84	Dutch FADN,1995
	3,7	8,0	46,25	Fowler i sar., 1998
	3,96	6,79	58,32	Menge i sar., 1998
	2,3	5,2	44,23	Cauwell, 1994

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
	3,72	5,97	62,31	LBA, 1997, 1998
	1,84	4,13	44,55	AERI, 1996,1997
	4,07	6,95	58,56	DIAFE, 1998
	4,64	7,32	63,39	Ghesquiere, 1996
	3,51	5,43	64,64	BMLF, 1995,1996
	2,4	2,6	92,31	Wynen, 1994
	3,3	2,9	113,79	Henning, 1994
	4,8	6,2	77,4	Mühlebach i Mühlebach, 1994
	3,4	6,8	50,0	Dubgaard i sar., 1990
	1,7	2,4	70,83	Cavigelli i Kois, 1988
	1,9	2,3	82,61	Matheson i sar, 1991
	2,5	2,5	100	NRC*, 1989
	3,70	-	-	Peitzmeier, 1990
	3,0	2,9	103,45	NRC, 1989
Jara pšenica	3,24	4,95	65,45	Murphy, 1992
	1,9	2,5	76,0	Matheson i sar, 1991
Jari ječam	3,61	5,12	70,51	DIAFE, 1998
Ozimi ječam	3,09	5,31	58,19	Murphy, 1992
	4,46	5,63	79,22	Dutch FADN,1995

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
	4,2	6,2	67,74	Fowler i sar., 1998
	2,90	6,16	47,08	Menge i sar., 1998
	1,50	4,02	37,31	AERI, 1996,1997
	4,67	7,23	64,59	Ghesquiere, 1996
	2,79	4,40	63,41	BMLF, 1995,1996
	4,6	6,1	75,28	Mühlebach i Mühlebach, 1994
	3,5	4,6	76,09	Dubgaard i sar., 1990
	3,59	4,41	81,41	Murphy, 1992
	3,41	5,33	63,98	Dutch FADN,1995
	3,8	6,2	61,29	Fowler i sar., 1998
	2,03	3,86	52,59	AERI, 1996,1997
	2,56	3,96	64,65	BMLF, 1995,1996
Ovas	1,9	4,7	40,43	Dubgaard i sar., 1990
	3,5	4,6	76,09	Dubgaard i sar., 1990
	2,4	1,6	150,0	Cavigelli i Kois, 1988
	2,9	2,3	126,09	NRC, 1989
	3,50	-	-	Peitzmeier, 1990
Mahunarke	1,97	2,96	66,55	Murphy, 1992
Krompir	18,98	51,27	37,02	Murphy,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
				1992
	34,84	48,23	72,24	Dutch FADN,1995
	27,0	32,9	82,07	Fowler i sar., 1998
	20,30	34,10	59,53	Menge i sar., 1998
	17,30	31,20	55,45	LBA, 1997, 1998
	19,20	22,43	85,60	AERI, 1996,1997
	18,10	30,50	59,34	DIAFE, 1998
	23,00	46,10	50,00	Ghesquiere, 1996
	11,20	24,90	44,98	BMLF, 1995,1996
	27,6	37,2	74,19	Mühlebach i Mühlebach, 1994
	14,8	30,6	48,37	Dubgaard i sar., 1990
	18,80	-	-	Peitzmeier, 1990
Luk	27,41	49,47	55,41	Murphy, 1992
	3,20	-	-	Peitzmeier, 1990
Ozimi raž	3,04	5,93	51,26	Menge i sar., 1998
	3,6	4,5	80,0	Dubgaard i sar., 1990
	5,0	5,3	92,0	Sahs i sar., 1992
Kukurz	6,38	6,70	95,22	Dutch FADN,1995
	9,1	13,7	66,42	Cauwell,

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
				1994
	5,45	7,72	70,60	LBA, 1997, 1998
	6,4	5,5	116,36	Henning, 1994
	5,1	5,3	96,23	Cavigelli i Kois, 1988
	6,8	5,4	125,3	NRC, 1989
	9,3	7,0	132,86	NRC, 1989
	3,2	2,3	139,13	NRC, 1989
Soja	3,4	4,1	82,93	Cauwell, 1994
	2,2	1,9	115,79	Cavigelli i Kois, 1988
	2,6	2,0	130,0	NRC, 1989
Lucerkino seno	7,4	6,7	110,45	NRC, 1989
Suncokret	1,4	1,2	116,67	Matheson i sar, 1991
	2,45	2,94	83,33	BMLF, 1995,1996
Silažni kukuruz	32,0	32,0	100	NRC, 1989
	1,8	2,0	90,0	NRC, 1989
	3,23	4,64	69,61	Menge i sar., 1998
Raž	1,70	2,78	61,15	AERI, 1996,1997
	2,49	3,40	73,24	BMLF, 1995,1996
	4,4	5,4	81,48	Mühlebach i Mühlebach, 1994
Grožđe	16,8	13,4	125,37	NRC, 1989
Grašak	2,53	3,02	83,77	BMLF, 1995,1996

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Usev	Prosečna prinos u organskoj proizvodnji (t/ha)	Prosečna prinos u konvencionalnoj proizvodnji (t/ha)	Relativni prinos (konv=100)	Izvor
Tritikale	4,76	-	-	Ghesquiere, 1996
Crni luk	37,13	53,16	69,85	Dutch FADN,1995
	40	70	57,14	Urvoy, 1997
Šećerna repa	63,33	56,34	112,41	Dutch FADN,1995
	50,7	58,5	86,67	LBA, 1997, 1998
Mrkva	66,44	67,66	98,20	Dutch FADN,1995

*NRC se odnosi na studije slučaja te postoje različiti podaci sa više lokacija za iste kulture; Izvor: Prilagođeno prema Milić i Tomaš Simin, 2022.

Novija istraživanja sprovedena meta analizom dostupnih podataka (Ponisio et al., 2015), pokazuju da se nivoi prinosa konvencionalnih i organskih useva u nekim slučajevima mogu i izjednačiti i da visina prinosa u organskoj proizvodnji dosta zavisi od primenjenog sistema proizvodnje³. Prema rezultatima navedenih autora, razlike u prinosu su se smanjile za $9 \pm 4\%$ odnosno $8 \pm 5\%$ kada se primeni odgovarajuća tehnologija proizvodnje (višestruki usevi ili uvođenje plodoređa).

Sprovedena istraživanja su pokazala da se apsolutni nivoi prinosa u organskim sistemima povećavaju tokom vremena, ali po nižoj stopi u poređenju sa konvencionalnim prinosima i značajno su viši u odnosu na konvencionalne prinose postignute pre 1950. godine, sa kojim se organska poljoprivreda ponekad greškom poredi. Apsolutni prinosi su, međutim, podložni značajnim varijacijama usled većeg broja faktora, uključujući varijetet biljne vrste, tip zemljišta, plodoređ i đubrenje, vremenski period u organskom sistemu proizvodnje kao i sposobnosti upravljanja i razvoja u naučnom znanju i tehnologiji. Takođe, relativni prinosi u poređenju sa konvencionalnim sistemima su direktno povezani sa stepenom razvijenosti i intenziteta proizvodnje u tim konvencionalnim sistemima.

³ U svom istraživanju autori su koristili meta bazu podataka iz 38 zemalja koje su brojale 52 biljne vrste i vremenski period od 35 godina. Za potrebe izrade baze podataka i modela korišćeno je 115 studija koje su imale 1071 poređenje različitih organskih i konvencionalnih prinosa.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Pretpostavka je da su razlike veće ukoliko je konvencionalni sistem intenzivniji naspram ekstenzivne proizvodnje koja podrazumeva povećanje prinosa usled povećanja površina. Kod intenzivne proizvodnje prinosi i rezultati proizvodnje se povećavaju usled povećanja prinosa po jedinici površine (ha) do čega najčešće dolazi kada se povećaju inputi u proizvodnom sistemu. Ovo je slučaj ne samo za komparaciju među regionima, već takođe i za poređenje među usevima u istom regionu, i za iste useve tokom vremena.

Finansijske performanse organske proizvodnje - Analiza finansijskih performansi se najčešće odnosi na analizu cena i troškova u organskoj proizvodnji. Tržišne cene su nešto što određuje proizvodne rezultate i utiče na finansijski rezultat organskih farmi. Cene organskih proizvoda na tržištu su, u većini slučajeva, više u odnosu na cene konvencionalnih proizvoda. Ove više, odnosno premijumske cene su posledica uslova ponude i tražnje na tržištu organskih proizvoda. Kako je predstavljeno u prethodnom delu, u razvijenim zemljama (posebno SAD) tražnja za organskim proizvodima još uvek nadmašuje ponudu. Potrošači su do 2022. godine bili spremni da plate premijumske cene ovih proizvoda, ukoliko one podrazumevaju da su u proizvodnji ispoštovani osnovni principi organske poljoprivrede, koji su zagarantovani oznakom organske proizvodnje. Kako je navedeno – usled niza razloga ovaj trend je donekle zaustavljen u 2022. godini, a videćemo kako će se tržište organskih proizvoda razvijati u predstojećim godinama.

Premijumske cene su prisutne u gotovo svim zemljama EU, a njihova visina zavisi od proizvoda koji se posmatra i od zemlje čije se tržište analizira. Na primer, cene organske pšenice u odnosu na konvencionalnu su do 300% veće u Nemačkoj, više od 100% u Britaniji, do 40% u Švajcarskoj i slično, prikazujući nivo tražnje za organskom hranom u svakoj zemlji i nivo do kojih su konvencionalne cene podržane merama agrarne politike (konvencionalne cene pšenice u Švajcarskoj su tri puta veće u odnosu na cene u Evropskoj Uniji). Premijumske cene za stočarsku proizvodnju su manje dostupne, zbog nerazvijenosti tržišta za organske stočarske proizvode i problema koordinacije ponude. Tamo gde su dostupne, premije za mleko i meso se kreću od 10-25% (Padel and Lampkin, 1994).

Offermann i Nieberg (2000) su u svom istraživanju dali pregled tržišnih cena organskih proizvoda u 18 evropskih zemalja. Oni su zaključili da je teško izračunati prosečne premijumske cene, čak i u okviru jedne zemlje jer je veliki broj prodajnih kanala za organske proizvode (među kojima cene značajno variraju), a kojima proizvođači nemaju jednak pristup. U

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

većini evropskih zemalja pšenica je prodavana po prosečnoj ceni koja je za 50 do 200% veća u odnosu na konvencionalno proizvedenu pšenicu, dok se za krompir ovaj raspon kretao u intervalu od 50 do čak 500%.

Uticaj viših cena na profitabilnost organske proizvodnje je, naravno, značajna. Ovo potvrđuje istraživanje sprovedeno u Nemačkoj i Velikoj Britaniji prema kome je 40-75% profita organskih farmi koje se bave biljnom proizvodnjom ostvareno na bazi postignutih viših cena, dok je na farmama koje se bave organskom proizvodnjom mleka ovaj udeo između 10-50% (Nieberg and Offerman, 2003).

Troškovi i finansijski rezultati u organskoj proizvodnji – Karakteristike troškova u organskoj proizvodnji su uslovljene samim karakteristikama i specifičnostima ovakvog načina poljoprivredne proizvodnje. Kao što je već pomenuto, u organskoj proizvodnji ograničena je upotreba određenih inputa kao što su đubriva, pesticidi, koncentrovana hraniva odnosno veći deo inputa koji u poljoprivredu dolazi iz hemijske industrije. Deo ovih inputa proizvođači bi trebalo da obezbede sa sopstvenog gazdinstva pod uslovom da imaju zaokružen sistem stočarske i biljne proizvodnje. Imajući u vidu da je u konvencionalnoj proizvodnji značajan deo troškova povezan sa inputima iz hemijske industrije može se reći da se u organskoj proizvodnji mogu postići niži varijabilni troškovi proizvodnje. Naravno, varijabilni troškovi su niži ukoliko je sistem proizvodnje zatvoren a inputi van farme su svedeni na neophodni minimum. U suprotnom, varijabilni troškovi mogu, ponekad, da budu i veći u organskoj u odnosu na konvencionalnu proizvodnju.

Padel i Lampkin (1994) navode da ukupni varijabilni troškovi mogu biti u proseku 50-60% niži za organske cerealije i leguminoze i 10-20% niži za krompir i povrtarske useve u odnosu na konvencionalnu proizvodnju. Troškovi đubriva i pesticida su značajno niži u odnosu na konvencionalne sisteme u gotovo svim slučajevima. Dodatni varijabilni troškovi mogu biti posledica višeg nivo pakovanja i prerade na organskim farmama što spada u troškove koji obično nisu prisutni u konvencionalnoj proizvodnji. Mäder i sar. (2002) u 21-godišnjoj studiji u Evropi utvrdili su da je na organskim farmama upotreba đubriva (azot, fosfor, kalijum) i energije niža za 34 do 53%, dok je upotreba pesticida 97% niža u odnosu na konvencionalne farme. Međutim, Kim (2003) u svom istraživanju pokazuje da ove uštede nisu od značaja za krajnji finansijski rezultat jer pokrivaju samo oko 40% gubitaka koji nastaju usled nižih prinosa i povećanih troškova radne snage.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Troškovi amortizacije mašina mogu biti manji zbog smanjenih radnih operacija pri aplikaciji đubriva i sredstava za zaštitu bilja, mada povećan značaj mehaničkih mera borbe može u nekim slučajevima dovesti do rasta troškova upotrebe mehanizacije. Veći značaj marketinga i prerade na organskim farmama može da podrazumeva veće investicije u odgovarajuće objekte, i dovesti do povećanja amortizacije zgrada (Offermann and Nieberg, 2000). Takođe, dodatni fiksni troškovi u organskoj proizvodnji odnose se na troškove sertifikacije ovih proizvoda. Fiksni troškovi su uglavnom veći u odnosu na konvencionalni vid proizvodnje i to zbog visokog udela troškova radne snage, dok su ostale kategorije fiksnih troškova slične u većini zemalja. U Tabeli 9.3. dat je sažet pregled ušteta i troškova u organskoj biljnoj proizvodnji.

Tabela 9.3. Uštete/troškovi u biljnoj organskoj proizvodnji

Uštete	Troškovi
- nema mineralnih đubriva	- skupa semena
- nema hemijskih pesticida	- niži prinosi
- bolje cene	- veći troškovi rada
- agro-ekološke isplate	- leguminoze i stočna hrana u plodoredu
- niži troškovi za mašine (prskanje, đubrenje)	- međuusevi
	- troškovi sertifikacije

Dodatni troškovi radne snage, koji se koriste kao zamena za hemijska sredstva, su pominjana u literaturi ali ova vrsta troškova zahteva još dodatnih istraživanja. U narednoj tabeli (Tabela 9.4) dat je pregled relativnih troškova u organskom sistemu proizvodnje.

Najčešće korišćen pokazatelj finansijskog rezultata organskih farmi je bruto marža. Ovaj pokazatelj je koristan prilikom analize ali pri njegovom korišćenju potrebno je biti svestan njegovih ograničenja. Ukoliko se dobijeni rezultati obračuna bruto marže interpretiraju van konteksta celokupne farme mogu da dovedu do pogrešnih zaključaka. Takođe, bruto marže predstavljaju razliku između rezultata i varijabilnih troškova proizvodne jedinice a ne uzimaju u obzir fiksne troškove. Poređenje bruto marži različitih proizvodnih jedinica koje imaju različitu strukturu fiksnih troškova može takođe biti neadekvatno, posebno tamo gde su konvencionalni varijabilni troškovi poput đubriva i sredstava za zaštitu bilja zamenjeni fiksnim troškovima (mehanizacija i radna snaga) u kontekstu organske proizvodnje.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Tabela 9.4. Relativni troškovi u organskoj proizvodnji
(Milić i Tomaš Simin, 2022)

Vrsta proizvodnje	Relativni troškovi (konv=100)	Zemlja	Izvor
Ozima pšenica	57	V. Britanija	Murphy, 1992
	73	Kanada	Henning, 1994
	54	Švajcarska	Mühlebach i Mühlebach, 1994
	42	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
Krompir	85	V. Britanija	Murphy, 1992
	75	Švajcarska	Mühlebach i Mühlebach, 1994
	104	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
Mleko	73	V. Britanija	Houghton i Poole, 1990
	79	Švajcarska	Mühlebach i Mühlebach, 1994
Tov goveda	103	Škotska	Younie i sar., 1990
Krmno bilje	86	Nemačka	Winter, 1991
Ozimi raž	45	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
	58	Švajcarska	Mühlebach i Mühlebach, 1994
Jara pšenica	39	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
Ovas	39	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
	46	Švajcarska	Mühlebach i Mühlebach, 1994
Mahunarke	63	Nemačka	Padel i Zerger, 1994
Kukuruz	53	Kanada	Henning, 1994

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

Premijumske cene i niži varijabilni troškovi kompenzuju smanjene prinose i daju sličnu bruto maržu, dok slični fiksni troškovi obezbeđuju sličan neto prihod farme i prihod radne snage. Kombinacija nižih prinosa, viših cena i nižih varijabilnih troškova mogu dovesti do sličnih ili viših nivoa bruto marže od individualnih useva ali se veoma malo radova bavilo analizom varijabilnosti koja može postojati između farmi i regiona.

Analiza ekonomske situacije organskih farmi u Evropi (Offermann and Nieberg, 2000) pokazuje da su u proseku profiti slični onima na uporedivim konvencionalnim farmama, odnosno kreću se u rasponu od +/-20% profita sličnih konvencionalnih farmi, ali su odstupanja unutar uzoraka visoka. Profitabilnost varira između ispitanih zemalja, kao i između različitih tipova farmi. Potrebno je naglasiti da poređenje profitabilnosti između organske i konvencionalne poljoprivrede ima određena ograničenja. Naime, tzv. eksterni troškovi koji nastaju u procesu konvencionalne proizvodnje (štete nastale usled zagađivanja i iscrpljivanja prirodnih resursa koji imaju ograničenu sposobnost samoobnavljanja, kao i opasnost po zdravlje ljudi i životinja) ne uključuju se u cenu koštanja i trenutno takvi troškovi padaju na teret društvene zajednice. Iz tog razloga, dugoročna profitabilnost konvencionalne poljoprivredne proizvodnje je diskutabilna. Ukoliko bi se ovi eksterni efekti (kako pozitivni, tako i negativni) uračunali u interne troškove poljoprivrednih proizvođača, ukupna profitabilnost, ali i korist organskih poljoprivrednih sistema za celokupno društvo sigurno bi bila veća, što bi svakako doprinelo i popularizaciji ovog alternativnog sistema proizvodnje.

Umesto zaključka

Održivi razvoj je nešto što je postalo paradigma u svim strateškim planiranjima. Ova sintaksa se odnosi na sve aspekte društveno ekonomskog sistema i neophodna je za dalji razvoj društvene zajednice. Tako posmatran održivi razvoj se sastoji od tri međusobno povezane dimenzije koje imaju uzročno posledične veze – ekološka, socijalna i ekonomska dimenzija. Organska poljoprivreda po svojim karakteristikama se uklapa u kontekst održivog razvoja poljoprivrede. Međutim, do sada je u naučnim i stručnim krugovima najviše analizirana njena ekološka dimenzija odnosno uticaj na životnu sredinu. Ekonomska dimenzija, koja je delom predstavljena u ovom poglavlju, je tek na početku svoje analize i neophodno je intenzivirati istraživanja koja će se fokusirati upravo na ovu dimenziju jer ukoliko nije ekonomski održiva i ukoliko se ne razvija njen ekonomski podsistem, organska poljoprivreda

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

će teško doseći više nivoe razvoja. Socijalna dimenzija organske poljoprivrede, odnosno istraživanje socijalne održivosti je na još nižem nivou u odnosu na ekonomsku dimenziju. Ukoliko se želi unaprediti ovaj sistem proizvodnje, ukoliko se žele ostvariti svi oni ambiciozno zacrtani ciljevi održivog razvoja, intezifikacija istraživanja ekonomske i socijalne dimenzije organske poljoprivrede je neophodna.

Literatura

- AERI, 1996. Results of bookkeeping farms according to production line in 1994, Helsinki: Agricultural Economics Research Institute, Research report 208.
- AERI, 1997. Results of bookkeeping farms according to production line in 1995, Helsinki: Agricultural Economics Research Institute, Research report 220.
- Bateman, D. 1994. Organic farming and society: an economic perspective in Lampkin, N., Padel, S. ed. (1994): *The Economics of Organic Farming, an International Perspective*, London, p. 45-71.
- Beauchesne, A., Bryant, C. 1999. Agriculture and innovation in the urban fringe: the case of organic farming in Quebec, Canada, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, Vol. 90(3): 320-328.
- BMLF, 1995. *Grüner Bericht 1994*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- BMLF, 1996. *Grüner Bericht 1995*, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.
- Cauwell, B. 1994. *Résultats expérimentaux de l'essai de Duran*.
- Cavigelli, M., Kois, J. 1988. *Sustainable Agriculture in Kansas: Case Studies of Five Organic Farms*, Kansas Rural Center, Whiting, Kansas.
- Cifrić, I. 2003. Značaj iskustva seljačke poljoprivrede za ekološku poljoprivredu, *Sociologija i prostor*, Institut za društvena istraživanja Zagreb, Zagreb, str. 5-27.
- Dabbert, S., Häring, A.M., Zanoli, R. 2003. *Organic farming – policies and prospects*, Zed Books, London.
- DIAFE, 1998. *Account Statistics of organic farming, 1996/97*, Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Serie G, nr. 1.
- Dubgaard, A. 1994. *Economics of Organic Farming in Denmark*, u Lampkin N., Padel S. (ed.) (1994): *The Economics of Organic Farming – an International Perspective*, CABI, str. 119-129.
- Dubgaard, A., Olsen, P., Sørensen, S.N. 1990. *Økonomien i økologisk jordbrug (Economics of organic farming)*, Rapport 54, Statens Jordbrugsøkonomiske Institute, Copenhagen.
- Dutch FADN. *Evaluation of the Dutch Farm Accountancy Data Network by LEI-DLO*.
- Fowler, S., Lampkin, N., Midmore, P. 1998. *Organic Farm Incomes in England and Wales 1995/96*. Aberystwyth: Welsh Institute of Rural Studies, University of Wales.
- Ghesquiere, P. 1996. *Céréales biologiques*, CARAB asbl (ed.), Information leaflet, Jodoigne.
- Greer, G., Kaye-Blake, W., Zellman, E., Parsonson-Ensor, C. 2008. Comparison of the financial performance of organic and conventional farms, *Journal of Organic Systems*, vol. 3(2): 18-28.
- Harris, J. 2009. *Economics of Environment and Natural Resources - Contemporary Approach*, Datastatus, Belgrade.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Henning, J. 1994. Economics of Organic Farming in Canada u Lampkin N., Padel S. (ed.) (1994): *The Economics of Organic Farming – an International Perspective*, CABI, str. 143-160.
- Houghton, M., Poole, A.H. 1990. Organic milk production, Genus Information Unit Report 70, Genus Management, Wrexham.
- Kim, C. 2003. Economic perspectives of Korean organic agriculture, u *Organic agriculture: sustainability, markets and policies*. OECD workshop on organic agriculture, Washington, U.K., USA, pp. 157-170.
- Lampkin, N. 1994. Economics of Organic Farming in Britain in Lampkin N., Padel S. (ed.) (1994): *The Economics of Organic Farming – an International Perspective*, CABI, str. 45-66.
- Lampkin, N., Padel, S. 1994. *The Economics of Organic Farming, an International Perspective*, CAB International, London.
- LBA, 1997. Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 1995/96. München: Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur.
- LBA, 1998. Buchführungsergebnisse des Wirtschaftsjahres 1996/97. München: Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur.
- Lockie, S., Halpin, D. 2005. The 'Conventionalisation' Thesis Reconsidered: Structural and Ideological Transformation of Australian Organic Agriculture, *Sociologia Ruralis*, 45 (4): 284-307.
- Mäder, P., Fliebach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296 (5573):1694–1697.
- Matheson, N., Rusmore, B., Sims, J.R., Spengler, M., Michalson, E.L. 1991. Cereal – Legume cropping systems: Nine farm case studies in the dryland northern plains, Canadian prairies and Intermountain northwest, Alternative energy resources organization, Helena, Montana.
- Menge, et al. 1998. Ergebnisse zur Wirksamkeit des Programmes "Umweltgerechte Landwirtschaft" in Sachsen. *Infodienst* 8/98: 52-55 and appendix 17.
- Milić, D., Tomaš Simin, M. 2022. Nove perspektive u poljoprivredi – ekonomski aspekti. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Milić, D., Tomaš Simin, M. 2023. Economics of Organic Carrot Production through Case Study Report. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management – JATEM* 6(1): 873-884. <https://doi.org/10.55817/UQRF7578>
- Milić, D., Tomaš Simin, M., Glavaš-Trbić, D., Radojević, V., Vukelić, N. 2022. Why I Buy Organic Products – Perception of Middle Income Country Consumers (Republic of Serbia). *Economics of Agriculture* 69(2): 497-515. doi:10.5937/ekoPolj2202497M
- Mirecki, N., Wehinger, T., Jaklič, M. 2011. Priručnik za organsku proizvodnju – za poljoprivredne proizvođače. Biotehnički fakultet Podgorica.
- Morgan, K., Murdoch, J. 2000. Organic vs. conventional agriculture: Knowledge, power and innovation in the food chain. *Geoforum*, 31, 159–173.
- Mühlebach, I., Mühlebach, J. 1994. Economics of Organic Farming in Switzerland u Lampkin N., Padel S. (ed.) (1994): *The Economics of Organic Farming – an International Perspective*, CABI, str. 131-142.
- Munitlak-Ivanović, O. 2005. Ekološki aspekti održivog razvoja-međunarodna i regionalna komparacija, doktorska disertacija, Ekonomski fakultet, Subotica.
- Murphy, M.C. 1992. Organic farming as a business in Great Britain, Agricultural Economics Unit, University of Cambridge, Cambridge.
- Nieberg, H., Offermann, F. 2003. The profitability of organic farming in Europe. In *Organic agriculture: sustainability, markets and policies*. OECD workshop on organic agriculture, Washington, U.K., USA, pp. 141-152.

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- NRC, 1989. *Alternative Agriculture*, National Academy Press, Washington, DC.
- Offermann, F., Nieberg, H. 2000. *Economic Performance of Organic Farms in Europe*, University of Hohenheim, Germany.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., Huirne, R. 2003. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field scale analysis u Pacini C.: An environmental-economic framework to support multi-objective policy-making-a farming systems approach implemented for Tuscany, University of Florence, Italy and Wageningen University, str. 27-47.
- Padel, S., Lampkin, N. 1994. Farm-level Performance of Organic Farming Systems: An Overview, u Lampkin N. i S. Padel (eds.), *The Economics of Organic Farming*, Wallingford: CAB International, 201-221.
- Padel, S., Zenger, U. 1994. Economics of Organic Farming in Germany, u Lampkin, N. i Padel S. (eds.), *The Economics of Organic Farming*, Wallingford: CAB International, 91-117.
- Peitzemier, M. 1990. Bestimmungsründe pflanzlicher Erträge im ökologischen Landbau, Diplomarbeit am Fachgebiet ökologischer Landbau, Geasmothochschule Kassel, Witznehausen.
- Piorr, A., Werner, W. 1998. Nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme im Vergleich: Bewertung anhand von Umweltindikatoren. *Agrarspectrum* Bd. 28, Frankfurt a.M.: VerlagsUnion Agrar.
- Ponisio, L.C., M'Gonigle, L.K., Mace, K.C., Palomino, J., de Valpine, P., Kremen, C. 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap, In *Proc. R. Soc. B* (Vol. 282, No. 1799, p. 20141396), The Royal Society.
- Rajković, M., Malidža, G., Tomaš Simin, M., Milić, D., Glavaš-Trbić, D., Meseldžija, M., Vrbničanin, S. 2021. Sustainable Organic Corn Production with the Use of Flame Weeding as the Most Sustainable Economical Solution. *Sustainability*, 13(2): 572. <https://doi.org/10.3390/su13020572>
- Repetto, R. 1985. *The Global Possible-Resources, Development and New Century*. World Resources Institute Book, Yale University Press, New Haven.
- Rigby, D., Caceres, D. 2001. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems* 68: 21-40.
- Rodić V., Bošnjak D., Vukelić N. 2008. Održivost upravljanja poljoprivrednim zemljištem u AP Vojvodini, *Agroekonomika* 37-38: 15-23.
- Sahota, A. 2024. The Global Market for Organic Food and Drink in Willer H., Trávníček J., Schlatter B. (Eds.) 2024. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn, pp 106-110.
- Sahs, W.W., Lesoing, G.W., Francis, C.A. 1992. Rotation and manure effects on crop yields and soil characteristic in eastern Nebraska, *Agronomy Abstracts* 84:155.
- Schlatter, B., Trávníček, J., Willer, H. 2024. Current Statistics on Organic Agriculture Worldwide: Area, Operators, International Trade and Retail Sales in Willer H., Trávníček J., Schlatter B. (Eds.) (2024): *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn, pp 40 - 95.
- Stolze, M., Piorr, A., Haring, A., Dabbert, S. 2000. Environmental impacts of organic farming in Europe; *Organic Farming in Europe: Economics and Policy*, Department of Farm Economics, University of Hohenheim, Germany.
- Šeremešić, S., Dolijanović, Ž., Tomaš Simin, M., Milašinović Šeremešić, M., Vojnov, B., Brankov, T., Rajković, M. 2024. Articulating Organic Agriculture and Sustainable

Izazovi i trendovi u organskoj poljoprivrednoj proizvodnji

- Development Goals: Serbia Case Study. *Sustainability*, 16(5), 1842. <https://doi.org/10.3390/su16051842>
- Šeremešić, S., Dolijanović, Ž., Tomaš Simin, M., Vojnov, B., Glavaš Trbić, D. 2021. The Future We Want: sustainable Development Goals Accomplishment with Organic Agriculture, *Problemy Ekorozwoju – Problems of Sustainable Development 2021*, 16(2), 171-180. DOI: 10.35784/pe.2021.2.18
- Tomaš Simin, M., Glavaš-Trbić, D., Petrović, M. 2019a. Organska proizvodnja u Republici Srbiji – Ekonomski aspekti, *Ekonomija – teorija i praksa* 12(3): 88-101.
- Tomaš Simin, M., Glavaš-Trbić, D., Petrović, M., Komaromi, B. 2019b. Prices of organic products in the Republic of Serbia, *Western Balkan Journal of Agriculture Economics and Rural Development* 1(2): 85-160.
- Tomaš Simin, M., Milić, D., Petrović, M., Glavaš-Trbić, D., Komaromi, B., Đurić, K. 2023. Institutional development of organic farming in the EU. *Problemy Ekorozwoju – Problems of sustainable development*, 18(1): 120-128. DOI: 10.35784/pe.2023.1.12
- Tomaš Simin, M., Rodić, V., Glavaš-Trbić, D. 2019. Organic agriculture as an indicator of sustainable agricultural development: Serbia in focus, *Ekonomika poljoprivrede* 66(1): 265-281. <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1901265T>
- Willer H., Trávníček J., Schlatter B. (Eds.) 2024. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn. Trávníček, J., Schlatter, B., Willer, H. 2024. *The World of Organic Agriculture 2024: Summary*, pp 27-36.
- UN-United Nations, 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*.
- Urvoy, C. 1997. *Le potentiel de développement du sucre biologique, La France agricole*.
- Wehinger, T. 2011. *Ekonomija organske poljoprivrede. Poglavnje u knjizi Priručnik za organsku proizvodnju – za osoblje savjetodavne službe*. (ed. Mirecki N., Wehinger T., Repić R.) Biotehnički fakultet Podgorica.
- Winter, R. 1991. Economic questions of dairy production in ecological agriculture in northern Germany, u Boehncke E. i Molkenthin V. (eds) *Alternatives in Animal Husbandry, Proceedings of the International Conference, July 1991, University of Kassel, Witzenhausen*.
- Wynen, E. 1994. *Economics of Organic Farming in Australia* u Lapmkin N., Padel S. (ed.) (1994): *The Economics of Organic Farming – an International Perspective*, CABI, str. 185-199.
- Younie, D., Watson, C., Halliday, G., Armstrong, G., Slee, W., Daw, M. 1990. *Organic beef in practice*, Scottish Agricultural College, Aberdeen.



**IZAZOVI I TREND OVI U ORGANSKOJ POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI
2025.**