

POVEČANJE UČINKOVITOSTI OKOLJSKO SPREJEMLJIVIH PRISTOPOV VARSTVA RASTLIN S HKRATNO UPORABO RAZLIČNIH METOD

Miha CURK¹, Stanislav TRDAN²

^{1,2} Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

IZVLEČEK

Biotično varstvo je z ostalimi okoljsko sprejemljivimi načini zatiranja škodljivcev v zadnjih desetletjih pritegnilo veliko pozornosti. Različni pristopi, vključno z uporabo biotičnih agensov, vmesnimi posevki, biofumigacijo, lepljivimi ploščami in feromoni, so že precej raziskani. Čeprav študije ne poročajo o veliki učinkovitosti posameznih metod, se jih zaradi naraščajočih pritiskov za omejitev ali odpravo običajnih sintetičnih fitofarmaceutskih sredstev še vedno priporoča kot potencialno alternativo konvencionalnim praksam. Kljub manjši učinkovitosti posameznih pristopov, pa obstaja omejen nabor študij, ki poročajo o povečani učinkovitosti ob sočasni uporabi več takšnih metod. V raziskavi smo izvedli temeljit pregled literature za oceno sinergijskega potenciala sočasne uporabe dveh ali več okoljsko sprejemljivih metod, s poudarkom na perspektivah celostnega upravljanja in posnemanja kompleksnih naravnih sistemov. Ugotovitve kažejo na velik potencial in potrebo po nadaljnjih raziskavah na tem področju.

Ključne besede: agroekologija; biotično varstvo; celostno upravljanje; ekološko kmetijstvo; sočasna uporaba

ABSTRACT

476

ENHANCING BIOLOGICAL CONTROL EFFECTIVENESS VIA THE SIMULTANEOUS USE OF VARIOUS METHODS

Significant attention has been directed towards biological control and other environmentally acceptable pest control methods in recent decades. Various strategies, such as the deployment of biotic agents, intercropping, biofumigation, sticky traps, and pheromones, have undergone extensive investigation. While individual methods may not exhibit high efficacy, they are increasingly advocated as potential alternatives to conventional synthetic plant protection agents due to pressures to restrict or eliminate their usage. Despite the modest efficacy of individual approaches, a restricted body of literature suggests heightened effectiveness when multiple environmentally acceptable methods are employed concurrently. This research conducts a comprehensive literature review to evaluate the synergistic potential of

¹ asist. dr., Jamnikarjeva 101, SI-1000 Ljubljana, e-mail: miha.curk@bf.uni-lj.si

² prof. dr., prav tam

utilizing two or more environmentally acceptable methods simultaneously, with a focus on integrated management and emulation of complex natural systems. The findings underscore significant potential and the necessity for further exploration in this domain

Key words: agroecological crop protection; biological control; holistic management; organic agriculture; simultaneous use

1 UVOD

Zaradi utemeljenih pomislekov glede zdravja ljudi, varovanja okolja in trajnosti praks v konvencionalnem kmetijstvu, se po svetu že desetletja slišijo pozivi k zmanjšanju uporabe kemičnih snovi za zatiranje škodljivih organizmov [Caldas in Jardim, 2012; Amundson in sod., 2015]. Kot posledica teh pozivov so se pojavili številni alternativni sistemi, ki sintetične pesticide nadomeščajo z bolj sonaravnimi pristopi. Najbolj poznani izmed njih so morda biotično varstvo rastlin, ekološka in integrirana pridelava, v podobni povezavi pa lahko zasledimo tudi pojme permakultura in biodinamično kmetijstvo, celostno upravljanje (»holistic management«), regenerativno kmetijstvo in agroekologija. Kljub objavam, ki poročajo o učinkovitosti takšnih sonaravnih pristopov [Stiling in Cornelissen, 2005; Ratto in sod., 2022; Vasconcelos in sod., 2022] in pozitivnim izkušnjam praktikov, pa druge objave te učinkovitosti ne potrjujejo [Seehausen in sod., 2021; Goldson in sod., 2014; Podgornik Milosavljević, 2024]. V tem preglednem članku smo torej želeli preveriti, kaj je vzrok za različno učinkovanje istih pristopov. Glede na širše razumevanje ekologije in procesov v naravnih ekosistemih smo sklepali, da bi lahko večjo učinkovitost dosegli ob izvajanju več metod hkrati, s čimer bi dosegli nekakšne sinergistične učinke, kar so na podobnih primerih že potrdile nekatere druge objave (Spescha in sod., 2023; Roy in Pell, 2010; Alharbi in sod., 2022; Kergunteuil in sod., 2016; Adly in Nouh, 2019). Zaradi širine področja biotičnega varstva, smo se v raziskavi osredotočili le na pregled doslej še ne zbranih objav v zvezi s sočasno uporabo biotičnih agensov, lovilnih posevkov, biofumigacije, lepljivih plošč in/ali feromonov za zatiranje žuželk na pridelovalnih površinah.

477

2 MATERIALI IN METODE

Za potrebe raziskave je bil izveden celovit pregled objav z uporabo ključnih besed: "synergistic effects", "simultaneous use", "biological control agents", "catch crops", "biofumigation", "sticky traps" in "pheromones". Dodatna literatura je bila identificirana iz citatov v prebranih raziskavah in prek razprav s kolegi. Za potrebe diskusije je bil ta osnovni nabor razširjen z dodatnimi relevantnimi objavami.

3 REZULTATI

Ob iskanju objav smo imeli nekaj težav, saj so različni avtorji za isti fenomen uporabljali različne izraze. Fenomen hkratne uporabe oz. sinergističnega potenciala pogosto ni bil direktno poimenovan, ampak so bili v članku prikazani zgolj ujemajoči

se rezultati, zato je bilo iskanje objav oteženo. Kljub vsemu je večji del objav potrdil večjo učinkovitost ob sočasni uporabi več metod. Podrobnejši rezultati so predstavljeni po smiselnih sklopih.

3.1 Lovilni in vmesni posevki

Študije o učinku vmesnih posevkov, mdr. sezama (*Sesamum indicum* L.), ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench), grobeljnika (*Lobularia maritima* L.) in bazilike (*Ocimum basilicum* L.) kažejo na potencial takšnih pristopov pri zmanjšanju škode zaradi škodljivcev [Konan in sod., 2021; Zuma in sod., 2023; Zuma in sod., 2023; Legaspi in sod., 2020; Simpson in sod., 2011; Mutisya in sod., 2016], verjetno tudi zato, ker so parazitoidi bolj razširjeni v kompleksnih ekosistemih [Perez-Alvarez in sod., 2019]. Z vidika biotičnega varstva je ključno, da ne raziskujemo zgolj razmer, ki ustrezajo nemu, ampak večjemu številu potencialnih biotičnih agensov. Tudi širše študije kažejo, da kompleksni ekosistemi povečujejo učinkovitost biotičnega varstva [Redlich in sod., 2018]. Raziskava v oljčnikih je pokazala, da ima največji učinek na prisotnost naravnih sovražnikov kombinacija pokritosti tal z živimi rastlinami in zasaditve mejic ob robu nasada [Paredes in sod., 2013]. Če se zgledujemo po naravnih ekosistemih, sta tam vedno prisotni veliki raznolikost in kompleksnost. Z vidika kmetijske pridelave naturalizacija v takšnem obsegu sicer ni izvedljiva, vendar bi bilo smiselno več pozornosti nameniti iskanju kompromisov med obema skrajnostma.

3.2 Lepljive pasti in feromoni

Lepljive pasti se navadno uporabljajo za spremljanje prisotnosti škodljivcev, v nekaterih primerih pa tudi za zmanjšanje njihove populacije z ulovom [Pimentel, 2002]. Pasti so lahko koristne celo za zbežanje hiperparazitov, ki bi sicer napadali druge biotične agente [Cusumano in sod., 2020].

Več raziskav [Moreau in Isman, 2012; Otieno, 2016] je pokazalo na kombinirano učinkovitost lovilnih posevkov, lepljivih pasti in izdelkov z zmanjšanim tveganjem proti različnim škodljivcem. Če je bila v raziskavi uporabljena kombinacija, je bil učinek večji kot če so uporabili vsakega posebej, na primeru ene od njih pa celo večji kot pri konvencionalni rabi sredstev za varstvo rastlin [Otieno, 2016].

3.3 Biofumigacija

Biofumigacija se pogosto uporablja v kombinaciji z drugimi pristopi zatiranja škodljivcev. Ena od raziskav je pokazala, da je hkratna uporaba biofumigacije v kombinaciji z bakterijo *Pseudomonas fluorescens* (Rhodes) zmanjšala populacijo koreninskih ogorčic in povečala pridelek za več kot 40% [Anita in sod., 2011].

Druga študija pa je opozorila na težave biofumigacije zaradi netarčnega delovanja – poleg škodljivih organizmov je zatrla tudi vnesene entomopatogene ogorčice iz rodu *Steirnerema* [Henderson in sod., 2008]. Pojav, ko ena metoda biotičnega varstva škodi drugi, smo sicer v preteklosti opazili tudi v raziskavah v Sloveniji [Rojht in

sod., 2009], kjer so mdr. entomopatogene ogorčice zmanjšale učinkovitost ličink tenčičarice (*Chrysoperla carnea* Stephens) in dvopike polonice (*Adalia bipunctata* L.).

4 RAZPRAVA

Posplošeno bi lahko rekli, da raziskave kažejo, da so sinergistični pristopi v biotičnem varstvu rastlin učinkovitejši kot pristopi z uporabo eno same metode. Če se zgledujemo po naravnih ekosistemih, sta tam vedno prisotni veliki raznolikost in kompleksnost. Z vidika poenostavljanja kmetijske pridelave je razumljivo, zakaj so homogeni kmetijski ekosistemi precej bolj razširjeni. Poleg z njo povezanega zmanjšanja produktivnosti, raziskave [Paredes in sod., 2013] kažejo, da lahko prevelika naturalizacija vodi tudi v zmanjšanje učinkovitosti biotičnih agensov. Naravni habitati lahko namreč delujejo kot prepreke za njihovo migracijo. Glede na to, bi bilo potrebno več pozornosti nameniti iskanju kompromisov med obema skrajnostma, ki se kljub vsemu kažejo kot obetavni.

Rezultati pregledanih raziskav niso enoznačni, kar nakazuje na veliko kompleksnost vključenih procesov. Ta in drugi podobni primeri kažejo na potrebo po dodatnih raziskavah, ki bi omogočile poglobitev razumevanja kompleksnih odnosov v ekosistemih. Takšnih raziskav ni veliko, saj sodobna znanost temelji na redukcionističnih pristopih, ki z namenom izključitve nepomembnih vplivov, izolirajo objekt do te mere, da lahko z gotovostjo trdijo, kaj je spremembo povzročilo. Takšne enofaktorske raziskave pa so lahko problematične, ker zanemarijo vpliv odnosov med različnimi organizmi in procesi v ekosistemih, ki so zelo povezani. Leta 1966 objavljen članek [Paine, 1966] razkriva koncept ključne vrste (keystone species), ki s svojo prisotnostjo močno poveča raznolikost ostalih vrst v določenem ekosistemu. V raziskavi se je določena vrsta morske zvezde izkazala za ključno pri uravnavanju populacij v priobalnih skalnih bazenih, čeprav se vrsta direktno hrani le z dvema od številnih ostalih vrst in direktno vpliva le nanju. Kljub temu se je raznolikost z njeno odsotnostjo bistveno zmanjšala. Prisotnost ključnih vrst je pomembna tudi v ostalih ekosistemih in je danes eden ključnih konceptov v ekologiji. Posledično bi jo bilo smiselno bolj upoštevati tudi na področju biotičnega varstva rastlin, saj podobne zveze najverjetneje omogočajo tudi sinergistične učinke v kompleksnih kmetijskih ekosistemih, o katerih znanost nima dovolj dokazov, v praksi pa se kažejo kot obetavni.

A če je celosten pogled ključen za uspeh v sonaravnem kmetijstvu, zakaj se potem zdi, da je raziskav s tega področja tako malo? Med iskanjem objav glede sinergističnih učinkov se je pokazalo, da je objav o tej tematiki precej. Težava je, da avtorji z ozadjem različnih področij znanosti (kmetijstvo, biologija, okolje) za isti pojav pogosto uporabljajo različne izraze. Da je problematika nejasne/neuskklajene terminologije v znanstveni literaturi precej prisotna in pogosto otežuje integracijo spoznanj in razumevanja med različnimi področji znanosti, omenjajo že pretekle raziskave [Gosnell in sod., 2020]. V zvezi s tem je ključno, da se pri komuniciranju

uporablja poznano izrazoslovje, ki se ga po možnosti še dodatno ustrezno definira, da je razumljivo tudi strokovnjakom z drugih področij.

V prihodnosti bodo torej raziskave celostnih pristopov, ki upoštevajo dinamike ekosistemov, ključne. Kot kazalnik učinkovitosti bo potrebno upoštevati tudi ekosistemske storitve in druge širše vplive praks. Celostno razumevanje procesov v dinamičnem kmetijskem okolju pa zahteva upoštevanje širokega konteksta (okolje, ekonomika, človek). Poleg že precej razširjenih pristopov ekološkega kmetijstva, je po svetu vse več pozornosti usmerjene v pristope, kot sta regenerativno kmetijstvo [Voisin in sod., 2024] in celostno upravljanje (»holistic management« [Gosnell in sod., 2020]), ki poudarjajo prav upoštevanje kompleksnosti in posnemanje naravnih procesov. Če sta omenjena pristopa bolj prisotna v svetu praktikov, je podoben koncept – agroekološko varstvo rastlin (»agroecological plant protection«) – mogoče zaslediti tudi v znanosti [Deguine in sod., 2023]. Naj smo zagovorniki enih ali drugih, pa po pregledanih objavah ugotavljamo, da bo prehod k celostnim okoljsko-ekonomsko-socialnim pristopom ključnega pomena za boljše razumevanje in zmanjševanje negativnih vplivov kmetijske pridelave.

5 LITERATURA

- Adly, D.; Nouh, G.M. 2019. Impact of combine releases of the egg parasitoid, *Trichogramma euproctidis* (Girault) and the entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis bacteriophora* to control *Tuta absoluta* (Meyrick) in tomato greenhouses in Egypt. *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 29, 1–6.
- Alharbi, W.; Sandhu, S.K.; Areshi, M.; Alotaibi, A.; Alfaidi, M.; Al-Qadhi, G.; Morozov, A.Y. 2022. Revisiting implementation of multiple natural enemies in pest management. *Sci. Rep.*, 12, 15023.
- Amundson, R.; Berhe, A.A.; Hopmans, J.W.; Olson, C.; Sztein, A.E.; Sparks, D.L. 2015. Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348, 1261071.
- Anita, B.; Selvaraj, N.; Vijayakumar, R. 2011. Associative effect of biofumigation and biocontrol agents in management of root knot nematode *Meloidogyne hapla* in Gerbera. *J. Appl. Hortic.* 13, 154–156.
- Caldas, E.D.; Jardim, A.N.O. 2012. Exposure to toxic chemicals in the diet: Is the Brazilian population at risk. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 22, 1–15.
- Couédel, A.; Kirkegaard, J.; Alletto, L.; Justes, É. 2019. Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm. *Adv. Agron.*, 157, 55–139.
- Cusumano, A.; Harvey, J.A.; Bourne, M.E.; Poelman, E.H.; de Boer, J.G. Exploiting chemical ecology to manage hyperparasitoids in biological control of arthropod pests. *Pest Manag. Sci.* 2020, 76, 432–443.
- Deguine, J.P.; Aubertot, J.N.; Bellon, S.; Côte, F.; Lauri, P.E.; Lescourret, F.; Ratnadass, A.; Scopel, E.; Andrieu, N.; Barberi, P.; et al. Agroecological crop protection for sustainable agriculture. *Adv. Agron.* 2023, 178, 1–59.
- Goldson, S.; Wratten, S.; Ferguson, C.; Gerard, P.; Barratt, B.; Hardwick, S.; McNeill, M.; Phillips, C.; Popay, A.; Tylanakis, J. 2014. If and when successful classical biological control fails. *Biol. Control.*, 72, 76–79.
- Gosnell, H.; Grimm, K.; Goldstein, B. E. 2020. A half century of Holistic Management: what does the evidence reveal?, *Agriculture and Human Values*, 37(3), pp. 849–867. doi: 10.1007/s10460-020-10016-w.
- Henderson, D.R.; Riga, E.; Ramirez, R.A.; Wilson, J.; Snyder, W.E. 2008. Mustard biofumigation disrupts biological control by *Steinernema* spp. nematodes in the soil. *Biol. Control*, 48, 316–322.

- Kergunteuil, A.; Bakhtiari, M.; Formenti, L.; Xiao, Z.; Defosse, E.; Rasmann, S. 2016. Biological Control beneath the Feet: A Review of Crop Protection against Insect Root Herbivores. *Insects*, 7, 70.
- Konan, K.A.J.; Monticelli, L.S.; Ouali-N'goran, S.-W.M.; Ramirez-Romero, R.; Martin, T.; Desneux, N. 2021. Combination of generalist predators, *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus*, with a companion plant, *Sesamum indicum*: What benefit for biological control of *Tuta absoluta*? PLoS ONE, 16, e0257925.
- Legaspi, J.C.; Miller, N.W.; Kanga, L.H.; Haseeb, M.; Zanuncio, J.C. 2020. Attract and reward for syrphid flies using methyl salicylate and sweet alyssum in kale in north Florida. *Subtrop. Agric. Environ.*, 71, 49–52.
- Lewis, T. 1997. Thrips as crop pests. Wallingford, CAB International: 740 str.
- Milevoj, L. 2001. Biotično varstvo rastlin v rastlinjakih. *Sodobno kmetijstvo*, 34, 1: 29-31.
- Moreau, T.L.; Isman, M.B. 2012. Combining reduced-risk products, trap crops and yellow sticky traps for greenhouse whitefly (*Trialetrodes vaporariorum*) management on sweet peppers (*Capsicum annuum*). *Crop. Prot.* 34, 42–46.
- Mutisya, S.; Saidi, M.; Opiyo, A.; Ngouajio, M.; Martin, T. 2016. Synergistic Effects of Agronet Covers and Companion Cropping on Reducing Whitefly Infestation and Improving Yield of Open Field-Grown Tomatoes. *Agronomy*, 6, 42.
- Otieno, J.A. 2016. Integration of Soil-Applied Azadirachtin with predators, entomopathogens and optical/chemical traps for the management of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae); Gottfried Wilhelm Leibniz University: Hannover, Germany.
- Paine, R. T. 1966. Food Web Complexity and Species Diversity, *The American Naturalist*, 100(910), pp. 65–75.
- Paredes, D.; Cayuela, L.; Campos, M. 2013. Synergistic effects of ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 173, 72–80.
- Perez-Alvarez, R.; Nault, B.A.; Poveda, K. 2019. Effectiveness of augmentative biological control depends on landscape context. *Sci. Rep.*, 9, 8664.
- Pimentel, D. (Ed.) 2002. *Encyclopedia of Pest Management*, 1st ed.; CRC Press: New York, NY, USA.
- Podgornik Milosavljević, M.; Novljan, M.; Košir, I. J.; Horvat, A.; Šilc, U.; Lampiri, E.; Athanassiou, C.; Bohinc, T.; Vidrih, M.; Trdan, S. 2024. Five invasive alien plant powders, Norway spruce (*Picea abies* [L.] H. Karst.) wood ash and diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) adults: are they closer to guns or roses?, *Journal of Stored Products Research*, 105. doi: 10.1016/j.jspr.2024.102245.
- Ratto, F.; Bruce, T.; Chipabika, G.; Mwamakamba, S.; Mkandawire, R.; Khan, Z.; Mkindi, A.; Pittchar, J.; Sallu, S.M.; Whitfield, S. 2022. Biological control interventions reduce pest abundance and crop damage while maintaining natural enemies in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 289, 20221695.
- Redlich, S.; Martin, E.A.; Steffan-Dewenter, I. 2018. Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *J. Appl. Ecol.*, 55, 2419–2428.
- Rojht, H.; Kač, M.; Trdan, S. 2009. Nontarget Effect of Entomopathogenic Nematodes on Larvae of Twospotted Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) and Green Lacewing (Neuroptera: Chrysopidae) Under Laboratory Conditions. *J. Econ. Entomol.*, 102, 1440–1443.
- Roy, H.E.; Pell, J.K. 2010. Interactions Between Entomopathogenic Fungi and Other Natural Enemies: Implications for Biological Control. *Biocontrol Sci. Technol.*, 10, 737–752.
- Seehausen, M.L.; Afonso, C.; Jactel, H.; Kenis, M. 2021. Classical biological control against insect pests in Europe, North Africa, and the Middle East: What influences its success? *NeoBiota*, 65, 169–191.
- Simpson, M.; Gurr, G.M.; Simmons, A.T.; Wratten, S.D.; James, D.G.; Leeson, G.; Nicol, H.I.; Orre-Gordon, G.U.S. 2011. Attract and reward: Combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *J. Appl. Ecol.*, 48, 580–590.
- Spescha, A.; Zwyssig, M.; Hermida, M.H.; Moix, A.; Bruno, P.; Enkerli, J.; Campos-Herrera, R.; Grabenweger, G.; Maurhofer, M. 2023. When Competitors Join Forces: Consortia of

- Entomopathogenic Microorganisms Increase Killing Speed and Mortality in Leaf and Root-Feeding Insect Hosts. *Microb. Ecol.*, 86, 1947–1960.
- 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. 2021 Correction to: When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *J. Pest Sci.*, 2021, 94, 665–676; Erratum in *J. Pest Sci.*, 94, 677.
- Stiling, P.; Cornelissen, T. 2005. What makes a successful biocontrol agent? A meta-analysis of biological control agent performance. *Biol. Control.*, 34, 236–246.
- Vasconcelos, S.; Jonsson, M.; Heleno, R.; Moreira, F.; Beja, P. 2022. A meta-analysis of biocontrol potential and herbivore pressure in olive crops: Does integrated pest management make a difference? *Basic Appl. Ecol.*, 63, 115–124.
- Voisin, R., Horwitz, P., Godrich, S., Sambell, R., Cullerton, K., Devine, A. 2024. What goes in and what comes out: a scoping review of regenerative agricultural practices. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. Taylor and Francis Ltd., pp. 124–158. doi: 10.1080/21683565.2023.2270441.
- Vrabl, S., Maček, J. 1995. Ekosocialno kmetijstvo in varstvo rastlin. V: Maček, J. (ur.). Zbornik predavanj in referatov z 2. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Radenci, 21.–22. februar 1995. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije, 1995: 11–18.
- Zuma, M.; Njekete, C.; Konan, K.A.J.; Bearez, P.; Amiens-Desneux, E.; Desneux, N.; Lavoit, A.-V. 2023. Companion plants and alternative prey improve biological control by *Orius laevigatus* on strawberry. *J. Pest Sci.*, 96, 711–721.