

BIOLOŠKA KONTROLA KOROVA POMOĆU FITOFAGNIH INSEKATA

Fejzo Bašić¹, Mirha Đikić¹

Stručni rad – *Professional paper*

Rezime

U ovom radu istaknuti su razlozi i najvažnije strategije primjene biološke kontrole. Kriteriji valorizacije su objašnjeni kroz određene studije, a dati su i primjeri efikasne primjene biološke kontrole na bazi fitofagnih insekata. Osim toga, pojašnjene su biološke i ekološke karakteristike pojedinih insekata u kontroli najznačajnijih invazivnih biljnih vrsta poput ambrozije, uz prednosti i nedostake njihove upotrebe u održivim sistemima kontrole korova.

Ključne riječi: *biološka kontrola, fitofagni insekti, održivi sistemi kontrole korova*

UVOD

Poznato je da korovi u odnosu na ostale štetne organizme (organizmi životinjskog porijekla i biljni patogeni) nanose najveće štete poljoprivrednim usjevima. Od momenta početka sinteze aktivnih materija fitofarmaceutskih sredstava pa do danas, primjena herbicida postaje jedna od obaveznih agrotehničkih mjera koja se koristi za suzbijanje korova u biljnoj proizvodnji. Prema podacima iz 2014. godine, herbicidi zauzimaju prvo mjesto po upotrebnoj vrijednosti (25,1%) u odnosu na zoocide, fungicide i bactericide (Zhang, 2018). Uz sve prednosti koje herbicidi pružaju, već ranih šesdesetih godina počele su se sagledavati šire implikacije njihovog učestalog korištenja po zdravlje ljudi i biosferu u cjelini (Carson, 1962). Problemi prouzrokovani neadekvatnom primjenom herbicida u konvencionalnoj poljoprivredi, inicirali su razvoj savremenih-održivih sistema suzbijanja korova u koje se između ostalih svrstava i biološka kontrola. Biološka kontrola korova podrazumijeva upotrebu prirodnih neprijatelja (bioloških agenasa) i produkata njihovog metabolizma. Najčešće korišteni biološki agensi su fitofagni insekti i grinje, fitopatogeni organizmi i više biljake kao kompetitori i antagonisti. Naprijed navedeni organizmi u biološkoj kontroli treba da obezbijede ekološki siguran, efikasan i jeftin način suzbijanja korova, bilo samostalno ili kao komponenta integralne zaštite (Hoy, 1983). Biološka kontrola korova ima dugu tradiciju od dva vijeka (Petanović *et al.*, 2000). Brojni su podaci biološke kontrole korova kao i primjeri efikasnih programa suzbijanja mnogih korovskih vrsta u nekoliko zemalja (Crowley, 1989). Uspješni projekti biološke kontrole ostvareni su prije svega na višegodišnjim korovima, na ruderalnim staništima i pašnjacima. Najznačajniji uspjesi na tom polju postignuti su uglavnom u SAD, Kanadi, Južnoj Africi, Australiji i

¹ Poljoprivredno-prehrambeni fakultet - Univerzitet u Sarajevu / Faculty of Agriculture and Food Sciences - University of Sarajevo
Correspondence: f.basic@ppf.unsa.ba

Novom Zelandu, gdje se najvećim dijelom obavljaju istraživanja i gdje je najviše uloženo u razvoj novih metoda biološke kontrole (Petanović *et al.*, 2000).

Na području Bosne i Hercegovine, biološka kontrola korova još uvijek nije dovoljno poznata i ne primjenjuje se. Soga je cilj ovog stručnog rada predstaviti osnove biološke kontrole korova pomoću fitofagnih insekata, te iz uspješnih primjera u praksi istaknuti značaj ove mjere u kontroli korova. U tu svrhu korištena je dostupna stručna i naučna literatura.

Strategije/pristupi biološke kontrole korova

Primjena bioloških mjera suzbijanja korova ostvaruje se različitim strategijama ili pristupima u zavisnosti od vrste organizama (bioloških agenasa) koji se koriste, potom vrste korova koji se suzbijaju i uslova u kojim se nalaze.

Klasični pristup kontrole korova

Klasični pristup kontrole korova podrazumijeva ciljanu zaštitu od introdukovanih vrsta korova alohtonim organizmima, odnosno organizmima iz područja porijekla korova. Ovaj pristup je ograničen na suzbijanje korova koji nisu blisko povezani s usjevima i koji pripadaju oštro definiranim rodovima ili porodicama koji su taksonomski dobro odvojeni jedni od drugih (Wapshere *et al.*, 1989). Najčešće se primjenjuje za suzbijanje invazivnih vrsta korova koji nemaju efikasnog prirodnog neprijatelja u introdukovanom (novonaseljenom) području. Klasična strategija se ostvaruje inokulacionim postupkom, tj. jednokratnim unošenjem prirodnog neprijatelja u ekosistem, koji se dalje samostalno razmnožava i širi (Bellows, 2000), a sve u cilju trajne dugoročne kontrole korova. Klasičan pristup je prikladan samo sa izrazito specifičnim prirodnim neprijateljima. Člankonošci i fitopatogene gljive prvi su izbor s obzirom na njihovu sposobnost uspostavljanja populacija, specifičnost prema domaćinu (korovu) i adekvatnu kontrolu (Charudattan & Dinoor, 2000; Ravlić & Balićević, 2014; Zimdahl, 2018). Predmet klasične strategije suzbijanja su gotovo uvijek bili ekonomski važni korovi za koje ne postoje druge efikasne mjere suzbijanja, čiji se areal rasprostranjenosti proširio na područja gdje ih nije isplativo suzbijati dostupnim metodama (Zimdahl, 2018). Klasična strategija biološke kontrole najuspješnija je u stabilnim područjima primjene, kao što su šume, travnjaci, pašnjaci te vodeni ekosistemi. Ne koristi se za suzbijanje korova u intenzivnoj proizvodnji usjeva, s obzirom na njeno sporo djelovanje (Charudattan & Dinoor, 2000) u generalno gledano kraćem kritičnom periodu zakorovljenosti kada korovi nanose najveće štete poljoprivrednim kulturama.

Augmentativni pristup kontrole korova

Augmentativan pristup kontrole korova (lat. *augmentatio* – umnožavanje, povećavanje) podrazumijeva masovnu propagaciju i ispuštanje autohtonih ili egzotičnih insekata i

fitopatogena. U okviru augmentativnog pristupa ne očekuje se permanentno uspostavljanje biološkog agensa u ekosistemu, nego njegovo održavanje tokom samo jedne vegetacijske sezone, Koristi se za privremeno suzbijanje autohtonih ili introdukovanih vrsta korova. Augmentativna metoda može biti inokulativna (lat. *inoculatio* – ubrizgavanje), kada se relativno mali broj bioloških agenasa ispušta u kritičnome periodu (sezonski) ili inundativna (lat. *inundatio* – plavljenje), kada se unosi vrlo velika koncentracija agenasa i to višekratnim ponavljanjem (Petanović *et al.*, 2000; Hoffman & Frodsham, 1993). Uz inundativnu biološku kontrolu veže se i primjena bioherbicida i to najčešće na bazi fitopatogenih gljiva (mikoherbicida). Strategija primjene bioherbicida, podrazumijeva prethodno masovno umjetno uzgajanje patogena, standardizaciju, prevođenje u oblik u kojem se može koristiti (formulisanje) i konačno primjenu u početnim razvojnim fazama usjeva i korova (Charudattan, 1985).

Konzervativan pristup kontrole korova

Ukoliko se određeni broj identificiranih vrsta domaćih fitopatogenih insekata očuva i zaštiti i na taj način dopusti povećanje njihovih populacija u prirodnom okruženju, tada iste mogu pružiti stalnu, efikasnu i ekonomski gledano jeftinu kontrolu (Zimdahl, 2018). U ovakvom pristupu se ne koristi ispuštanje uvezenih alohtonih prirodnih neprijatelja kao što je to bio slučaj sa prethodna dva pristupa suzbijanja korova. Očuvanju i zaštiti prirodnih neprijatelja korova prethodi modifikacija okoline u cilju pružanja njihovog prirodnog staništa. Ova konstatacija zahtijeva odgovarajuće izmjene u trenutnim proizvodnim praksama, a što se naročito odnosi na upotrebu fitofarmaceutskih sredstava koja u pojedinim situacijama može negativno uticati na prirodne neprijatelje i njihovo prirodno stanište (Zimdahl, 2018).

Najznačajniji agensi koji su se u prošlosti koristili u biološkoj kontroli korova su fitofagni insekti (Wapshere *et al.*, 1989) i oni se uz fitofagne grinje razmatraju primarnim faktorima regulacije gustina populacija ovih biljaka.

Kriterij valorizacije bioloških agenasa u kontroli korova

Na osnovu mnogobrojnih proučavanja karakteristika fitofagnih organizama (insekata i grinja), razvijeni su kriteriji valorizacije ovih organizama kao poželjnih agenasa. Harris (1973) i Cromroy (1983) (*cit. Petanović et al.*, 2000) su usvojili najvažnije kriterije i metodologiju valorizacije fitofagnih insekata za biološku kontrolu korova koja se obavlja kroz razvijen bodovni sistem za svaki kriterij pojedinačno. Najvažniji kriteriji su:

- a. specifičnost za domaćina
(centrifugalnom filogenetskom metodom se utvrđuje da li je ispitivana vrsta polifag, oligofag, ili monofag, polazeći od srodnih vrsta unutar roda, a zatim širenjem na najrodnije rodove itd, a što se postiže testiranjem ishrane, ovipozicije i izglednijavanja, a zatim prenošenja na biljne vrste koje se testiraju);

- b. direktna oštećenja domaćina
(utvrđuje se da li ispitivana vrsta formira gale, mine, uzrokuje defolijaciju i sl.);
- c. indirektna oštećenja domaćina
(utvrđuje se da li ispitivana vrsta izaziva inicijalna oštećenja koja ograničavaju produkciju sjemena ili je vektor uzročnika biljnih bolesti i sl.);
- d. fenologija infestacije korova
(utvrđuje se da li je aktivnost ispitivane vrste na domaćinu vremenski ograničena ili prolongirana u toku cijele vegetacijske sezone);
- e. broj generacija
(utvrđuje se da li je ispitivana vrsta obligatno univoltna, bivoltna ili polivoltna);
- f. prosječan broj potomaka po ženki u toku jedne generacije
(utvrđuje se da li je broj potomaka ispod 10, 10-100 ili preko 100);
- g. spoljašni faktori mortaliteta
(utvrđuje se da li ispitivana vrsta ima nespecifične ili specifične prirodne neprijatelje i da li je podložna djelovanju drugih ekoloških faktora u smislu povećanja mortaliteta);
- h. ponašanje u ishrani
(utvrđuje se da li se ispitivana vrsta hrani solitarno (zbog eventualnog kanibalizma, intraspecijske kompeticije i sl.) ili gregarno);
- i. kompatibilnost sa drugim agensima biološke kontrole
(utvrđuje se u kojoj je mjeri zadovoljavajuća kompatibilnost u odnosu na druge agense biološke kontrole);
- j. distribucija
(utvrđuje se da li je distribucija ispitivane vrste lokalna, a ako nije koliki dio areala biljne vrste domaćina zauzima);
- k. dokaz efikasnosti ispitivane vrste
(utvrđuje se da li su prvi pokušaji biološke kontrole kroz klasičnu strategiju bili uspješni ili ne i da li je agens uspješan u najmanje dva regiona u svijetu) i
- l. disperzija
(utvrđuje se da li agens formira “džepove” populacija niske brojnosti ili ima tendenciju širenja populacija niske ili visoke brojnosti).

Najznačajniji kriterij za korištenje fitofaga je specifičnost za domaćina. Biološki agensi koji se koriste u okviru kontrole ne bi trebali da prouzrokuju bilo kakvo značajnije oštećenje na biljnim i životinjskim organizmima koji su od ekonomskog ili ekološkog značaja. Testovi specifičnosti za domaćina koji se najvećim dijelom odnose na ponašanje u toku ishrane i ovipozicije na seriji biljaka sprovode se prvo u laboratorijama, potom u zaštićenim prostorima i konačno u poljskim uslovima. Testovi su većinom koncentrisani na biljne vrste koje pripadaju istoj ili srodnim porodicama, kao i na korove koji treba suzbijati (Harris, 1989; Shepherd, 1989; *cit.* Petanović *et al.*, 2000). Drugi značajan kriterij je mobilnost. Fitofagna vrsta koja intenzivno traži biljku domaćina mnogo je pogodnija za ovu svrhu. Izuzetno važan kriterij je i tolerantnost na promjenjive uslove sredine. Insekti i grinje koji se razmnožavaju u

entomološkim kavezima su obično izloženi optimalnim, povoljnim i stabilnim uslovima temperature, vlažnosti zraka i svjetlosti. Takvi insekti i grinje kada se puste u prirodu nailaze na nepovoljne, često mnogo lošije uslove. Za introdukciju su posebno povoljne vrste koje infestiraju generativne organe korovskih biljaka kao što su generativni pupoljci, cvjetovi i sjeme dok su najteža (najefikasnija) oštećenja upravo na generativnim organima i to nastala kao posljedica formiranja mina (Petanović *et al.*, 2000). Fitofagne vrste adekvatne za biološku kontrolu ne smiju imati prirodne neprijatelje kao što su patogeni, paraziti i predatori u područjima u kojima se ispustaju (Shepherd, 1989; *cit.* Petanović *et al.*, 2000).

Pored bitnih kriterija valorizacije fitofagnih organizama i patogena, neophodno se osvrnuti i na izvjesne kriterije koji čine korovske vrste pogodnim za biološku suzbijanje. Korovska biljka mora biti preferentna za fitofaga u poređenju sa drugim biljkama spontane flore. Bolji rezultati u biološkom suzbijanju obično se dobijaju kod korova koji imaju niži potencijal indukovane rezistentnosti, odnosno odbrane od svih vrsta stresnih faktora (Petanović *et al.*, 2000).

Biološka kontrola korova pomoću fitofagnih insekata

Najčešće vrste insekata koje se koriste u biološkoj kontroli su one iz reda Coleoptera (više od 100 vrsta), a unutar ovog reda se najviše koriste vrste iz porodice Chrysomelidae, Curculionidae i Cerambycidae. Na drugom mjestu su vrste iz reda Lepidoptera (porodice Pyralidae, Noctuidae i Tortricidae), a poslije njih upotrebljavaju se i vrste iz ostalih redova poput reda Homoptera, Hemiptera, Diptera, Thysanoptera i Orthoptera (Julien, 1992; *cit.* Petanović *et al.*, 2000).

Višegodišnji grm - lantana (*Lantana camara* L.) je prvi korov koji je bio predmet biološkog suzbijanja na području Havaja tokom 1920. godine. Od približno 30 vrsta fitofagnih insekata koji su korišteni u programima biološke kontrole ovog korova, smatra se da su sa aspekta učinkovitosti zadovoljavajuće rezultate postigle vrste *Octoma scabripennis* Guerin-Menevill i *Uroplata girardi* Pic. u Južnoj Africi (Neser & Cillers, 1989) i stjenica *Teleonemia scrupulosa* Stål na području Australije (Telkar *et al.*, 2015). Vrste *Octoma scabripennis* i *Uroplata girardi* djeluju tako što svojim načinom ishrane uzrokuju defolijaciju biljaka lantane i umanjuju njenu sposobnost za proizvodnju sjemena (Aračić, 2014). Odrasli (adulti ili imaga) i larve stjenice *T. scrupulosa* uzrokuju nekroze naličja listova lantane uslijed isisavanja unutrašnjeg sadržaj parenhima pomoću usnog aparata za bodenje i sisanje.

Jedan od najuspješnijih primjera biološke kontrole je suzbijanje invazivne vrste kaktusa (*Opuntia* sp.) u Australiji. Iako je u početku unesen kao dekorativna vrsta, kaktus se naglo proširio i 1890. godine infestirao više od 2,2 miliona hektara (ha), a svake naredne godine dodatno oko 0,2 miliona ha. Do 1925. godine ovom invazivnom vrstom bilo je prekriveno približno 24 miliona ha. Polovina od navedenog područja bila je toliko infestirana ovom vrstom da je bilo gotovo nepristupačno ljudima i većim životinjama (Zimdahl, 1993). Stoga je iz Argentine 1925. godine uvezen moljac *Cactoblastis*

cactorum (Berg) koji pripada redu Lepidoptera, porodici Pyralidae. Unutar područja gdje se ova invazivna vrsta nalazila, u većem broju je introdukovano približno 9 miliona jaja ovoga moljca, a što se konačno pokazalo vrlo uspješnom metodom u biološkoj kontroli. Moljac ima dvije generacije godišnje i može letjeti približno 10 kilometara. Larva ovog insekta živi unutar kutikule listova u grupama od 20 do 100 jedinki. Uništava sve nadzemne dijelove, ali također prodire i u podzemne lukovice i korijenov sistem. Kako se kroz određeno vrijeme nakon introdukcije smanjila populacija ovog korova, došlo je do pada populacije *C. cactorum*. Nedugo poslije, uslijedilo je ponovno povećanje populacije kaktusa što je zahtijevalo naknadne introdukcije moljca.

Naredni poznati primjer uspješne biološke kontrole je suzbijanje kantariona (*Hypericum perforatum* L.) pomoću zlatice *Chrysolina quadrigemina* (Suffrian). Nakon introdukcije ovog biološkog agensa u Kaliforniji 1946. godine, kantarion je uklonjen sa državne liste štetnih korova (Coombs *et al.*, 2004). Uspjeh introdukcije *C. quadrigemina* može se prepisati njenoj visokoj specifičnosti i usklađenosti njenih zahtijeva s rastom kantariona. Odrasli zlatice djeluju tako što ogole biljku tokom cvjetanja u proljeće i početkom ljeta, a larve se hrane u jesen i zimu (Huffaker & Kennett, 1959). Iako se ova korovska vrsta može uspješno suzbijati i primjenom velikog broja herbicida, nepristupačnost područja koja su infestirana ovom vrstom za primjenu herbicida predstavljaju problem (Zimdahl, 2018), što dodatno ide u prilog opravdanoj primjeni biološke kontrole na bazi insekata.

Prema navodima Linke *et al.* (1992) otkriveno je približno pedeset vrsta insekata koje se hrane biljkama volovoda (rod *Orobanche*). Međutim, samo je jedna vrsta usko specifična (monofagna) i u pojedinim situacijama efikasna sa aspekta šteta koje prouzrokuje biljci domaćinu. Riječ je o muhi (*Phytomyza orobanchia* Kaltenbach) koja pripada redu dvokrilaca. *P. orobanchia* je autohtona (nativna) vrsta Mediterana, područja na kojem je rasprostranjen najveći broj vrsta roda *Orobanche* (Spencer, 1973). Na području bivše Jugoslavije, *P. orobanchian* je prvi put identificirana i pronađena u usjevima suncokreta, paradajza i duhana u drugoj polovini 20. vijeka (Lekić, 1970; Mihajlović, 1986). S obzirom na usku specifičnost, cjelokupan ciklus razvoja ovog insekta je prilagođen razvoju volovoda. Ovisno o specifičnim klimatskim uslovima, razvoj *P. orobanchia* počinje u rano proljeće kada se pod uticajem temperature i fotoperioda prekida dijapauza (vrijeme mirovanja) i podstiče piljenje odraslih oblika iz stadija lutke. Masovna infestacija imaga se može uočiti neposredno nakon formiranja izdanaka volovoda. U toplijem dijelu godine osnovni izvor hranjivih materija imaga čini cvjetni nektar volovoda ali i nekih drugih biljaka poput paradajza, krompira i krastavca. Nakon oplodnje, ženke *P. orobanchian* pomoću legalice (ovipozitorija) polažu jaja ispod epidermisa izboja i cvjetova volovoda. Razvoj larvi ovog insekta započinje piljenjem jaja i ubušivanjem u tkivo stabljike ili unutar perikarpa plodova do sjemenog zametka volovoda. Sjeme je najvažniji dio biljke volovoda u ishrani, međutim uslijed nedostatka hranjivih materija u sjemenim kapsulama larve se hrane tkivom ispod epidermis ili na parenhimu izboja. Nakon presvlačenja, larve u trećem stupnju nanose najveće štete. Simptomi infestacije volovoda insektom *P. orobanchian* su smežurani plodovi, oslabljene i struhle stabljike i formirani izlazni

otvori odraslih jedinaka na stabljikama (Klein, 1996). Procenat infestiranih (napadnutih) izdanaka, sjemenskih kapsula i oštećenog sjemena volovoda su najvažniji parametri za opravdanu primjenu u okviru biološke kontrole. U zavisnosti od područja, vrste volovoda i usjeva u kojem se nalazi, može biti infestirano do 95% sjemenskih kapsula volovoda vrstom *P. orobanchian*. Smanjenje proizvodnje sjemena volovoda po ha se kreće između 11 i 79% (Klein & Kroschel, 2002). Na području bivše Jugoslavije u usjevu suncokreta, 95% sjemenskih kapsula vrste volovoda *O. cumana* je bilo infestirano insektom *P. orobanchia* (Mihajlović, 1986). Prirodni, dugoročni kapaciteti *P. orobanchian* u smanjenju populacija volovoda su uglavnom ograničeni niskim zimskim temperaturama, agrotehničkim praksama (obrađa zemljišta, plodored, navodnjavanje i primjena insekticida) i prisustvo njihovih prirodnih neprijatelja (bakterija, saprofitnih gljiva, predatora i parazitoidea) (Klein & Kroschel, 2002), ukoliko se nastoji primijeniti klasična strategija kontrole. Kako bi se poboljšali prirodni kapaciteti ovog biološkog agensa prvenstveno je neophodno primijeniti inundativnu strategiju koja se bazira na unosu većeg broja njihovih jedinki (optimalno od 500 do 1000 ha⁻¹) nakon nicanja volovoda u višekratnim ponavljanjima u trajanju od nekoliko godina. Ova strategija biokontrole opravdana je i činjenicom zadržavanja sposobnosti klijavosti sjemena volovoda i do 15 godina.

Invazivna vrsta ambrozija je jedan od novijih primjera mogućeg suzbijanja uz pomoć fitofagnih insekata. Na području Evrope suzbijanje ambrozije fitofagnim insektima je nova metoda koja se nalazi u eksperimentalnoj fazi, ali i metoda koja bi mogla u budućnosti postići dobre rezultate. Od velikog broja poznatih prirodnih neprijatelja ambrozije, zlatice ambrozije *Ophraella communa* LeSage i *Zygogramma suturalis* Fabr. se smatraju potencijalnim agensima biološke kontrole. *O. communa* je porijeklom iz Sjeverne Amerike. Smatra se najuspješnijim agensom održive kontrole ambrozije u Kini (Müller-Schärer *et al.*, 2014), Australiji i Kanadi. Ovaj uspješan primjer kontrole ambrozije nije se samo mogao postići kroz inundativnu strategiju unosa (masovni uzgoja i introdukcija kroz višekratno ponavljanje) nego i kroz izražene migracije ovog agensa (Guo *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2013), a koje se mogu mjeriti u prosjeku stotinama kilometara godišnje (Moriya & Shiyake, 2001). Na području Evrope, prvi put je pronađena 2013. godine u Italiji i Švicarskoj (Bosio *et al.*, 2014; Müller-Schärer *et al.*, 2014.). Nedugo poslije pronalaska, postavilo se pitanje da li *O. communa* može pridonijeti održivom načinu kontrole ambrozije na području Evrope, a što je rezultiralo velikim brojem opsežnih istraživanja njenog prisustva, distribucije, biologije i načina ishrane. Nakon prvog nalaza prisustva *O. communa* u Italiji i Švicarskoj, očekivano se ova vrsta proširila u zapadnom dijelu Slovenije 2017. godine (Seljak, 2017) i na pojedinim područjima Hrvatske tokom 2018. godine (Zadravec, 2019). *O. communa* prolazi kroz 4 razvojna stadija i formira 3 do 4 generacije godišnje (Müller-Schärer *et al.*, 2014). Odrasle jedinke i larve *O. communa* pričinjavaju štete svojim usnim aparatom za grickanje tokom ishrane na biljakama ambrozije. Ukoliko je povećana brojnost ovog biološkog agensa, može doći do potpune defolijacije i uginuća biljaka ambrozije prije reprodukcije ili do smanjene sposobnosti proizvodnje sjemena ukoliko biljke uspiju ući u reproduktivnu fazu (Zhou *et al.*, 2014). Na području Italije

tokom 2014. godine uočene su i značajnije štete muških glavičastih cvasti ambrozije od strane odraslih jedinki *O. communis*, a što u velikoj mjeri može imati negativan efekat na proizvodnju polena (Bonini *et al.*, 2016). Smatra se da je pojava i širenje vrste *O. communis* potencijalno objašnjenje niske razine koncentracije polena ambrozije u zraku na području Milana tokom 2013. i 2014. godine (Bonini *et al.*, 2016). Za procjenu da li je doista smanjenje koncentracije polena ambrozije u zraku u sjevernoj Italiji u direktnoj pozitivnoj korelaciji sa prisustvom *O. communis*, provedeni su terenski eksperimenti na lokacijama na kojima je bila prisutna *O. communis* i na parcelama na kojima je isključen uticaj ove vrste kroz primjenu insekticida (Schaffner *et al.*, 2020). Parametar koji se mjerio je bila gustina muških glavičastih cvasti ambrozije. Utvrđeno je da je *O. communis* smanjila gustoću muških glavičastih cvasti i proizvodnju polena ambrozije prosječno za 82% (73-100%). Za procjenu potencijalnog utjecaja *O. communis* na polinaciju ambrozije na području Evrope, razvijen je i distribucijski model ambrozije i *O. communis*, baziran na bioklimatskim varijablama i analizi rasprostranjenosti na svjetskom nivou (Schaffner *et al.*, 2020). U okviru ove studije, bilo je potrebno provesti eksperiment u kojem je utvrđen prosječan broj dana potreban za razvoj jedne generacije *O. communis* u entomološkom kavezu (288,7 dana). Ova vrijednost je bila ugrađena u pomenuti model distribucije vrsta zbog mapiranja broja generacija koje će *O. communis* vjerovatno ostvariti unutar svoje ekološke niše na području Evrope. Nakon toga je kvantificiran potencijalni uticaj *O. communis* na polinaciju ambrozije intepolirajući broj generacija *O. communis* i sezonsku dinamiku polinacije ambrozije. Na temelju korelacije između sezonske dinamike polinacije ambrozije i relativnog broja pacijenata osjetljivih na polen ambrozije na području Rhône-Alpes, projektovano je da će *O. communis* indirektno reducirati broj pacijenata na približno 11,2 miliona kada uspostavi svoju ekološku nišu na području Evrope. Ovo će odgovarati prosječnom smanjenju pacijenata osjetljivih na polen ambrozije za 16,9%. Ovo smanjenje će rezultirati ekonomskim uštedama od približno 1,1 milijardu eura godišnje. Osim sjeverne Italije gdje *O. communis* već sada značajno utiče na smanjenje koncentracije polena u zraku, ova projekcija sugerira da će osjetljive osobe na polen ambrozije na području Balkana imati najviše koristi od uspostavljanja populacije ovog biološkog agensa. U prilog ovoj činjenici idu i rezultati koji su obavljani također u okviru iste studije gdje je između ostalog zabilježena visoka koncentracija polenovih zrna po metru kubnom zraku ali i visok procenat osjetljivih osoba na isti na području Balkana.

Jedna od najvećih zabrinjavajućih faktora pri odabiru agensa biološke kontrole je direktno povezana sa rizikom za neciljane organizme da će biti napadnuti i oštećeni (Louda *et al.*, 2003). Biološki agensi koji se koriste u okviru kontrole ne bi trebali da prouzrokuju bilo kakvo značajnije oštećenje na biljnim i životinjskim organizmima koje su od ekonomskog ili ekološkog značaja. Pored vrste *A. artemisiifolia*, dokazano je prisustvo *O. communis* i na drugim biljnim vrstama, a pretežno iz tribusa Heliantheae. Procjene rizika napada *O. communis* na biljkama suncokreta dale su kontroverzne rezultate. Prema Kiss (2007) *O. communis* se smatra jednim od najperspektivnijih kandidata biološke kontrole na području Evrope. Međutim Gerber *et al.* (2011) ne smatraju ovu vrstu odgovarajućim kandidatom biološke kontrole na području Evrope.

Na području Australije, *O. communis* nije prihvaćena jer je u laboratorijskim testiranjima dokazano da može oštetiti i dovršiti ciklus razvoja na biljkama suncokreta (Palmer & Goeden, 1991). Generalno se smatra da suncokret nije potencijalni domaći *O. communis* (Zhou *et al.*, 2011) te da su na istom oštećenja ovom vrstom zanemariva (Dernovici *et al.*, 2006; Cao *et al.*, 2011). Nešto složeniju evaluaciju detekcije prisustva i analizu potencijalnog oštećenja na rezidentnim neciljanim vrstama od strane *O. communis* su sprovedeli Cardarelli *et al.* (2018) na poljoprivrednom području sjeverne Italije na kojem su registrovane velike populacije ambrozije. U odnosu na većinu ostalih eksperimenata, u ovoj studiji su oštećenja procijenjena tek onda kada je registrovano i prisustvo *O. communis*, kako bi se izbjegla mogućnost dodjeljivanja lažno pozitivnih rezultata nastalih ishranom i nekih drugih herbivornih vrsta. U okviru ove studije ukupno je praćeno 269 biljaka ambrozije i 1255 neciljanih biljaka tokom ljeta 2015. godine. *O. communis* je registrovana na 107 (8,5 %) neciljanih biljaka i 181. (67,3 %) biljci ambrozije, s ukupnim brojem od 215 i 1050 jedinki, koje su se nalazile u svim razvojnim stadijima. Iz ove studije se može izdvojiti daleko veći broj oštećenih biljaka ambrozije (82,9%) u odnosu na neciljane vrste (min. 2%, a max. 6,8%). Kod neciljanih biljaka oštećenja su locirana samo na lisnim organima, premda je 50% istih bilo u fazi cvjetanja ili plodonošenja. Kada se uzmu u obzir neciljane vrste, veća učestalost *O. communis* je zabilježena na vrstama koje pripadaju porodici Asteraceae (*Achillea millefolium*, *Artemisia verlotiorum*, *Centaurea sp.*, *Erigeron annuus*), ali također i na vrstama koji pripadaju ostalim porodicama, poput *Chenopodium album* (Chenopodiaceae) i *Trifolium sp.* (Fabaceae). Na ostalih 7 uzorkovanih biljnih vrsta (*Lolium sp.*, *Papaver rhoeas*, *Persicaria maculosa*, *Polygonum sp.*) nije pronađena *O. communis* ili su samo odrasli ove vrste bili prisutni bez tragova hranjenja (*Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus*, *Sorghum halepense*), što upućuje na slučajan odabir domaćina ovog insekta (Yamazaki *et al.*, 2000). Pregledom prisustva razvojnih stadija, na neciljanim biljnim vrstama su uglavnom bili zastupljeni odrasli oblici (87,4%), potom jajna legala (2,8%), larve (3,7%) i lutke (6,1%) *O. communis*. Svi razvojni stadiji su registrovani samo kod vrste *Artemisia verlotiorum* (jedno jajno leglo, 5 larvi, 11 lutka i 86 odraslih). Autori ove studije smatraju da je ukupni rizik ispitivanih neciljanih biljnih vrsta zanemariv, te da su oštećena istih značajno mala u odnosu na primarnog domaćina ambroziju i da su uglavnom rezultat povremenih događaja.

Prva introdukcija *Z. suturalis* na području bivše Jugoslavije, obavljena je 1984. godine na lokalitetu Patkovci, blizu Bjelovara (Igrc, 1987). Na području bivše Jugoslavije bilo je ukupno 5 introdukcija iz SAD, a uvezeno je ukupno 1171 zlatica ambrozije. Utvrđeno je da jedna larva ove vrste pojede približno 585 mm² lišća, dok jedan imago dnevno pojede 123,7 mm² lišća pri temperature od 20°C (Trkulja *et al.*, 2009). Istraživanja koja su provedena na području bivše Jugoslavije, potvrdila su kako je *Z. suturalis* jedno od mogućih rješenja biološke kontrole ambrozije, posebno na ruderalnim staništima. Trkulja *et al.* (2009) smatraju korisnim obnoviti istraživanja ove vrste i obaviti introdukciju u dogledno vrijeme na području Bosne i Hercegovine.

ZAKLJUČAK

Opravdani zahtjevi za smanjenom upotrebom konvencionalnih herbicida zbog potencijalnog rizika po ljudsko zdravlje, životnu sredinu, neciljane organizme ili zbog ubrzanog razvoja rezistentnosti, uslovljavaju razvoj novih, manje štetnih, održivih sistema suzbijanja korova. Održivi sistemi suzbijanja korova se postepeno implementiraju kao moguća dopuna ili zamjena konvencionalnoj primjeni herbicida, najvećim dijelom u razvijenim zemljama. Biološki agensi na bazi fitofagnih insekata, nesumnjivo imaju veliki potencijal u održivim sistemima suzbijanja korova, pretežno kao dopuna ostalim direktnim i indirektnim mjerama.

Iznesena istraživanja na području biološke kontrole, pokazala su da fitofagni insekti imaju određene prednosti ali i nedostatke. U idealnim slučajevima, troškovi početnog ulaganja u biološku kontrolu se ne ponavljaju. Pretežno kada se uspostavi stabilna populacija introdukovanih prirodnih neprijatelja, nisu potrebni dodatni doprinosi. Troškovi razvoja biološke kontrole mogu biti manji nego herbicida. U klasičnom i konzervativnom pristupu biološka kontrola pomoću insekata može biti trajna, samoodrživa, zadovoljavajuće efikasnosti ali vrsta kontrole čija primjena uvijek ne garantuje optimalne rezultate. Biološka kontrola pomoću insekata je bila uspješna u nekoliko slučajeva, ali ista nikada neće biti rješenje svakoj ekonomski gledano značajnoj korovskoj vrsti. S obzirom na činjenicu da se korovi u okviru ratarske proizvodnje moraju suzbijati tokom kratkog, kritičnog perioda, kako bi se spriječilo smanjenje prinosa i kvalitete poljoprivrednih proizvoda, klasična i konzervativna biološka kontrola zbog sporijeg djelovanja u ovim situacijama nisu zadovoljavajuće. Jedan od najznačajnijih nedostataka kontrole pomoću fitofagnih insekata je potencijalna mogućnost oštećenja biljaka koje su od ekonomskog ili ekološkog značaja. Zbog naprijed navedenog, generalno, biološka kontrola pomoću insekata sa dosadašnjim tehnološkim rješenjima nije jednostavna, potpuno efikasna i brza kao kontrola herbicidima.

Razvoj i implementacija održivog sistema baziranog na upotrebi biološke kontrole, iziskuje prije svega donošenje odgovarajućih zakonskih legislativa kojim će se podstaći neophodnost ispitivanja prisustva i distribucije potencijalnih autohtonih bioloških agenasa, potom ispitivanje kriterija njihove valorizacije kao i regulisanje mogućnost njihovog uvoza i primjene prvenstveno u nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju kao što je to slučaj sa Bosnom i Hercegovinom. U svemu ovome, za početak se nužno osloniti na međunarodna iskustva, koja su u ovom radu dijelimično iznijeta kroz sintezu određenog broja studija.

LITERATURA

- Aračić, K. (2014): Biološko suzbijanje korova. Diplomski rad, Osijek.
- Bellows, T. S. (2000): Restoring population balance through natural enemy introductions. *Biological Control*, 21, 199–205.
- Bonini, M., Šikoparija, B., Prentović, M., Cislighi, G., Colombo, P., Testoni, C., Grewling Ł., Lommen, S.T.E., Müller-Schärer, H., Smith, M. (2016): A follow-

- up study examining airborne *Ambrosia* pollen in the Milan area in 2014 in relation to the accidental introduction of the ragweed leaf beetle *Ophraella communa*. *Aerobiologia*, 32: 371–374.
- Bosio, G., Massobrio, V., Cherisi, C., Scavarda, G., Clark, S. (2014): Spread of the ragweed leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage, 1986 (Coleoptera, Chrysomelidae) in Piedmont Region (northwestern Italy). *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, 146(1): 17–30.
- Cardarelli, E., Musacchio, A., Montagnani, C., Bogliani, G., Citterio, S., Gentili, G. (2018): *Ambrosia artemisiifolia* control in agricultural areas: effect of grassland seeding and herbivory by the exotic leaf beetle *Ophraella communa*. *NeoBiota*, 38: 1-22.
- Caldwell, C. J., Hynes, R. K., Boyetchko, S. M., Korber, D. R. (2012): Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomonas fluorescens* BRG100 in a pesta formulation. *Can. J. Microbiol.*, 58, 1–9.
- Cao, Z., Wang, H., Meng, L., Li, B. (2011): Risk to nontarget plants from *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a potential biological control agent of alien invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) in China. *Applied Entomology and Zoology*, 46:375– 381.
- Carson, R. (1962): *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston, 368.
- Charudattan, R. (1985): *The Use of Natural and Genetically Altered Strains of Pathogens for Weed Control*. U: *Biological Control in Agricultural IPM Systems*. Hoy, M.A., Herzog, D.C. (ur.). Academic Press Inc., 347-372.
- Charudattan, R., Dinoor, A. (2000): *Biological control of weeds using plant pathogens: accomplishments and limitations*. *Crop Protection*, 19: 691-695.
- Chen, H., Guo, W., Li, M., Guo, J., Luo, Y., Zhou, Z. (2013): A field test of joint control of the alien invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* with *Ophraella communa* and *Epiblema strenuana*. *Chinese Journal of Biological Control*, 29, 362–369.
- Coombs, E.M., Clark, J.K., Piper, G.L., Cofrancesco Jr., A.F. (2004): *Biological Control of Invasive Plants in the United States*. Oregon State Univ. Press, Corvallis, OR, 467.
- Cromroy, H. L. (1983): *Potential Use of Mites in Biological Control of Terrestrial and Aquatic Weeds*. U: Hoy, M. A., G. L. Cunningham & L. Knutson: *Biological Control of Pests by Mites*. Univ. Calif. Press., 61-66.
- Crowley, M. J. (1989): *Plant life history and success of weed biological control projects*. *Proc. VII Intern. Symp. on Biol. Control of Weeds*, 17-26.
- Dernovici, S.A, Teshler, M.P., Watson, A.K. (2006): Is sunflower (*Helianthus annuus*) at risk to damage from *Ophraella communa*, a natural enemy of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*)? *Biocontrol Science and Technology*, 16 (7): 669–686.
- Gerber, E., Schaffner, U., Gassmann, A., Hinz, H .L., Seier, M., Müller-Schärer, H. (2011): *Prospects for biological control of Ambrosia artemisiifolia in Europe: learning from the past*. *Weed Res.*, 51: 559–573.

- Guo, J.Y, Zhou, ZS., Zheng, X.W., Chen, H.S, Wan, F.H, Luo, Y.H. (2011): Control efficiency of leaf beetle, *Ophraella communa*, on the invasive common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, at different growing stages. *Biocontrol Science and Technology*, 21, 1049–1063.
- Harris, P. (1973): The selection of effective agents for the biological control of weeds. *Can. Entomol.*, 105: 1495-1503.
- Harris, P. (1989): Feeding strategy, coexistence and impact of insects in spotted knapweed capitula. *Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds*: 39-47.
- Hoffman, M.P., Frodsham, A.C. (1993): *Natural enemies of Vegetable and Insect Pests*. Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, NY.
- Hoy, M.A. (1983): Opportunities for Genetic Improvement of Mites as Biological Control Agents. U: Hoy, M. A., G. L. Cunningham, L. Knutson. (eds.): *Biological Control of Pests by Mites*. Univ. Calif. Press: 141-145.
- Huffaker, C.B., Kennett, C.E. (1959): A ten-year study of vegetation change associated with biological control of Klamath weed. *J. Range Manag.* 12: 69-82.
- Igrc, J. (1987): Proučavanje zlatice *Zygogramma suturalis* Fabricius (Coleoptera, Chrysomelidae) – potencijalnog agensa biološkog suzbijanja korova *Ambrosia artemisiifolia* L. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 76-77: 31-56.
- Julien, M. H. (1992): *Biological of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds*. 3rd ed. CAB Internat. Wallingford, UK, 186.
- Kiss, L. (2007): Why is biocontrol of common ragweed, the most allergenic weed in Eastern Europe, still only a hope. U: Vincent, C., Goettel, M., Lazarovitz G. (eds): *Biological Control: A Global Perspective: Case Studies from around the World*. CABI, Wallingford.
- Klein, O. (1996): Lutte biologique contre 'Orobanche avec *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera: Agromyzidae). Internal report, Supra-regional GTZ-project "Ecology and Management of Parasitic Weeds". University of Hohenheim, Germany.
- Klein, O., Kroschel, J. (2002): Biological control of Orobanche spp. with *Phytomyza orobanchia*, a review. *BioControl*, 47(3): 244-276.
- Lekic, M.B. (1970): Phytophagous insects observed on parasitic phanerogams of the genera *Orobanche* and *Cuscuta* in 1968. U: *Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Weeds*, Delemont, Swiss. Miscellaneous Publications, Commonwealth Institute of Biological Control, Trinidad.
- Linke, K.H., Scheibel, C., Saxena, M.C., Sauerborn, J. (1992): Fungi occurring on *Orobanche* spp. and their preliminary evaluation for *Orobanche* control. *Tropical Pest Management*, 38: 127-130.
- Louda, S.M, Pemberton, R.W, Johnson, M.T, Follett, P.A. (2003): Nontarget effects - The Achilles' Heel of biological control? Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. *Annual Review of Entomology*, 48: 365–96.
- Mihajlović, L. (1986): Results of investigation on *Orobanche* spp. entomofauna in Yugoslavia and the possibility of using insects for biological control. U:

- Proceedings of a Workshop on Biology and control of *Orobanche*. LH/VPO, Wageningen, The Netherlands.
- Moriya, S., Shiyake, S. (2001): Spreading the distribution of an ex-otic ragweed beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in Japan. — Jap. J. Entomol, 4: 99–102.
- Müller-Schärer, H., Lommen, S.T.E., Rossinelli, M., Bonini, M., Boriani, M., Bosio, G., Schaffner, U. (2014): *Ophraella communa*, the ragweed leaf beetle, has successfully landed in Europe: fortunate coincidence or threat? Weed Research, 54: 109–119.
- Neser, S., Cillers, C.J. (1989): Work towards biological control of *Lantana camara*: Perspectives. Proceedings of VIIth International Symposium on Biological Control of Weeds, Italy.
- Palmer, W.A., Goeden R.D. (1991): The host range of *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera, Chrysomelidae). Coleopt. Bull, 45: 115–120.
- Petanović, R., Kolokočar-Šmit Z., Spasić, R. (2000): Biološka borba protiv korova i strategije, agensi i regulative. Acta herbologica, 9 (1): 5-19.
- Ravlić, M., Baličević, R. (2014): Biološka kontrola korova biljnim patogenim. Poljoprivreda 20: (1): 34-40.
- Seljak, G. (2017): *Ophraella communa* Le Sage, 1985 - ambrozijev lepenec. Biotska raznovrsnost Slovenije.
- Schaffner, U., Steinbach, S., Sun, Y., Skjøth, C. , de Weger, L., Lommen, S.T., Augustinus, B., Bonini, M., Karrer, G., Šikoparija, B., Thibaudon, M., Müller-Schärer, H. (2019): Biological Weed Control to Relieve Millions of Allergy Sufferers in Europe.
- Shepherd, R.C.H. (1989): Problems which arise with host specificity testing of insects. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds, 85-92.
- Spencer, K.A. (1973): Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Series Entomologica. Vol. 9. W. Junk, The Hague, The Netherlands.
- Telkar, S.G., Gurjar, G.N., Dey, Y.K. (2015): Biological Weed Control for Sustainable Agriculture. International Journal of Economic Plants, 2 (4):181-183.
- Trkulja, V., Herceg, N., Ostojić, I., Škrbić, R., Petrović, D., Kovačević, Z. (2009): Ambrozija. Društvo za zaštitu bilja, Mostar.
- Wapshere, A.J., Delfosse, E.S., Cullen, J.M., (1989): Recent developments in biological control of weeds. Crop Prot. 8, 227-250.
- Yamazaki, K., Imai, C., Natuhara, Y. (2000): Rapid population growth and food-plant exploitation pattern in an exotic leaf beetle, *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae), in western Japan. Applied Entomology and Zoology, 35(2) 2: 215–223.
- Zadravec, M., Horvatić, B., Prpić, P. (2019): The Balkans invaded – first record of *Ophraella communa* LeSage, 1986 (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia. BioInvasions Records, 8 (3): 521–529.

- Zhang, W.J. (2018): Global pesticide use: Profile, trend, cost / benefit and more. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 8(1): 1-27.
- Zhou, Z.S., Chen, H.S., Zheng, Z.W., Guo, J.Y., Guo, W., Li, M., Luo, M., Wan, F.H. (2014): Control of the invasive weed *Ambrosia artemisiifolia* with *Ophraella communa* and *Epiblema strenuana*. *Biocontrol Science and Technology* 24 (8): 950–964.
- Zimdahl, R.L. (1993): *Biological weed control*. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA.
- Zimdahl, R.L. (2018): *Fundamentals of weed science*. 5th ed. Academic Press, Cambridge, Massachusetts, USA.

BIOLOGICAL CONTROL OF WEEDS USING PHYTOPHAGOUS INSECTS

Summary

In this paper it is pointed out the reasons and the most important strategies for the application of biological control. Valorization criteria are explained through specific studies and examples of effective application of biological control based on phytophagous insects are given. In addition, the biological and ecological characteristics of individual insects in the control of the most important invasive plant species such as ragweed are clarified, with the advantages and disadvantages of their use in sustainable weed management.

Key words: biological control, phytophagous insects, sustainable weed management