ALELOPATSKA SVOJSTVA BILJNI EKSTRAKATA KAO POTENCIJALNIH BIOHERBICIDA

Dragana Bošković

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

e-mail: dragana.boskovic@polj.edu.rs

Izvod

Korovi predstavljaju stalne pratioce biljne proizvodnje, za čije se suzbijanje koriste hemijske materije, odnosno herbicidi. Pored niza dobih osobina, upotreba herbicida donosi brojne posledice, kako po živi svet, tako i po životnu sredinu. Uzimajući u obzir njihove negativne efekte, javlja se potreba za pronalaženjem alternativnih metoda suzbijanja korovske populacije. Poslednjih decenija rade se brojna istraživanja u okviru biološki i ekološki prihvatljivih načina suzbijanja različitih štetočina, uključujući i korove. Bioherbicidi predstavljaju jedinjenja koja sadrže mikroorganizme (poput bakterija ili gljiva), produkte njihovog metabolizma ili biljne ekstrakte koji ispoljavaju efekat na određene korovske vrste. U ovom radu, obradiće se primena biljnih ekstrakata kao potencijalnih bioherbicida u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Ključne reči: biljni ekstrakti, korovi, bioherbicidi

UVOD

Poljoprivredni proizvođači se danas bore sa mnogim problemima prilikom proizvodnje. Pored abiotičkih faktora, poput nepovoljnih vremenskih prilika, proizvođači se susreću i sa mnogim bolestima, insektima, štetočinama i korovima. Korovi su stalni pratioci biljne proizvodnje, koji svojim prisustvom guše usev i oduzimaju mu hranjive materije. Odnosno, korovi predstavljaju sve štetne i nepoželjne biljke koje nastanjuju poljoprivrednu površinu i svojim pristupom ispoljavaju negativan uticaj na prinos i/ili kvalitet proizvoda. Hemijska sredstva za suzbijanje korova, odnosno herbicidi, relativno su novijeg datuma. Oni takođe mogu delovati i na gajenu biljku zbog čega je veoma značajno njihovo poznavanje i pravilno korišćenje. Visoka efikasnost herbicida omogućava njihovu široku upotrebu u poljoprivredi, međutim herbicidi ispoljavaju i niz negativnih efekata, kao što su: perzistentnost, rezistentnost, toksičnost, ekotoksičnost, fitotoksičnost na gajenima biljkama, interakcija sa drugim komponentama poput fungicida, insekticida, đubriva i drugo.

U nameri da se smanji upotreba sintetičkih pesticida, zbog navedenih svojstava, u poslednjih dvadeset godina, rade se brojna i opsežna istraživanja biološkog načina kontrole odnosno suzbijanja korova, dok se sam početak biološke kontrole korova vezuje za period nakon II svetskog rata, odnosno početak šezdesetih godina (Carson, 1962). Najraniji eksperimenti, uključivali su gljivu *Fusarium oxysporum* za kontrolu *Opuntia ficus-indica*. Biološka kontrola zasniva se na upotrebi prirodnih neprijatelja, poput parazitoida, predatora, parazita, patogeno odnosno nekih produkata njihovog metabolizma (poput mikotoksina), antagonista ili kompetitora za kontrolu gustine populacije štetnih organizama (Van Driesche & Bellows, 1996). Prilikom pregleda literature najčešće se kao bioherbicidi spominju gljive, ali postoji i veliki broj biljnih ekstrakata koji ispoljavaju bioherbicidno delovanje, čije se dejstvo najčešće pripisuje osobini alelopatije zbog čega metod primene bioherbicida predstavlja održivu, jeftinu i ekološki prihvatljivu metodu suzbijanja (Charudattan, 2005; Vuković et al., 2013; Pacanoski, 2015).

Alelopatija

Pojam „alelopatija“ prvi je upotrebio austrijski botaničar Molisch (1937), prilikom opisivanja korisne i štetne hemijske interakcije između biljaka i mikroorganizama. Ova definicija je mnogo puta menjala značenje i bivala proširena. Danas se pod pojmom „alelopatija“ podrazumeva pozitivan ili negativan uticaj jedne biljke, gljive ili mikroorganizma na drugu, stvaranjem hemijskih komponenata koje emituju u okolonu. Hemijske komponente koje ispoljavaju alelopatski efekat nazivaju se alelohemikalije. Biljke kao i mikroorganizmi mogu da proizvode na hiljade sekundarnih produkata metabolizma kojima se pripisuje uloga „hemijskog oružja“ zbog čega predstavljaju potencijal za proizvodnju bioherbicida, što bi naročito značajno bilo sa stanovišta smanjenja upotrebe sintetičkih pesticida (Kovačević, 1979).

Slika 1. Načini oslobađanja alelohemikalija (De Albuquerque et al., 2011)

Objašnjenje slike:

- 1) Spiranje kišom
- 2) Otpuštanje isparljivih komponenata
- 3) Raspadanjem biljnih ostataka
- 4) Eksudacija putem korena

Jedan od najstarijih primera alelopatije utvrđen je u šumama crnog oraha centralne Azije. Veoma mali broj vrsta biljaka može da preživi i opstane ispod krošnji ovog oraha. Alelohemikalija zadužena za takav efekat je juglon, koja se izlučuje putem korena, a nalazi se u skoro svim biljnim delovima crnog oraha (Soderquist, 1973). Zanimljivo je napomenuti da se efekat juglona ne može reprodukovati u stakleniku jer je za biosintezu fenolnih kiselina neophodno ultraljubičasto svetlo (Davis, 1928). Alelohemikalije se oslobađaju raličitim mehanizmima iz biljaka. Ti mehanizmi najčešće uključuju razgradnju biljnih ostataka, ispiranje i isparavanje iz lista ili stabla, te izlučivanje putem korenovnog sistema (Slika 1).

Ove materije pripadaju u najvećem stepenu, organskim kiselinama, aminokiselinama, alkoholima, fenolnim jedinjenjima i mnogim drugim. Ove hemikalije su odgovorne za menjanje odnosno narušavanje prirodnih fiziološko-biohemijskih procesa u biljakama. Procesi na koje najčešće utiču su klijanje semena što najčešće počinje od povrede meristema korena. Zatim utiču na proces fotosinteze jer remete stvaranje ATP jedinjenja i utiču na funkciju mitohondrija što dovodi i do poremećaja u procesu disanja. Takav primer predstavlja ferulinska kiselina koja redukuje stopu fotosinteze u sadnicama vrste *Abutilon theophrasti*. Poremećaj funkcije mi-

tohondrija izazivaju juglon i sorgoleon čak i pri veoma niskim koncentracijama. Alelohemikalije inhibiraju rast i razviće biljaka jer mogu da utiču na ishranu putem smanjenja unosa minerala, smanjenjem sadržaja hlorofila (poput juglona), protoka ugljenika, aktivnosti fitohormona, aktivnost i proizvodnju enzima i druge. Tanini blokiraju aktivnost celuloze, pepsina, proteinaze i drugih enzimskih sistema. Za mnogo alelohemikalije nije utvrđen tačan mehanizam delovanje i početno mesto delovanja. Za hemikalije poput benzojeve kiseline početno mesto delovanja čini membrana ćelije jer ova kiselina ima sposobnost menjanja potencijala membrane. Pretpostavlja se da je alelopatija uslovljena zajedničkim dejstvom više alelohemikalija sa različitim mestima delovanja u ćeliji (Rice, 1974; Eihhellig, 1994; Zimdahl, 2018). Mogu se svrstati u 10 kategorija (Soltys et al., 2013):

1. Vodorastvorljive organske kiseline, alkoholi sa nerazgranatim lancem, alifatični aldehidi i ketoni
2. Prosti laktoni
3. Masne kiseline dugih lanaca i poliacetileni
4. Hinoni (benzohinoni, antrahinoni i kompleksni hinoni)
5. Fenoli
5. Cimetna kiselina sa svojim derivatima
7. Kumarini
8. Flavonoidi
9. Tanini
10. Steroidi i terpenoidi (seskviterpenski laktoni, diterpeni i triterpenoidi)

Ove materije mogu da se nalaze u različitim biljnim delovima. Najviše ih ima u listovima, zatim u korenu, semenu, rizomima ali i stabljikama (Slika 2). Mogu da se nađu i u cvetovima ali u znatno ograničenim količinama. Količina alelohemikalija varira sa fenologijom biljke, odnosno u različitim stadijumima razvića, nakuplja se različita količina (Narwal, 2004).

Slika 2. Izvori alelohemikalija

Biljka koja emituje alelohemikalije u sredinu naziva se emiter, dok se biljka na koju te otpuštene supstance deluju naziva receptijent (Slika 3). Na ovaj proces utiču brojni abiotički i biotički faktori. Neke studije pokazuju da je alelopatija izraženija u nepovoljnim uslovima sredine kada je voda, svetlost ili ishrana ograničena. Alelohemikalije biljka emiter može da izlučuje u aktivnom obliku ili u neaktivnom obliku do čije aktivacije dolazi delovanjem uslova sredine poput pH vrednosti, temperature ili vlažnosti, a takođe na aktivaciju može da utiče i delovanje mi-

kroorganizama. Mikroorganizmi prilikom transformacije alelohemikalija mogu da ih prevode u više ili manje toksična jedinjenja u odnosu na inicijalna. Ove materije izlučene od strane biljke mogu da stimulišu mikroorganizme da produkuju neke druge alelohemikalije koje deluju na biljke u okolini (Albuquerque et al., 2011).

Biljke sa alelopatskim delovanjem mogu da se koriste kao bioherbicidi, regulatori rasta i osnova za sintezu novih herbicidnih preparata. Herbicid mezotrion razvijen je na bazi alelopatije i ako se ne radi o potpunom biljnom preparatu. Kao baza za sintezu mezotriona korišćena je alelohemikalija leptospermum, izolovana iz biljka *Callistemon citrinus* koja je upotrebljena kao baza za sintezu mezotriona. Ovakav način upotrebe alelopatije čini bogat izvor za sintezu novih jedinjenja (Cornes, 2005). Drugi način upotrebe je upotreba biljaka sa alelopatskim svojstvima u vidu malča, to jeste za pokrov zemljišta kako bi se sprečilo nicanje korova, uz pravilnu primenu plodoreda čime bi se značajno mogla smanjiti korovska populacija bez upotrebe hemijskih sredstava (Saha et al., 2018). Ovaj postupak se naziva biofumigacija, a obavlja se tako što se biljke iz roda slačica (*Brassica juncea* i *B. napus*) uzgoje do rasta u punom cvetanju nakon čega se malčiraju i dobijena masa se inkorporira u zemljište freziranjem. Ova masa otpušta izotiocijanate koje sprečavaju nicanje korovo i dovode do redukcije fitopatogenih gljiva (Mattner, et al., 2008). Genetičke metode implementacije alelopatskih osobina iz divljih srodnika u poljoprivredne kulture što za posledicu ima povećanu proizvodnju ovih materija, predstavlja još jedan od načina primene alelohemikalija. Ovakvi bioherbicidi pored povoljnih toksikoloških i ekotoksikoloških osobina, davali bi i nov areal materija sa različitim mehanizmom delovanja što bi doprinelo razvoju antirezistentne strategije ili odlaganju pojave rezistentnosti korova prema herbicidima.

Slika 3. Šematski prikaz alelohemijske interakcije (Soltys et al., 2013)

Biljke alelopatiju koriste kao „sredstvo“ za povećanje njihove konkurenčnosti i stope preživljavanja (Kong et al., 2002). Prilikom sintetisanja ovih jedinjenja posebnu ulogu imaju temperatura, intenzitet svetlosti i fotoperiod. U najvećem broju slučajeva, produžen fotoperiod i povećana temperatura utiču na aktiviranje alelohemikalija. Takođe, značajan faktor za aktivaciju jeste smanjenje vlažnosti sredine. Dias i Dias (2000) sprovedli su istraživanje gde su utvrdili da *Datura stramonium* u uslovima smanjene vlažnosti povećava produkciju alelohemikalija. Roth et al. (2000) proučavali su uticaj alelohemikalija iz sirka na pšenicu pod različitim vrstama obrade tla. Ustanovili su da se emitovanje alelohemikalija od strane sirka smanjuju sa redovnom i brzom obradom zemljišta. Fenofaza i starost biljke ispoljavaju uticaj na prisustvo i kvalitet alelohemikalija. Alelohemikalije u soji razlikuju se u toku rasta biljke kao i tokom raspadanja ostataka (Hu and Kong, 2002). Uzimajući ovakve činjenice u obzir, alelopatija može biti značajan faktor prilikom spravljanja bioherbicide (Shao-Lin et al., 2004).

Da bi alelohemikalija mogla da se koristi kao herbicid, mora da zadovolji određene kriterijume (Al-Mulali et al., 2016):

- Da ispoljava visoku fitotoksičnu aktivnost
- Da se hemijska struktura može identifikovati
- Da je poznat mehanizam delovanja u biljkama
- Vreme perzistentnosti u zemljištu
- Uticaj na neciljane organizme i životnu sredinu
- Uticaj na zdravlje ljudi i životinja
- Kao i ekonomska profitabilnost proizvodnje

Biljni ekstrakti

Biljke čine obnovljivi prirodni resurs mnogih bioaktivnih jedinjenja. Biljni ekstrakti predstavljaju supstancu sa poželjnim svojstvima koja se izoluje iz tkiva biljke, a dobijaju se metodom ekstrakcije koja predstavlja izdvajanje i koncentrisanje određenih sastojaka iz biljnih i životinjskih tkiva pomoću selektivnih rastvarača primenom standardnih metoda. Metode koje se najčešće koriste za ekstrakciju su maceracija, dvostruka maceracija, digestija, perkolacija, ultrazvučna protivstrujna ekstrakcija, cirkulatorna ekstrakcija i mnoge druge. Dobijaju se ekstrakcijom različitih biljnih delova (cvet, list, koren, seme, itd.). Ekstrakti se mogu koristiti u različitim sektorima delatnosti: u industriji hrane i prerade hrane, farmaceutska industrija, kozmetička industrija, industrija parfema, poljoprivredi i druge. Na proces ekstrakcije utiču brojni faktori kao što su: stepen usitenjenosti biljnog materijala, dužina trajanja ekstrakcije, temperatura i viskozitet (Farmakopeja SFRJ, 1972). Sekundarni metaboliti koje biljka sintetise pored mnogobrojnih funkcija, ispoljavaju i alelopatско delovanje. Biljni sekundarni metaboliti pripadaju različitim klasama

jedinjenja ali su to najčešće jedinjenja iz grupe fenola, fenolnih kiselina, hinona, flavona, flavonoida, alkaloida, tanina i kumarina (Martins et al., 2015). Biljni ekstrakti se primenjuju i u poljoprivredi kao jedinjenja sa pesticidnim delovanjem. Ovakva jedinjenja nazivaju se botanički pesticidi koji predstavljaju materije ekstrahirane iz biljaka koje se koriste za kontrolu i suzbijanje patogena i štetočina u poljoprivredi. Etarska ulja predstavljaju veoma bitan vid biljnog ekstrakta čija je upotreba sve više prisutna naročito u organskoj proizvodnji (Shabana et al., 2017). Etarska ulja su prirodne materije odnosno kompleksna mešavina lipofilnih, tečnih, mirisnih i isparljivih komponenti lociranih u sekretornim strukturama aromatičnih biljaka koje su često odgovorne za karakterističan miris ili ukus biljke. Ispoljavaju i ekološku funkciju koja se ogleda u smanjenju respiracije, stvaraju specifičnu mikroklimu koja ih štiti od prekomerne transpiracije, odbijanje i prelamanje svetlosti, te učestvuju u interakciji biljka-biljka, biljka-životinja, biljka-insekt, odnosno privlače insekte i pomažu u oprašivanju, mogu da inhibiraju klijanje semena kako drugih tako i sopstvenih vrsta, štite biljku od napada insekata i dr. životinja, te štite biljku od infekcije mikroorganizmima. (Templeton, 1969; Bruneton, 1999; Petrović et al., 2009). Najvažniji faktori koji mogu uticati na sastav etarskog ulja su: genotip (produkcija etarskog ulja je genetski definisana), fenofaza ontogenetskog razvoja (vreme prikupljanja materijala), ekološki faktori (temperatura, vlažnost...), način obrade biljne sirovine, način izolacije etarskog ulja (Yentema et al., 2007).

Primena biljnih ekstrakata kao bioherbicida

Jedan od najpoznatijih primera upotrebe ovakve vrste bioherbicida je primena vodenog ekstrakta biljaka *Sorghum bicolor* i *Helianthus annuus* koji se efektivno mogu koristiti bez gubitka prinosa. Sirak je jedna od najčešće korišćenih vrsta za ispitivanje alelopatskog bioherbicidnog efekta. Ekstrakti sirka pokazuju efekat na mnoge vrste korove u različitim usevima kao što su pšenica, pamuk i suncokert. Efekat vodenog rastvora se povećava sa vremenom i dozom primene, mada se najčešće koristi u koncentraciji od 5% ili 10%. Efektivni su na biljke kao što su *Gossypium hirsutum*, *Glycine max*, *Triticum aestivum* i *Echinochloa crus-galli* (Irshad & Cheema, 2005; Cheema et al., 2012). U potrazi za prirodnim alternativama za suzbijanje korova protiv *Chenopodium album*, vodeni ekstrakti lišća suncokreta testirani su u dve različite koncentracije. Alohemikalije iz lišće suncokreta pokazale su značajan potencijal kao prirodni herbicid za širokolisne korove, kao što je *C. album*. U poređenju sa sintetičkim herbicidima, vodeni ekstrakt nije uspeo da potpuno iskoreni ovaj korov, ali je najveća testirana koncentracija uspešno suzbila korov, što je za posledicu imalo znatno povećanje prinosa pšenice (Anjum & Bajwa, 2007). Pored pojedinačnog efekta biljnih ekstrakata suncokreta i sirka, ispitivana je i njihova kombinacija, uz dodatak i ekstrakta duda. Procenjivan je nji-

hov uticaj u kombinaciji sirak i suncokret, kao i sirak, suncokret i dud u suzbijanju korova *Avena fatua*, *Phalaris minor*, *Chenopodium album* i *Coronopus didimus*. Povećanje doze primene, značajno utiče na smanjenje ukupne gustine korova i proizvodnju njihove biomase u obe kombinacije, dok je takođe zabeležen povećan prinos pšenice za oko 20%. Na osnovu ove studije može se sugerisati da upotreba biljnih ekstrakata sa alelopatskim karakteristikama u mešavini može da se koristi kao potencijalna strategija za suzbijanja korova u pšenici (Naeem et al., 2018). Uticaj ekstrakta biljke *Brassica nigra* iz različitih biljnih delova, lista, stabljike, cveta i korena ispitivani su na divlju zob, gdje je utvrđeno da su alelohemikalije ispoljile uticaj na inhibiciju klijanja i porast klijanaca. Inhibitorni efekat povećava se sa povišenjem koncentracije ekstrakta (Turk & Tawaha, 2003). Vodeni ekstrakti lista eukaliptusa, bagrema, sirka, suncokreta, topole, i duvana primenijivani su za suzbijanje korova kao bioherbicidi i za procenu uticaja na rast pšenice. Rezultati postignuti u ovom istraživanju utvrdili su da ove biljke ispoljavaju alelopatsko herbicidno delovanje na korove tako što smanjuju njihov rast odnosno pokrovnost i gustinu. Pored ovoga, ustanovljeno je da ovi vodeni ekstrakti imaju pozitivno delovanje na prinos pšenice i visinu biljaka. Ova studija pružila je alternativnu tehniku za smanjenje broja korova i istovremeno pozitivno dejstvo na gajenu pšenicu preko povećanja rasta i prinosa, upotrebom biljnog materijala (Khan et al., 2015).

Baličević et al. (2015), ispitivali su alelopatski potencijal velike zlatnice (*Solidago gigantea*) na klijanje i početni porast mrkve, ječma i korijandera, kao i uticaj na korove *Abutilon theophrasti* i *Amaranthus retroflexus*. Eksperimenti su vršeni u laboratorijskim uslovima, u Petri posudama i u posudama sa zemljom. Ispitivani su vodeni rastvori nadzemne mase u koncentraciji od 1,5 i 10%. U testu sa Petri posudama, sve koncentracije su pokazale alelopatsko delovanje kako na gajene tako i na korovske vrste, dok je u biotestu sa posudama sa zemljom efekat bio smanjen (Baličević et al., 2015).

Mnoge gajene biljke ispoljavaju alelopatski efekat te predstavljaju bogat resurs za proizvodnju i proučavanje bioherbicida. Pojedini kultivari pirinča pokazuju jak alelopatski potencijal na korove poput *Echinochloa crus-galli*, *Erodium cicutarium*, *Heteranthera limosa* i *Monochoria*. Ekstrakti pšenice ispoljavaju efekat na neke prouzrokovaoče bolesti, štetočine i korove poput *Chenopodium album*, *Lolium rigidum* i *Bromus japonicu*. Ekstrakt kukuruza i sirka, imaju izražen inhibicijski efekat na klijanje i razvoj divljeg ječma. Efekat zavisi od starosti biljke, pH vrednosti, sadržaja azota i ugljenika, kao i sadržaja vlage u zemljištu (Mushtaq et al., 2020). Biljke iz porodice Asteraceae, Convolvulaceae, Solanaceae, Verbenaceae su bogate alelohemikalijama (Tabela 1). Etarsko ulje *Tagetes minuta* inhibira klijanje semena i rast klijanaca korova *Chenopodium murale*, *Phalaris minor* i *Amaranthus viridis*, narušavanjem sadržaja hlorofila u navedenim korovima (Arora, 2015; Mushtaq et al., 2020). Ekstrakt lista *Ipomoea cairica* izaziva alelopatski efekat na korov *Lihularia virgaurea* i *Parthenium hysterophorus* što ga čini potencijalnim herbicidom na bazi prirodnih proizvoda (Srivastava et al., 2015).

Tabela 1: Prikaz pojedinih biljaka sa alelopatskim delovanjem i osteljive vrste korova (Soltys et al., 2013)

Biljke sa alelopatskim delovanjem	Osetljivi korovi
<i>Raphanus sativus</i> <i>Brassica sp.</i> (glukozinolazi, izotiocijanati)	<i>Sonchus asper</i>
	<i>Matricaria indora</i>
	<i>Amaranthus hybridus</i>
	<i>Convolvulus arvensis</i>
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
	<i>Cuscuta spp.</i>
	<i>Daucus carota</i>
	<i>Hirschfeldia incana</i>
<i>Sorghum bicolor</i> (sorgoleon)	<i>Phalaris minor</i>
	<i>Coronopus didymus</i>
	<i>Cyperus rotundus</i>
	<i>Solanum nigrum</i>
	<i>Amaranthus retroflexus</i>
	<i>Ambrosia artemisiiflora</i>
<i>Oryza sativa</i> , <i>Hypnum plumaeform</i> (momilakton)	<i>Echinochloa colonum</i>
	<i>Amaranthus lividus</i>
	<i>Digitaria sanguinalis</i>
	<i>Poa annua</i>
<i>Artemisia annua</i> (artemisin)	<i>Ipomea lacunose</i>
	<i>Portulaca oleracea</i>
	<i>Lemna minor</i>
<i>Piper sp.</i> (sarmentin)	<i>Leptochloa filiformis</i>
	<i>Taraxacum sp.</i>
	<i>Chenopodium album</i>
<i>Eucalyptus sp.</i> (etarsko ulje)	<i>Cassia occidentalis</i>
	<i>Lolium rigidum</i>
<i>Callistemon citrinus</i> , <i>Leptospermum scoparium</i> (leptospermon)	<i>Setaria glauca</i>
	<i>Avena sativa</i>
	<i>Brassica juncea</i>
	<i>Rumex crispus</i>

ZAKLJUČAK

Najveća prednost primene bioherbicida je odsustvo negativnog delovanja po životnu sredinu, odnosno njihova primena ne predstavlja opasnost po životnu sredinu i njene članove. Biljni ekstrakti predstavljaju širok areal različitih materijala sa bioherbicidnim efektom koji čini nepresušan izvor potencijalnih materija koje se mogu efikasno koristiti. Međutim, biološko suzbijanje korova, ne može u potpunosti zameniti konvencionalan način korišćenja hemijskih sredstava jer se javljaju ograničenja u njihovoj primeni, kao što su uticaj spoljašnjih faktora na vek trajanja kako u ambalaži, tako i u terenskim uslovima nakon tretmana. Dva najznačajnija faktora sredine jesu temperatura i vlažnost sredine od kojih u velikoj meri zavisi visina efikasnosti određenog bioherbicida. Biološka specifičnost, odnosno ispoljavanje delovanja samo na određene „target vrste, bez delovanja na neciljane organizme takođe je jedan od problema koji se javlja. Tehnološko-komercijalna ograničenja koja se ispoljavaju kod masovne proizvodnje, odnosno problemi prilikom formulacije takvih proizvoda, predstavlja možda i najveće ograničenje bioherbicidnog razvoja jer se radi o najčešće nestabilnim (ako se radi sa živim organizmima) ili lakoisparljivim materijama.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat projekta TR31027 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Albuquerque, M. B., Santos, R. C., Lima, L. M., Melo Filho, P. de A., Nogueira, R. J. M. C., Câmara, C. A. G., & Ramos, A. (2010): Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(2), 379–395. doi:10.1051/agro/2010031.
- Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Solarin, S. A. (2016): Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in seven regions: The role of renewable energy. *Ecological Indicators*, 67, 267–282. doi:10.1016/j.ecolind.2016.02.059.
- Anjum, T., & Bajwa, R. (2007): The effect of sunflower leaf extracts on *Chenopodium album* in wheat fields in Pakistan. *Crop Protection*, 26(9), 1390–1394. doi:10.1016/j.cropro.2006.11.012.
- Arora, K., Batish, D. R., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2015): Allelopathic potential of the essential oil of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) against some invasive weeds. *Journal of Environmental and Agricultural Sciences*, 3, 56–60.

- Baličević, R., Ravlić, M., Živković, T. (2015): Allelopathic effect of invasive species giant goldenrod (*Solidago gigantea* ait.) on crops and weeds*, *Herbologia*, Vol. 15, No. 1, 2015.
- Bruneton, J., (1999): *Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants: Essential Oils*, 2nd ed. Lavoisier, Publishing, New York, pp. 461-780.
- Carson, R (1962): *Silent Spring*. Houghton Mifflin, Boston, 368 pp.
- Charudattan, R. (2005): Ecological, Practical, and Political Inputs into Selection of Weed Targets: What Makes A Good Biological Control Target? *Biological Control*; 35(3) 183–196.
- Cheema, Z.A., M. Farooq and A. Khaliq, (2012): Application of allelopathy in crop production: success story from Pakistan. In: *Allelopathy: Current Trends and Future Applications*, pp: 113–143. Cheema, Z.A., M. Farooq and A. Wahid (eds.). Springer: Verlag Berlin, Heidelberg, Germany.
- Davis, R.F., (1928): The toxic principle of *Juglans nigra* as identified with synthetic juglone and its toxic effects on tomato, and alfalfa plants. *Am. J. Bot.* 15, 620.
- Dias, A.S., Dias, L.S. (2000): Effects of drought on allelopathic activity of *Datura stramonium* L. *Allelopathy J*, 7: 273-277.
- Farmakopeja SFRJ, Ph. Jug. III; Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu.
- Hu, F., Kong, C-H. (2002): Allelopathic potentials of *Arachis hypogaea* on crops. *J South China Agr Univ* , 23: 9-12. (in Chinese with English abstract).
- Irshad, A., Cheema, Z.A.. (2005): Comparative efficacy of sorghum allelopathic potential for controlling barnyardgrass in rice. *Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy*, Wagga Wagga, New South Wales, Australia.
- Khan, E.A., Khakwani, A.A., & Ghazanfarullah, A. (2015): Effects of allelopathic chemicals extracted from various plant leaves on weed control and wheat crop productivity. *Pakistan Journal of Botany*, 47(2), 735-740.
- Kong, C.H., Hu, F., Xu, X.H. (2002): Allelopathic potential and chemical constituents of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *J Chem Ecol*, 28: 1173-1182.
- Kovačević, J. (1979): *Poljoprivredna fitocenologija*. II izdanje, SNL, Zagreb.
- Li, Z.-H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.-D., Jiang, D.-A. (2010): Phenolics and Plant Allelopathy. *Molecules*, 15, 12, 8933–8952. doi:10.3390/molecules15128933.
- Martins, N., Barros L., Henriques M., Silva S., Ferreira I. C. F. R. (2015): Activity of phenolic compounds from plant origin against *Candida* species. *Industrial Crops and Products*, 74: 648-670.
- Mattner, S. W., Porter, I. J., Gounder, R. K., Shanks, A. L., Wren, D. J., & Allen, D. (2008): Factors that impact on the ability of biofumigants to suppress fungal pathogens and weeds of strawberry. *Crop Protection*, 27(8), 1165–1173. doi:10.1016/j.cropro.2008.02.002.
- Mushtaq, W., Siddiqui, M. B., & Hakeem, K. R. (2020): Allelopathy. *Springer-Briefs in Agriculture*. doi:10.1007/978-3-030-40807-7.

- Naeem, M., Cheema, Z.A., Ihsan, M., Hussain, Y., Mazari, A., Abbas, H.T. (2018): Allelopathic Effects of Different Plant Water Extracts on Yield and Weeds of Wheat; *Planta Daninha*, 36; doi.org/10.1590/s0100-83582018360100094.
- Narwal, S. S. (2004): *Allelopathy in Crop Production*, Scientific Publishers, Jodhpur.
- Pacanoski, Z. (2015): *Bioherbicides. Herbicides, Physiology of Action, and Safety*. doi:10.5772/61528.
- Petrović S., Maksimović Z., Kundaković T. (2009): *Analiza sastojaka biljnih droga. Priručnik za teorijsku i praktičnu nastavu iz predmeta Farmakognozija*. Farmaceutski fakultet, Beograd.
- Rice, E.L. (1974): *Allelopathy. Physiological Ecology*. New York, NY: Academic Press.
- Saha, D., Marble, S. C., & Pearson, B. J. (2018): Allelopathic Effects of Common Landscape and Nursery Mulch Materials on Weed Control. *Frontiers in Plant Science*, 9. doi:10.3389/fpls.2018.00733.
- Shabana, Y. M., Abdalla M. E., Shanin A. A., El-Sawy M. M., Draz I. S., Youssif A. W. (2017): Efficacy of plant extracts in controlling wheat leaf rust disease caused by *Puccinia triticina*. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4: 67-73.
- Shao-lin, P., Jun, W., & Qin-Feng, G. (2004): Mechanism and Active Variety of Allelochemicals, *Acta Botanica Sinica*, 46, 7, pp. 757-766.
- Soderquist, C. J. (1973): "Juglone and allelopathy". *Journal of Chemical Education*;50(11): 782–3. Bibcode:1973JChEd..50..782S. doi:10.1021/ed050p782. PMID 4747927.
- Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R., & Gniazdowski, A. (2013): Allelochemicals as Bioherbicides — Present and Perspectives. *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. doi:10.5772/56185.
- Srivastava, D., Shahi, S., & Kumar, R. (2015): Allelopathic effects of *Ipomoea cairica* (L) on noxious weed *Parthenium hysterophorus* Linn. *International Journal of Current Research in Life Sciences*, 4(12), 489–491.
- Templeton, W. (1969): *An Introduction to the Chemistry of Terpenoids and Steroids*. Butterworth and Co. Ltd, London, England, pp. 170.
- Turk, M. A., & Tawaha, A. M. (2003): Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). *Crop Protection*, 22(4), 673–677. doi:10.1016/s0261-2194(02)00241-7.
- Van Driesche, R.G., Bellows (1996): *Biological Control*, Chapman & Holl. Int. Thompson Publ., New York, Washington, 539 pp.
- Vuković, S., Šunjka, D., Indić, D., Gvozdenac, S. (2013): Botanički fungicidi i herbicidi od značaja za poljoprivredu; *Biljni lekar*, 4, pp. 451-458.
- Yentema, O., Alioune, O., Dorosso, A. (2007): Chemical Composition and Physical Characteristics of the Essential Oil of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng of Burkina Faso, *Journal of Applied Sciences*, 7, 4, pp 503-506.
- Zimdahl, R. L. (2018): *Allelopathy. Fundamentals of Weed Science*, 253–270. doi:10.1016/b978-0-12-811143-7.00009-3.

Abstract

ALLELOPATHIC PROPERTIES OF PLANT EXTRACTS AS POTENTIAL BIOHERBICIDES

Dragana Boskovic

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad

e-mail: dragana.boskovic@polj.edu.rs

Weeds are constant companions of plant production. For their control chemical substances, ie herbicides are used. In addition to a number of properties, the use of herbicides has numerous consequences, for the living world and for the environment, as well. Considering their negative effects, there is a need to find alternative methods of weed control. In recent decades, numerous researches have been done within the framework of biologically and eco-friendlier acceptable ways of controlling various pests, including weeds. Bioherbicides are compounds that contain microorganisms (such as bacteria or fungi), products of their metabolism, or plant extracts that have an effect on certain weed species. In this paper, the application of plant extracts that show allelopathic effects, as potential bioherbicides, in modern agricultural production, will be discussed.

Key words: plant extracts, weeds, bioherbicides