

PRIMENA ALTERNATIVNIH METODA ZAŠTITE USEVA U ODRŽIVOJ POLJOPRIVREDI

Marijenka Tabaković^{*1}, Vesna Dragičević¹, Ratibor Štrbanović², Živković Ivana³, Milan Brankov¹, Sveto Rakić⁴, Violeta Oro²

Izvod

Globalno zagrevanje, zagađenje životne sredine, gubitak biološke raznolikosti biljnih vrsta su pojave koje pokreću nove trendove i debate o ljudskom društvu. Održivi razvoj je novi koncept u svetu koji treba da zadovolji potrebe ljudskog društva uz očuvanje i unapređenje prirodnih resursa. Indikatori održivog razvoja su glavni alati u sprovođenju mera očuvanja prirodnih resursa. U poljoprivredi jedan od indikatora su štete nastale primenom sintetičkih sredstava. Primena novih tehnologija bez upotrebe hemijskih agenasa u zaštiti useva je mera koja treba da umanjí nastale ekološke gubitke. Etarska ulja su jedan od najznačajniji prirodnih metabolita, sekundarni produkti aromatičnih biljaka koji se uspešno koriste kao biopesticidi. Biološka aktivnost etarskih ulja u poljoprivredi ima antimikrobno i herbicidno dejstvo. Efekti ulja zavise od pojedinačnih bioaktivnih komponenti. U prirodi igraju važnu ulogu u zaštiti biljaka kao antibakterijski, anti-virusni, antifungalni, insekticidni agensi. Kod većine korova, ulja kao tipični lipofili, prolaze kroz ćelijski zid citoplazmatske membrane, remete strukturu njihovih različitih slojeva polisaharida, masnih kiselina i fosfolipida i permeabiliziraju ih. Štete od primene eteričnih ulja (EU) na biljkama ogledaju se kroz hloroze, nekroze i inhibicije rasta. Značaj upotrebe ulja i drugih prirodnih metabolita ukazuje na njihovu upotrebnu vrednost u održivoj poljoprivredi iako fiziološka aktivnost ulja još uvek nije dovoljno istražena.

Ključne reči: aromatične biljke, metaboliti, biološka aktivnost

Uvod

Održivi razvoj je već duže vreme važna tema međunarodne debate o ljudskom društvu i njegovoj budućnosti. To je koncept koji je razvijen sa ciljem da se svima obezbedi dostojanstven život u društvu (Wichaisri i Sopadang, 2018). Termin nema jednoznačnu definiciju u literaturi. Šta je održivi razvoj i kako ga definisati? Svetska komisija za životnu sre-

dinu i razvoj „Brundtland Commission“ (bivša UN World Commission on Environment and Development) definiše „da je to zadovoljenje svoje potrebe, sposobnost da se razvoj učini održivim – da se osigura da on ispunjava potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da upoznaju svoje sopstvene potrebe“ (Grafikon 1).

Pregledni naučni rad (Review Paper)

¹ Tabaković M, Dragičević V, Brankov M, Institut za kukuruz Zemun Polje, Slobodana Bajića 1, 11185 Beograd-Zemun, Srbija

² Štrbanović R, Oro V, Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Teodora Drajzera 9, 11040 Beograd, Srbija

³ Živković I, Institut za povrtarstvo, Karađorđeva 71, 11420 Smederevska Palanka

⁴ Rakić S, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun, Srbija

*e-mail: mtabakovic@mripz.rs



Grafikon 1. Ciljevi održive poljoprivrede

Figure 1. Aims of sustainable agriculture

Shodno tome, neophodno je imati alate i indikatore pogodne za prepoznavanje održivosti. Glavni koncept održivog razvoja je očuvanje životne sredine. Ovim konceptom je došlo do pomirenja dve naizgled suprotne strane, stalni ekonomski razvoj društva na jednoj strani i očuvanje životne sredine i njenih vrednosti na drugoj. U okviru ciljeva održivog razvoja posebno mesto zauzima poljoprivreda.

Poljoprivreda je grana privrede koja je u Srbiji široko rasprostranjena, sa različitim nivoima tehnološkog razvoja, od ekstenzivnog do intenzivnog. Nivo zagađenja i posledica na životnu sredinu pod uticajem poljoprivredne proizvodnje može biti različit. Izazovi sa kojima se suočava savremena poljoprivredna proizvodnja u kontekstu tehnološkog razvoja doprineli su ubrzanom intenziviranju proi-

zvodnje, ali i povećanoj zabrinutosti oko održavanja prirodne ravnoteže obradivog zemljišta i kvaliteta proizvoda (Maxted et al., 2012). Poljoprivreda današnjice odlikuje se intenzivnom ratarskom proizvodnjom koju prati opšti pad biodiverziteta, loša struktura i zagađenje tla, nedostatak hranljivih sastojaka u zemljištu, velika emisija gasova i sve veća upotreba sintetičkih sirovina, herbicida, pesticida i đubriva (Tabaković i sar., 2017).

U cilju smanjenja upotrebe sintetičkih sredstava u zaštiti poljoprivrednih useva, uvode se nova, biološka sredstva. Ulja su jedna od najznačajnijih prirodnih metabolita koji se koriste u poljoprivredi kao biopesticidi. Ove prirodne susptance prepoznate su kao izvor novih mogućnosti i razvoja tehnologija koje mogu doprineti održivom razvoju u poljoprivredi.

Istorija primene ulja i njegov hemijski sastav

Upotreba ulja ima dugu istoriju, pre svega u medicini, a sa povećanom brigom o očuvanju prirodnih resursa njihova upotreba je sve češća u poljoprivredi kao fungicida i herbicida. Zbog svoje složene hemijske strukture eterična ulja (EU) su našla široku primenu u zaštiti use-

va od patogena i korova (Cordeau et al., 2016). Vekovima su ih koristile mnoge kulture širom sveta u različite svrhe. Prva upotreba aromatičnih ulja zabeležena je u tradicionalnoj kineskoj i indijskoj medicini između 3000. i 2000. godine pre nove ere. Pisana istorija Kine i Indije na-

vodi više od 700 različitih supstanci poreklom od biljnih ulja. U 18. i 19. veku, hemičari su dokumentovali aktivne komponente lekovitih biljaka i identifikovali mnoge supstance kao što su kofein, kinin, morfin i atropin, za koje se smatralo da igraju važnu ulogu u njihovim biološkim efektima.

Kao što je opšte poznato, hemijski sastav biljnih EU je uglavnom predstavljen terpenima i to mono- i seskviterpenskim ugljovodonici-ma i njihovim oksigenisanim derivatima, sa alifatičnim aldehidima, alkoholima i estrima. U hemijskom sastavu ulja učestvuje veliki broj komponenti, (20-60). Glavne komponente EU predstavljene su sa dva ili tri jedinjenja koje čine preko 70% učešća. Ostale komponente su prisutne u tragovima (Bakkali et al., 2008).

Hemijski profil bilo kog EU je usko povezan sa procedurom ekstrakcije koja se sprovodi i stoga je odabir odgovarajuće metode ekstrakcije veoma važan. U skladu sa karakteristikama svakog biljnog materijala, mogu se primeniti neke specifične tehnike ekstrakcije kao destilacija vodenom parom, ekstrakcija rastvaračem, hidrodestilacija uz pomoć mikrotalasne pe-

ćnice, isparavanje arome rastvarača, mikroekstrakcija u čvrstoj fazi i direktna termička desorpcija. Na hemijski sastav ulja utiču i drugi faktori, način proizvodnje, meteorološki uslovi za vreme proizvodnje, vreme berbe, način sušenja, skladištenja (Angioni et al., 2006).

Izvori etarskih ulja su aromatične ili lekovite biljke, koje najčešće pripadaju autohtonoj flori Mediteranskog regiona ali često i balkanskih zemalja. Ulja su metaboliti koje ove biljke sintetišu u svim delovima biljke: cvet, list, stablo, koren. Pripadaju velikom broju familija ali najveći broj pripada porodici *Lamiaceae*. *Lamiaceae* imaju herbicidnu aktivnost zahvaljujući prisustvu pojedinih komponenti: a-pinen, limonen, 1,8-cineol, karvakrol, kamfor i timol (Hazrati et al., 2017) (Grafikon 2). Herbicidi na bazi EU poseduju mnoge prednosti u odnosu na hemijske herbicide. Oni su ekološki, imaju brzu biorazgradnju, različite mehanizme delovanja na korove, poboljšavaju oprašivanje delujući kao atraktantni ili kao repelenti (Blazquez, 2014). Danas su ove prirodne materije prepoznate u razvoju novih tehnologija u održivoj poljoprivredi.



Grafikon 2. Glavne komponente hemijskog sastava eteričnih ulja

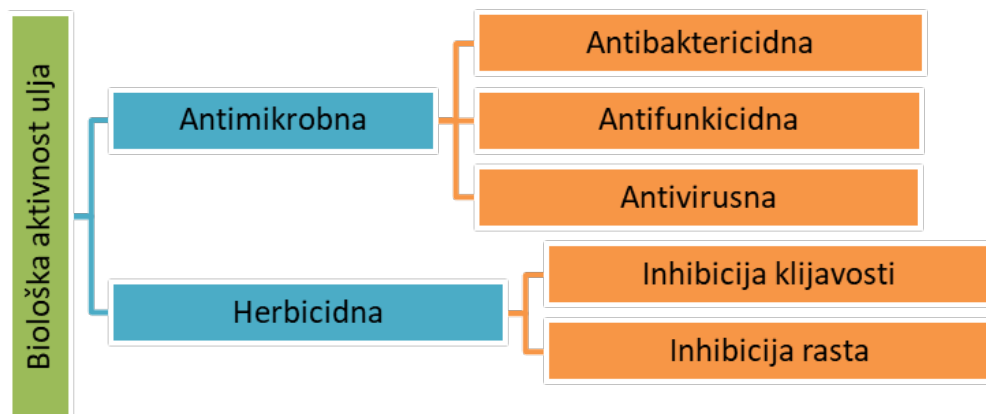
Figure 2. The main components of the chemical composition of essential oils

Primena esencijalnih ulja u poljoprivredi

Aktivnost ulja u poljoprivredi može da se podeli na antimikrobnu i herbicidnu (Grafikon 3). Većina antimikrobnih aktivnosti zavisi od pojedinačnih bioaktivnih komponenti koje su u stanju da inhibiraju rast ili potpuno suzbiju razvoj patogena. Zapravo, nekoliko studija je objasnilo da sinergijski efekat između dva ili više hemijskih sastojaka može imati karakterističnu ulogu u biološkoj aktivnosti EU (Ultee et al., 2002). U prirodi igraju važnu ulogu u

zaštiti biljaka kao antibakterijski, antivirusni, antifungalni, insekticidni agensi kao i u inhibiranju rasta sadnica i klijanju semena.

Zbog velikog broja sastojaka, suštinski izgleda da ulja nemaju specifične ćelijske mete (Carson et al., 2002). Kod većine korova, ulja kao tipični lipofili, prolaze kroz ćelijski zid citoplazmatske membrane, remete strukturu njihovih različitih slojeva polisaharida, masnih kiselina i fosfolipida i permeabiliziraju ih.



Grafikon 3. Biološka aktivnost ulja

Figure 3. Biological activity of oil

Antimikrobna aktivnost

Fenolna jedinjenja, koja su prisutna u EU, generalno pokazuju antimikrobnu aktivnost protiv gram-pozitivnih bakterija. Njihov efekat zavisi od količine prisutnog jedinjenja. U većim koncentracijama mogu da denaturišu proteine (Tiwari et al., 2009). Većina terpena ne poseduje visoke inherentne antimikrobne aktivnosti. Terpeni kao što su limonen, a-pinen, b-pinen, g-terpinen d-3-karen, (+)-sabinen i a-terpinen pokazali su veoma nisku ili nikakvu antimikrobnu aktivnost protiv 25 rodova bakterija (Dorman et al. 2000; Bagamboula et al. 2004).

Timol, karvakrol, linalol, mentol, geraniol, linalil acetat, citronelal i piperiton su najčešći i poznati terpenoidi. Antimikrobna aktivnost većine terpenoida je povezana sa njihovim funkcionalnim grupama. U savremenoj industriji i proizvodnji hrane gljive predstavljaju osnovni problem kao i njihovi toksični metaboliti. Borba protiv gljiva primenom eteričnih ulja u mnogim radovima prikazana je kao uspešan tretman (Oro et al., 2020). Bolesti,

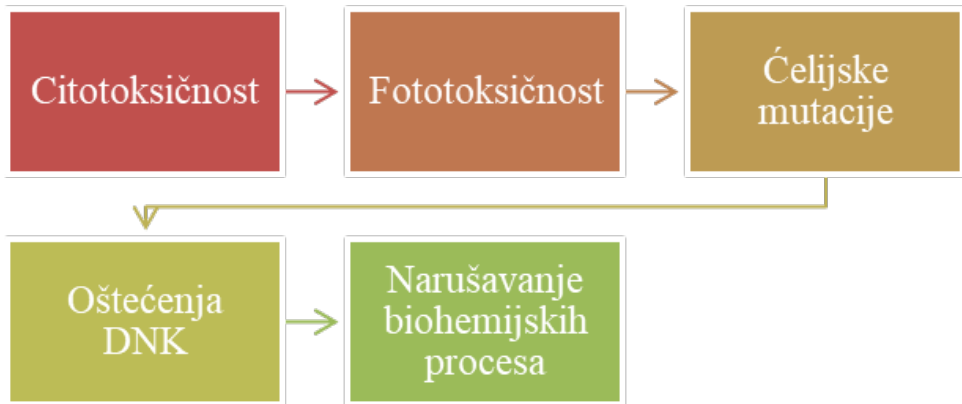
uzrokovane pre svega patogenima semena, čest su razlog smanjenja prinosa. Seme zaraženo gljivama slabije je vitalnosti i klijavosti. Gljive koje se prenose semenom ne samo da utiču na smanjenje prinosa već je zrno iz takve proizvodnje zaraženo mikotoksinima koji su prouzrokovali bolesti kod ljudi i životinja. Istraživanja sa uljem lavande (*Lavandula officinalis* L.) i mente (*Mentha piperita* L.) na semenu belog sleza (*Altea officinalis* L.), ukazuju na efikasno suzbijanje *Penicilliuma*, *Fusariuma*, *Alternarie* i *Mucora*. Primenom tretmana sa koncentracijom ulja 0,02% inhibicija rasta patogena je do 95% uz očuvanje dobre klijavosti semena. Ovi rezultati ukazuju na efikasno delovanje ulja u suzbijanju patogena i mogućnost primene prirodnih metabolita, u zamenu sintetičkih preparata, u zaštiti useva a naročito semena od patogena. Efikasnost ulja u manjim koncentracijama zavisi od vrste primenjenog ulja, koncentracije, biljne vste i njenog varijeteta (Tabaković et al., 2023).

Herbicidna aktivnost etarskih ulja

Biljke sa specifičnim svojstvima (aromatične biljke) mogu da luče različite metabolite u svom okruženju, uključujući organske kiseline rastvorljive u vodi, alkohole, aldehide, ketone, laktone, masne kiseline, poliacetilene, kinone, fenole, cimetnu kiselinu, kumarine, flavonoide, tanine, terpenoide i steroide (Soltis et al., 2013), koji inhibiraju klijanje i rast semena korova (Daian et al., 2000). Neki biljni ekstrakti specifični za kontrolu korova sprečavaju populaciju korova i ne oštećuju useve (Mendes et al., 2014). Ta jedinjenja biljnih ekstrakata su specifična za određen korov i mogu se pripisati postojanju specifičnog receptora u korovima (Hosni et al., 2013). Efekat fitotoksične prirode biljnih ekstrakata na klijavost varira u zavisnosti od veličine i propustljivosti omotača semena korova (Dayan, 2006). Eterična ulja oštećuju DNK, utiču na biohemijske procese, zaustavljaju mitozu, remete funkcije meristemskih ćelija u rastu sadnica (Zanellato et al., 2009). Njihovo dejstvo se odnosi i na oštećenja kutikule, nesklad po-

limerizacije mikrotubula, smanjenje ćelijskog disanja, depolarizaciju membrane, smanjenjem sadržaja hlorofila (Amri et al., 2013).

Masne kiseline etarskih ulja imaju širok spektar bioherbicidnih aktivnosti koje ometaju rad ćelijske membrane i rezultiraju gubitkom ćelijske aktivnosti (Lederer et al., 2004). Fenolna jedinjenja biljnih ekstrakata smanjuju aktivnost amilaze u korovima - što odlaže klijanje semena usled spore hidrolize skroba. Neka istraživanja sa uljima ukazuju na pozitivno dejstvo ulja na smanjenje dormantnosti semena. Usled smanjene inpermeabilnosti membrana, semena sa tvrdom semenjačom tretirana sa uljima imaju bolju klijavost (Terzić i sar., 2023). Uticaj herbicida na biljnoj bazi zasnovan je na izmeni metabolizma proteina. Najčešće ima za posledicu uticaj na regulaciju sinteze hlorofila b (Radhakrishnan et al., 2018). Značajan uticaj biljnih ulja na hormone rasta otkriven je u istraživanjima Lee i saradnika (2015).



Grafikon 4. Antimikrobni i herbicidni efekti esencijalnih ulja
Figure 4. Antimicrobial and herbicidal effects of essential oils

Zaključak

Brojne studije su identifikovale značajne metaboličke aktivnosti posle tretmana sa biljnim uljima, uključujući one povezane sa fotosintezom, antioksidansima, hranljivim materijama i hormonima. Uprkos činjenici da je veoma malo studija urađeno da bi se razjasnila fiziologija korova i patogena nakon tretmana biopesticidima, značaj upotrebe ulja i drugih prirodnih metabolita ukazuje na njihovu moguću upotrebnu vrednost u održivoj poljoprivredi. Prednosti etarskih ulja su što nisu toksična po sredinu, ljude i životinje, brzo se rastvaraju i nema prisustva rezidijuma. Ova jedinjenja imaju širok spektar mehanizama delovanja na korovske biljke, što smanjuje mogućnost pojave rezistencije korova. Među-

tim postoje i brojni nedostaci koje je potrebno prevazići. Najveći problem ulja je isparljivost komponenti koje ga čine nestabilnim, što umanjuje njihovo dejstvo i široku primenu u poljoprivredi. Savremeni trendovi u svetu, Zelena Agenda 2030 Evropske Unije i proširenje Agende na Zapadni Balkan, imaju za cilj da odgovore na izazove klimatskih promena i zelene neutralnosti, zbog čega istraživanja koja uključuju prirodne metabolite u zaštiti useva (etarska ulja) postaju sve interesantnija. U budućnosti je neophodno intenzivirati istraživanja koja će omogućiti njihovu širu primenu u poljoprivredi, odnosno iznaći tehnička rešenja koja će njihovu primenu učiniti dovoljno efikasnom i ekonomski opravdanom.

Zahvalnica

Istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na osnovu Ugovora o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačke orga-

nizacije br: 451-03-47/2023-01/ 200040; 451-03-47/2023-01/ 200010; 451-03-47/2023-01/ 2000116.

Literatura

- Amri I, Hamrouni, L, Hanana M, Jamoussi B (2013): Reviews on phytotoxic effects of essential oils and their individual components: news approach for weeds management. °Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol., 4: 96–114.
- Angioni A, Barra A, Coroneo V, Dessi S, Cabras P (2006): Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 4364–4370.
- Bagamboula CF; Uyttendaele M; Debevere J (2004): Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiol.*, 21: 33–42.
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M (2008): Biological effects of essential oils—a review. *Food Chem. Toxicol.*, 46(2):446-475.
- Blazquez MA (2014) Role of natural essential oils in sustainable agriculture and food preservation. *J. Sci. Res. Rep.*, 3: 1843–1860.
- Cordeau S, Triolet M, Wayman S, Steinberg C, Guillemin JP (2016): Bioherbicides: dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop Prot.*, 87: 44–49.
- Dayan FE (2006): Factors modulating the levels of the allelochemical sorgoleone in *Sorghum bicolor*. *Planta.*, 224: 339–346.
- Dorman HD, Deans SG (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.*, 88(2): 308-316.
- Hazrati H, Saharkhiz MJ, Niakousari M, Moein M (2017): Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nano-emulsion on the seed germination and

- morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 142: 423–430.
- Hosni K, Hassen I, Sebei, H, Casabianca H (2013): Secondary metabolites from *Chrysanthemum coronarium* (Garland) flowerheads: chemical composition and biological activities. *Indust. Crops. Prod.*, 44: 263–271.
- Lederer B, Fujimori T, Tsujino Y, Wakabayashi K, Booger P (2004): Phytotoxic activity of middle-chain fatty acids II: peroxidation and membrane effects. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 80: 151–156.
- Lee SM, Radhakrishnan R, Kang SM, Kim JH, Lee IY, Moon BY, Yoon BW, Lee IJ (2015): Phytotoxic mechanisms of bur cucumber seed extracts on lettuce with special reference to analysis of chloroplast proteins, phytohormones, and nutritional elements. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 122: 230–237.
- Maxted N, Kell S, Ford-Lloyd B, Dulloo E, Toledo Á (2012): Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity. *Crop Sci.*, 52(2): 774–785.
- Mendes IDS, Rezende MOO (2014): Assessment of the allelopathic effect of leaf and seed extracts of *Canavalia ensiformis* as post emergent bioherbicides: a green alternative for sustainable agriculture. *J. Environ. Sci. Health, Part B*, 49 (5): 374–380.
- Oro V, Krnjajic S, Tabakovic M, Stanojevic J, Ilic-Stojanovic S (2020): Nematicidal Activity of essential Oils on a Psychrophilic *Panagrolaimus* sp. (Nematoda: Panagrolaimidae). *Plants*, 9 (11): 1588.
- Radhakrishnan R, Alqarawi AA, Abd_Allah EF (2018): Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 158: 131–138.
- Tabaković M, Simić M, Dragičević V, Brankov, M (2017): Organska poljoprivreda u Srbiji. *Selekcija i semenarstvo*, 23(2): 45–53.
- Tabaković M, Dragičević V, Brankov M, Stanisavljević R, Poštić D, Perić, V, Oro V (2023): Primena esencijalnih ulja lavande i nane za poboljšanje osobina semena lucerke (*Medicago sativa* L.). *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 27(1): 8–12.
- Terzić D, Tabaković M, Oro V, Aleksić G, Poštić D, Štrbanović R, Stanisavljević R (2023): Impact of essential oils on seed quality and seed-borne pathogens of *Althea officinalis* seeds of different ages. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 10(1):33.
- Tiwari BK, Valdramidis VP, O'Donnel CP, Muthukumarappan K, Bourke P, Cullen PJ (2009): Application of natural antimicrobials for food preservation. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 5987–6000.
- Ultee A, Bennik MH, Moezelaar R (2002): The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68: 1561–1568.
- Wichaisri S, Sopadang A (2018): Trends and future directions in sustainable development. *Sustain. Dev.*, 26(1): 1–17.
- Zanellato M, Masciarelli E, Casorri L, Boccia P, Sturchio E, Pezzella M, Cavalieri A, Caporali F (2009): The essential oils in agriculture as an alternative strategy to herbicides: a case study. *Int. J. Environ. Health*, 3: 198–213.

APPLICATION OF ALTERNATIVE METHODS OF CROP PROTECTION IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Marijenka Tabaković, Vesna Dragičević, Ratibor Štrbanović, Živković Ivana,
Milan Brankov, Sveto Rakić, Violeta Oro

Summary

Environmental problems such as global warming, pollution, and the decline of plant species biodiversity are leading to new social trends and discussions. A relatively new idea of global sustainable development aims to meet societal demands while protecting and enhancing natural resources. The main tools used in the implementation of natural resource protection measures are sustainable development indicators. One of these indicators is the damage caused by the use of synthetic chemicals in agriculture. In Serbia, agriculture is an important sector of the economy with different levels of technological progress, from extensive to intensive. The degree of pollution and its impact on the environment varies according to agricultural production. The challenges faced by modern agricultural production in conditions of technological progress have led to the intensification of production, but have also caused concern about maintaining the natural balance of cultivated land and product quality. The application of innovative technologies for crop protection without the use of chemical agents is a step that should reduce the environmental damage caused. Among the most important natural metabolites and secondary products of aromatic plants used as biopesticides are essential oils. The biological activities of essential oils (EOs) in agriculture have antimicrobial and herbicidal effects. The various bioactive components of the oil determine its action. In nature, they play an important role in protecting plants from bacteria, fungi, viruses and insects. In most weeds, the oils penetrate the cytoplasmic membrane of the cell as typical lipophiles and cause its multilayers of polysaccharides, fatty acids and phospholipids to lose their structure and become permeable. Chlorosis, necrosis, and growth inhibition are symptoms of damage caused by the application of essential oils to plants. Although the physiological effects of the oil are not yet well studied, the importance of its use and other natural metabolites indicates its value for sustainable agriculture.

Key words: aromatic plants, metabolites, biological activity

Primljen: 29.05.2023.

Prihvaćen: 09.06.2023.