

Suzbijanje korova u usevu pšenice primenom herbicida i biljnih ekstrata: razrada metoda za utvrđivanje efikasnosti ekstrata

SAŽETAK

Mogućnost i postizanje dobre efikasnosti u kontroli korova je za poljoprivrednu praksu veoma važan faktor. Fokus, na proizvodnju zdrave i bezbedne hrane, koji nameće savremeni pravac sistema gajenja biljaka, isključuje upotrebu herbicida. Proizvodnja zdrave hrane, očuvanje životne sredine, briga o zdravlju humane populacije i postizanje dobrih ekonomskih rezultata gura u prvi plan proizvodnju i primenu bioherbicida. Na poljoprivrednim površinama u sistemu biljne proizvodnje, pored brojnih patogena i štetočina, može se naći nekoliko desetina različitih vrsta korova. Neke korovske vrste su specifični pratioci određenih useva i postigli su visok nivo konkurentnosti u odnosu na isti. Uklanjanje korova se najčešće obavljalo primenom herbicida. Danas se sve više primenjuje sistem integralne proizvodnje, posebno sistem organskog uzgajanja useva. Zbog toga je cilj izvedenih istraživanja bio da se ispita i izmeri herbicidni potencijal biljnih ekstrata u kontroli korova u usevu pšenice. Testirana je efikasnost različitih koncentracija (1, 5, 10 i 20%) vodenih ekstrata *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense* za suzbijanje korovskih vrsta: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*. Efikasnost primenjenih ekstrata je praćena merenjem parametara: relativni i ukupni sadržaj hlorofila, sadržaj biljnih pigmenata, fluorescencija hlorofila i sadržaj šikiminske kiseline. Primenjene su metode za evaluaciju efikasnosti herbicida različitog mehanizma delovanja (inhibitori acetolaktat sintetaze, inhibitori fotosistema i inhibitori šikiminske kiseline): očitavanje relativnog sadržaja hlorofila, ekstrakcija hlorofila *a*, *b* i karotenoida, merenje fluorescencije hlorofila i merenje sadržaja (ekstrakcija) šikiminske kiseline. Dobijeni rezultati su pokazali da oba ekstrata imaju herbicidni potencijal. Kao najpouzdaniji parametri za merenje efikasnosti ekstrata su se pokazali: ukupan hlorofil, fluorescencija hlorofila i šikiminska kiselina. Kao najpouzdanije metode izdvojile su se: ekstrakcija hlorofila, fluorescencija hlorofila i merenje sadržaja šikiminske kiseline. Najveća efikasnost ekstrata je ispoljena na vrste *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*. Međutim, bezbedan za usev pšenice i efikasan za pojedine korovske vrste izdvojio se biljni ekstrat *Sorghum halepense*.

Ključne reči: biljni ekstrati, biljni pigmenti, fluorescencija hlorofila, šikiminska kiselina, suzbijanje korova, pšenica.

Weed control in wheat crops using herbicides and plant extracts: development of methods for determining the effectiveness of extracts

ABSTRACT

The ability and achievement of good efficiency in weed control is a very important factor for agricultural practice. The focus, on the production of healthy and safe food, which is imposed by the modern direction of the plant growing system, excludes the use of herbicides. The production of healthy food, preservation of the environment, care for the health of the human population and the achievement of good economic results push the production and application of bioherbicides to the fore. In addition to numerous pathogens and pests, several dozen different types of weeds can be found on agricultural land in the plant production system. Some weed species are specific companions of certain crops and have achieved a high level of competitiveness in relation to the same. Weed removal was most often done using herbicides. Today, the system of integrated weed management is being applied more and more, especially the system of organic crop cultivation. Therefore, the aim of the performed research was to examine and measure the herbicidal potential of plant extracts in weed control in wheat crops. The efficiency of different concentrations (1, 5, 10 and 20%) of aqueous extracts of *Ambrosia artemisiifolia* and *Sorghum halepense* for the control of weed species: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* and *Convolvulus arvensis* was tested. The efficiency of the applied extracts was monitored by measuring the parameters: relative and total chlorophyll content, plant pigment content, chlorophyll fluorescence and shikimic acid content. Methods were used to evaluate the efficacy of herbicides of different mechanism of action (acetolactate synthetase inhibitors, photosystem inhibitors and shikimic acid inhibitors): reading of relative chlorophyll content, extraction of chlorophyll *a*, *b* and carotenoids, measurement of chlorophyll fluorescence and measurement of shikimic acid content. The obtained results showed that both extracts have herbicidal potential. The most reliable parameters for measuring the efficiency of the extract were: total chlorophyll, chlorophyll fluorescence and shikimic acid. The most reliable methods were: chlorophyll extraction, chlorophyll fluorescence and measurement of shikimic acid content. The highest efficiency of the extract was shown on the species *Bromus rigidus* and *Convolvulus arvensis*. However, only the plant extract *Sorghum halepense* stood out, which is safe for wheat crops and effective for certain weed species.

Keywords: plant extracts, plant, chlorophyll fluorescence, shikimic acid, weed control, wheat.

SADRŽAJ

1.0.	Uvod	5
2.0.	Pregled literature	7
2.1.	Savremena poljoprivredna proizvodnja i Libija	7
2.2.	Korov vs usev	14
2.2.1.	Korov vs pšenica	16
2.3	Kontrola korova	20
2.3.1.	Mere uklanjanja korova bez primene herbicida	21
2.3.2.	Mere uklanjanja korova primenom herbicida	22
2.3.3.	Uklanjanja korova primenom bioherbicida	25
3.0.	Materijal i metode	27
3.1.	Poljski ogledi	27
3.2.	Ogledi u laboratoriji	27
3.2.1.	Merenje sadržaja suve mase	30
3.2.2.	Merenje sposobnosti klijanja - Biotest u Petri posudama	30
3.2.3.	Promene sadržaja i aktivnosti hlorofila	31
3.2.3.1.	SPAD očitavanje – relativni sadržaj hlorofila	31
3.2.3.2	Ekstrakcija hlorofila – sadržaj: hlorofila <i>a</i> i <i>b</i> , ukupnog hlorofila i karotenoida	32
3.2.3.3.	Fluorescencija hlorofila	32
3.2.4.	Merenje sadržaj šikiminske kiseline	33
4.0.	Rezultati	34
4.1.	Poljski ogledi	34
4.2.	Ogledi u laboratoriji	35
4.2.1.	Merenje sadržaja suve mase	35
4.2.2.	Merenje sposobnosti klijanja – Biotest u Petri posudama	40
4.2.3.	Promene sadržaja i aktivnosti hlorofila	42
4.2.3.1.	SPAD očitavanje – relativni sadržaj hlorofila	42
4.2.3.2.	Ekstrakcija hlorofila	45
4.2.3.3.	Fluorescencija hlorofila	52
4.2.4.	Sadržaj šikiminske kiseline	63

5.0.	Diskusija	68
5.1.	Poljski ogledi	69
5.2.	Ogledi u laboratoriji	71
5.2.1.	Sadržaj suve mase	72
5.2.2.	Biotest u Petri posudama	73
5.2.3	Sadržaj i aktivnost hlorofila	75
5.2.3.1.	SPAD očitavanje	77
5.2.3.2.	Ekstrakcija hlorofila	78
5.2.3.3	Fluorescencija hlorofila	82
5.2.4.	Sadržaj šikiminske kiseline	87
6.0.	Zaključak	89
7.0.	Literatura	92

1.0. UVOD

Poljoprivredna proizvodnja sa ciljem proizvodnje, dovoljne količine hrane za sve ljude u svetu je teško ostvariva. U razvijenim zemljama gajenje useva i proizvodnja hrane je odavno organizovana po sistemu integralne proizvodnje i sve se više primenjuje sistem organskog načina uzgoja useva. Integralni pristup proizvodnje podrazumeva međusobno dopunjujuće tehnologije (Lindquist i sar., 1998), odnosno preventivne i direktne mere kojima će se obezbediti prednost usevu u odnosu na korove (Swanton i sar., 1999). Organska proizvodnja u praktičnoj primeni daje rezultate, ali još uvek postoje prepreke za njenu primenu na velikim površinama (Li i Kremer, 2000). Razvoj i uvođenje bioherbicida će mnogo olakšati proizvodnju, posebno u povrtarstvu. Iako bioherbicidi postižu nižu efikasnost oni poseduju visoku specifičnost za određenu korovsku vrstu. Prvi eksperimenti u suzbijanju korova izvedeni su u Americi 60-ih (*Rumex* spp., Inman, 1971) i u Čileu 70-ih godina prošlog veka (*Rubus* spp., Oehrens, 1977). Međutim, razvoj i primena bioherbicida su ograničeni nedostatkom: finansija, tržišne potražnje, praktičnih činjenica o postojanosti i dužini delovanja (Barton, 2005; Filajdić i sar., 2003). Nauka i praksa stalno istražuju nove mogućnosti uklanjanja korova sa poljoprivrednih površina, jer korovi nanose ozbiljne štete poljoprivrednoj proizvodnji. Korovske biljke su u borbi za opstanak vremenom stekle niz bioloških i ekoloških osobina, koje ih čine znatno otpornijim u odnosu na gajeni usev. Oni putem brojnosti, prostornog rasporeda, boljeg iskorišćavanja hranljivih materija, dužinom vegetacije i drugo stoje u direktnoj konkurenciji sa gajenom biljkom. Štete od prisustva korova se mere prinosom useva i najbolje procenjuje u sistemu organske proizvodnje (Barberi, 2002). Kao najvažniji i osnovni izvor hrane humane populacije u Svetu se smatra pšenica. I u Libiji je proizvodnja bazirana na uzgajanju žitaa, ali se dosta hrane uvozi. Ekonomska i politička situacija koja se dešavala, je krajem dvadesetog veka, Libiju kao državu usmerila u pravcu industrijalizacije poljoprivrede (Whab, 2012). Zbog toga se proizvodnja zasniva na primeni herbicida i đubriva. Prvi pokušaj da se uvede sistem organske proizvodnje je bio u zoni Mediterana (Al-Bitar i sar., 2008). Međutim, danas se organskom proizvodnjom bave samo neki uzgajivači maslina i dinja (Heemskerk i Koopmanschap, 2012), a glavni razlog je slabo razvijena svest o dobrobiti organski proizvedene hrane (Whab, 2012). Na području Libije nalaze se brojne korovske vrste, ali u usevima pšenice najveći problem za ostvarenje visokih prinosa predstavljaju: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*. Generalno, nijedan način kontrole ne može da obezbedi stoprocentni nivo njihovog suzbijanja, niti da ukloni seme i vegetativne ostatake iz zemljišta (Buhler, 1999). Suzbijanje korova se može

postići izvođenjem preventivnih (plodored, setva, zaoravanje strništa i dr.) ili/i direktnih (stvaranje genotipa, gajenje međukultura, đubrenje, primena pesticida, termičke metode, biološke mere i dr.) mera (Kovačević i Momirović, 2008). Postignuta efikasnost primenjenih hemijskih i nehemijskih mera se može pratiti/meriti: ogledima u polju, merenjem suve i sveže biomase biljaka (Clark i Moss, 1989), merenjem sadržaja i fluorescencije hlorofila (Maxwell i Johnson, 2000), praćenjem promena u sadržaju šikiminske kiseline (Mueller i sar., 2003), merenjem sposobnosti klijanja (Moss, 1995) i drugo.

Imajući u vidu sve navedeno cilj ovih istraživanja je bio da se:

- ispita mogućnost primene metoda (za praćenje efikasnosti herbicida) za definisanje herbicidne aktivnosti biljnih ekstrata (*Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense*) u suzbijanju korova,
- da se identifikuju najpouzdanije metode i parametri koji oslikavaju efekat biljnih ekstrata u korovskim i gajenim biljkama,
- testira mogućnost primene ekstrata u usevu pšenice.

2.0.PREGLED LITERATURE

2.1. Savremena poljoprivredna proizvodnja i Libija

Poljoprivredna proizvodnja na globalnom nivou predstavlja neprestanu trku da se obezbedi dovoljno hrane, ali je njen lokalni karakter u suštini *visok prinos=doobar profit*. Međutim, sve više ozbiljni poljoprivredni proizvođači kao cilj postavljaju *zdrava hrana=doobar prinos*. Od proizvodnje prvog herbicida 2,4-D 1946. godine, preko najviše korišćenih, atrazina (1950) i glifosata (1947), do danas načinjeno je mnogo štete u životnoj sredini, hrana koju jedemo se smatra nezdravom, a u svetu je puno gladnih. Obezbediti dovoljno hrane za humanu populaciju na planeti je uvek bila i biće tema broj jedan. Glavni uzrok nedostatka hrane u svetu je porast broja stanovnika (1630. god. je bilo 400 miliona, 2019. god. 7,7 milijardi ljudi; 2050. god. 9,7 milijardi) (Faostat, 2020) i manjak obradivih površina. Generalno dve trećine svetske populacije ima problema sa nedostatkom hrane. Zbog toga se teži ka prenameni i proširenju određenih površina zemljišta u poljoprivredne površine. Prema statističkim podacima samo 10,6% površine zemlje u svetu je privedeno kulturi. Sprovedena istraživanja ukazuju da bi se taj broj mogao povećati za oko 20% (FAO). Ako posmatramo samo Libiju, broj stanovnika je dostigao 6.517.152 na površini od 1.759.540 km², a obrađuje se samo 2,1% zemljišta. Prema svetskoj statistici u Libiji je: 95% od ukupne površine zemljišta pustinja, 4% su travnjaci i 1% šume (FAO). Nasuprot ovome, Laytimi (2002) tvrdi da je 1,2% od celokupne površine Libije pripada obradivom zemljištu (oranice i voćni zasadi), i to uglavnom u Mediteranskom pojasu (ratarske i povrtarske kulture na oko 1,82 miliona ha). Generalno je Libija podeljena na tri oblasti: Tripolitania, Kirenaika i Fezzan. **Tripolitania** je oblast u mediteranskom pojasu i tu se gaje žita (pšenica, ječam), mahunarke (arahis, bob, sočivo i dr.), krompir, duvan i jednogodišnje krmno bilje uz obavezno navodnjavanje (Azzabi, 1993). **Kirenaika** je oblast koja obuhvata istočnu Libiju. Njen uski mediteranski pojas ima najpovoljnije klimatske uslove za poljoprivrednu proizvodnju i zbog toga predstavlja najvlažniji region u celoj zemlji. Tu se gaji povrće, žita, voće (oko 4 miliona stabala jabuke, lešnika, citrusa) i vinova loza (Al-Idrissi i sar., 1996). Treća oblast je **Fezzan**, jugozapadni deo Libije, u kojoj su uslovi za poljoprivredu najlošiji (temperaturna kolebanja tokom dana i potpuni izostanak padavina) osim u oazama (ima malo žita, povrća, maslina, urmi, smokvi). Međutim, najvažnija kultura u Libiji, kao i u svetu, je pšenica. U svetu se gaji na oko 23% poljoprivrednih površina. U razvijenim zemljama je zastupljena na oko 25%, a u nerazvijenim zemljama je ona većinski izvor hrane (oko 80%),

minerala i vitamina (www.fao.org). Vodeće zemlje u proizvodnji pšenice su: Kina (134.340.630 t), Indija (98.510.000 t), Rusija (85.863.132 t), a u Evropi je to Nemačka (deseta u svetu, 24.481.600 t) (Oishimaya, 2019). Proizvodnja u Libiji je mala i limitirana nedostatkom vode i visokim salinitetom zemljišta. Desetogodišnja analiza proizvodnje pšenice u Libiji je pokazala da se ona gaji na 200.640,3 ha sa prinosom od 157.168,2 t/ha (Tabela 1, Faostat, 2020). Međutim, ove količine nisu dovoljne i generalno se 80% od potreba za hranom se uvozi (90% su žita, FAO, 2011), jer je broj populacije od 1961. godine sa 1,5 miliona porastao na 6,5 miliona (Faostat, 2020). O velikom značaju pšenice kao važnog izvora hrane govore i podaci o zasejanim površinama u Svetu i Evropi. U 2018. godini pšenica je bila zasejana u: Svetu na 214.291.888 ha, Evropi na 60.611.179 ha, Srbiji na 643.083 ha i u Libiji na 179.558 ha (Faostat, 2020).

Tabela 1. Površine i prinosi pšenice u Libiji (Faostat, 2020)

god.	Pšenica	
	Površine (ha)	Prinos t/ha
2007.	132.000	104.000
2008.	132.000	104.000
2009.	133.000	105.000
2010.	170.148	132.239
2011.	214.745	166.000
2012.	254.596	200.000
2013.	254.783	200.000
2014.	254.970	200.000
2015.	254.869	199.774
2016.	211.568	165.712
2017.	194.364	152.125
prosek	200.640,3	157.168,2

Zbog porasta broja ljudi i male obradive površine, pesticidi i đubriva imaju važnu ulogu u poljoprivrednoj proizvodnji u Libiji. Libija kao država uvozi dosta fungicida i insekticida (Laytimi, 2005). Međutim, postizanje visokog prinosa podrazumeva i rešavanje problema prisustva korova na površinama zasejanim pšenicom. Kao i u većini zemalja proizvodnja se zasniva na primeni herbicida (pesticida). Razvijene zemlje Sveta su proizvodnju odavno organizovale po principu integralne proizvodnje, a danas sve više teže ka organskom načinu gajenja useva. Integralni pristup proizvodnje podrazumeva međusobno dopunjujuće tehnologije

(Lindquist i sar., 1998), odnosno preventivne i direktne mere (biološke, mehaničke, hemijske) kojima će se obezbediti prednost usevu u odnosu na korove (Swanton i sar., 1999). Ovakav pristup je uveden u praksu sa ciljem da se smanji upotreba herbicida i zaštiti životna sredina (Chauvel i sar., 2012). Prvo su dugi niz godina u upotrebi bili triazinski herbicidi. Omogućavali su visoku efikasnost u suzbijanju korova, ali se ubrzo javio problem sa ostacima u podzemnim vodama i razvoj rezistentnosti. Zatim počinje velika primena glifosata i sulfonilurea. Glifosat je omogućavao dobru kontrolu korova i došlo se na ideju stvaranja genetski modifikovanih useva, što se kao bumerang vratilo na zdravlje humane populacije i razvoj rezistentnosti kod korova. Eureka se smatralo uvođenje sulfonilurea herbicida. To su herbicidi visoke efikasnosti u malim količinama primene, sa povoljnim osobinama po životnu sredinu. Međutim, već posle pet godina javio se i raširio problem rezistentnosti korova. Nakon svega toga, došlo se do ideje uvođenja integralne kontrole korova. Brojnim agrotehničkim merama: oranje, vreme setve, poštovanje plodoređa, malč, gajenje združenih useva, primene kombinacije herbicida različitog mehanizma delovanja i drugo, krenulo se u proizvodnju zdrave i bezbedne hrane. Danas se akcenat stavlja na sistem organske proizvodnje hrane, odnosno kontrole korova, insekata i patogena sa biopesticidima. Iako se dosta zna, u praksi se nije pokazalo lako izvodljivim. Često su biopesticidi slabije efikasnosti od sintetičkih preparata (Johnson i Young, 2002), a neretko se postavlja pitanje njihove dugotrajnosti, postojanosti i nivoa efikasnosti (Auld i Morin, 1995). Zbog navedenih činjenica moraju se koristiti uz druge mere kontrole korova (Rajković i sar., 2010; Knežević i sar., 2013).

Prema podacima u svetu do danas je registrovana nekolicina bioherbicida: Devine, Collego, BioMal, Woad Warrior, Sarritor, Organo-Sol i dr. (Tabela 1). Najnovija istraživanja su uvela u praksu bioherbicid organskog porekla (51.98% pelargonjska kiselina) Beloukha (Belchim group).

Tabela 2. Registrovani bioherbicidi

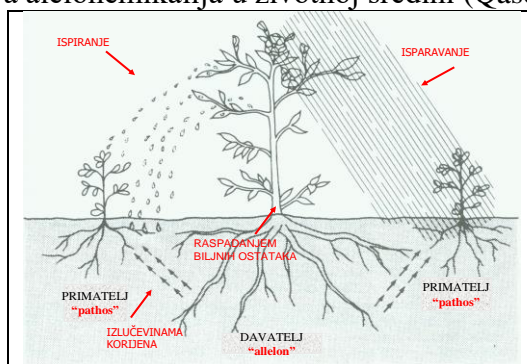
	Naziv	Sastav	Ciljani korovi
1960	<i>A.diospyri</i>	<i>Acremonium diospyri</i>	<i>Diospyros virginiana</i> L.
1963	LuBao 1	<i>Colletrichum gloeosporioides</i> f. sp. <i>cuscutae</i>	<i>Cuscuta</i> spp.
1981	DeVine®	<i>Phytophthora palmivora</i>	<i>Morrenia odorata</i> (Hook. and Arn.) Lindl.
2006	LockDown™	<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>aeschynomene</i>	<i>Aeschynomene</i> <i>virginica</i> (L.)
1983	Casst™	<i>A. cassia</i>	<i>Cassia</i> spp.
1984	ABG-5003	<i>C. rodmanii</i>	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms
1987	Dr. BioSedge®	<i>P. canaliculata</i>	<i>Cyperus esculentus</i> L.
1987	Velgo®	<i>C. coccodes</i>	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.
1992	BioMal®	<i>C. gloeosporioides</i> f. sp. <i>malvae</i>	<i>Malva pusilla</i> Sm.
1997	Stumpout™	<i>Cylindrobasidium leave</i>	<i>Poa annua</i> L. <i>A. mearnsii</i> (De Wild) <i>A. pycnantha</i> (Benth.)
1997	Biochon™	<i>Chondrostereum purpureum</i>	<i>Prunus serotina</i> (Ehrh.)
1997	Camperico®	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>poae</i>	<i>P. annua</i>
2002	Woad Warrior®	<i>P. thalaspaeos</i>	<i>Isatis tinctoria</i> L.
2007	Ecoclear™	<i>C.purpureum</i>	Hardwoods
2007	Myco-Tech™	<i>C. purpureum</i>	Deciduous tree
2007	Sarritor®	<i>S. minor</i>	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg
2008	Smolder®	<i>A. destruens</i>	<i>Cuscuta</i> spp.
2009	SolviNix™	tobacco mild green mosaic tobamovirus	<i>Solanum viarum</i>
2010	Organo-Sol®	<i>Lactobacillus</i> spp.-fermented milk	<i>Trifolium</i> , <i>Medicago</i> , <i>Oxalis</i> spp.

Modifikovano iz rada Uludag i sar., 2015.

Na osnovu analize podataka u tabeli može se konstatovati da je većina bioherbicida sastavljena od fitopatogenih mikroorganizama i njihovih produkata. Prednost bioherbicida u odnosu na komercijalne herbicide je njihova specifičnost. Često se u prirodnim sredinama (livade, sportski tereni, šumski pojasevi i dr.) teži ka suzbijanju samo određene vrste korova, a to se može postići proizvodnjom bioherbicida (Charudattan, 2001). Sa druge strane, finansijski momenat je jako važan. Istraživanja sprovedena u Australiji su pokazala da je smanjenje troškova korišćenjem bioherbicida bilo 100 do 200x u poređenju sa korišćenjem komercijalnih herbicida za suzbijanje vrste *Chondrila juncea* (Cullen, 1985). Bioherbicidi spadaju u sredstva za biološku borbu protiv korova. Generalno biološka borba podrazumeva primenu korisnih organizama (parazita, predatora, patogena, antagonista, kompetitora), produkata njihovog metabolizma (toksina, spora) ili ekstrata u kontroli štetočina (gljiva, bakterija, korova i dr.) (Frank i Gillet-Kaufman, 2012). Prva ideja primene bioherbicida javila se 60 i 70-ih godina prošlog veka (Inman, 1971; Daniel i sar., 1973; Oehrens, 1977). Urađeni su neki eksperimenti sa primenom insekata, patogena i njihovih ekstrata u jednogodišnjim usevima (Jordan i sar., 2000). Prvi eksperimenti u suzbijanju korova (*Rumex* spp.) izvedeni su u Americi 60-ih (Inman, 1971) i kupine (*Rubus* sp.) u Čileu 70-ih godina prošlog veka (Oehrens, 1977). Najviše je ispitivana primena fitopatogenih gljiva u kontroli različitih korovskih vrsta (Cullen, 1985; Hasan, 1988). Testiranje suzbijanja vrsta iz roda *Amaranthus* je pokušana sa preparatima na bazi *Microsphaeropsis amaranthi*, *Phomopsis amaranthicola* i njihovim kombinacijama (Ortiz-Ribbing i Williams, 2006). Ogledi su izvedeni u polju i kontrolisanim uslovima. Utvrđena je visoka efikasnost (80-100%) na rast i preživljavanje vrsta *Amaranthus albus* i *A. blitoides*. Generalno, biološko suzbijanje korova je još uvek u razvoju. Mali je broj bioherbicida registrovan u svetu, a još manji broj praktično dostupan na tržištu. Danas se na tržištu mogu naći: kukuruzni gluten za pre-em suzbijanje travnih i širokolisnih korova na travnjacima (McDade i sar., 2009), rastvor Vinegar u koncentraciji 5–20% (postupak se mora ponoviti jer dolazi do retrovegetacije korova) (Comis, 2013), ulja citrusa (D limone) efikasni za kutikulu na korovima i dr. Dosta faktora utiče na omasovljenu i uspešnu primenu bioherbicida: nedostatak finansija za razvoj i proizvodnju, razvoj otpornosti/rezistentnosti kod korova, nedovoljno razvijeno tržište za njih (Barton, 2005), nepoznavanje veka trajanja proizvoda, stabilnosti tokom skladištenja, dužina trajanja efekta primene i dr. (Filajdić i sar., 2003). Postoji i prirodan način direktnog delovanja korova tj. biljaka jedne vrste na biljke druge - alelopatija (Machado, 2007). Primena alelopatije smanjuje negativan uticaj poljoprivrede na životnu sredinu

(Vincenzo i sar., 2008). Uopšteno alelopatijom se definiše kao prirodni način inhibicije klijanja neke biljke eksudatom druge biljke. Direktna alelopatija predstavlja uticaj metabolita jedne biljke na razne aspekte: rast, razvoj i metabolizam druge biljke. Indirektan uticaj podrazumeva da se metabolitima menjaju osobine zemljišta, njegova hranljivost i aktivnost organizama. Na šemi 1 je prikazana pojava alelohemikalija u životnoj sredini (mogućnost indirektnog uticaja, Qasem i Foy, 2001). Biljka sa alelopatskim potencijalom hemikalije može ispuštati putem korena, ispiranjem ili isparavanjem sa lisne površine.

Šema 1. Pojava alelohemikalija u životnoj sredini (Qasem i Foy, 2001)



Prema nekim istraživanjima utvrđeno je alelopatско dejstvo 38 gajenih biljaka prema korovima i 57 gajenih biljaka prema drugim gajenim biljkama (Batish i sar., 2001). Nasuprot ovome, utvrđeno je alelopatско delovanje mnogih korova na gajene biljke. Još davne 1964. god. istraživanja sa vrstom *Sorghum halepense* su pokazala da on putem rizoma u rizosferu luči neke materije koje su uticale negativno na rast biljaka pirinča (Abdul-Wahab, 1964). Napravljeni ekstrakt od rizoma *Sorghum halepense* je u ogledima ispoljio značajno negativno delovanje na klijance korova *Amaranthus retroflexus* i *Setaria viridis* (Abdul-Wahab i Rice, 1967). Ogledi sa ekstraktima napravljenim od *Xanthium strumarium* su pokazali da ekstrakti efikasno sprečavaju rast biljaka kukuruza, uljane repice i dr. (Shajie i Safari, 2007). Primer efekta korova na korov se ogleda u efikasnom delovanju vodenog ekstrata napravljenog od listova *Ambrosia trifida* i *Ambrosia artemisiifolia* na klijanje i rast biljaka *Sorghum halepense* (Rasmussena i Einhellinga, 1979) i listova *Rumex crispus* na klijance kukuruza i sirka. Generalno se smatra da u biljkama alelopatско delovanje imaju materije: fenoli, terpenoidi, alkaloidi, steroidi, poliacetileni, etarska ulja i dr. (Rice, 1984; Inderjiti i Keating, 1999). Neka istraživanja su pokazala da u praksi postoji i

autotoksičnost useva na isti usev: *Medicago sativa* (Miller i sar., 1983), *Asparagus officinalis* (Shafer i Garrison, 1986), *Oryza sativa* (Chou, 1995), *Triticum aestivum* (Kimber, 1973), *Zea mays* (Yakle i Cruse, 1984) i povrće (Yu, 1999). U slami pšenice koja ostaje na njivi su detektovane supstance: *p*-kumarna, *p*-hidroksibenzoeva, vanilin i siringična kiseline (Guenzi i McCalla, 1966) koje negativno utiču na rast novih biljaka, često i na usvajanje hraniva iz zemljišta (Yu i Matsui, 1997).

Sušтина primene alelopatije i bioherbicida je proizvodnja hrane bez pesticida, odnosno suzbijanje korova u sistemu organske proizvodnje. Organska proizvodnja u praksi se razvija i primenjuje zadnjih dvadeset godina (Ujedinjene Nacije). Međutim još uvek postoje prepreke za njenu primenu na velikim površinama (velika i raznovrsna banka semena, promena sastava i aktivnosti mikroorganizama u zemljištu, hemijski sastav zemljišta i dr.) (Li i Kremer, 2000). Prema Mirecki i saradnicima (2011) suština organske proizvodnje je: razvoj poljoprivrede uz zaštitu životne sredine, upotreba prirodnih resursa na održiv način, očuvanje i povećanje plodnosti zemljišta i smanjenje zagađenja bilo kog oblika. Svrha je da se smanji upotreba sintetičkih pesticida i đubriva i da se korovi suzbijaju korišćenjem prirodnih biocida (Lairon, 2010). Praktično, bitno je sprečiti pojavu nove generacije semena u zemljištu (sprečiti cvetanje biljaka, čišćenje agrotehničkih mašina od semena i rizoma i dr.). Međutim, u praksi nije lako ukloniti korove i obezbediti dovoljno hraniva (posebno azota) bez primene herbicida i đubriva. Bez obzira na ovu činjenicu, sve više poljoprivrednih proizvođača prelazi na proizvodnju organske pšenice (iako se postiže 60-70% prinosa od prinosa u konvencionalnoj proizvodnji) jer sve više raste potražnja za njom (USDA, 2019). Prema podacima Faostat (2020) žetvene površine pod pšenicom u Svetu su iznosile 384 miliona hektara, od čega je 0,5% bilo u sistemu organske proizvodnje, što ukazuje na važnost ove kulture. Međutim, Libija kao država je daleko od uvođenja sistema organske proizvodnje. Donekle, mala upotreba herbicida zadovoljava kriterijum proizvodnje bez pesticida, ali prinosi nisu zadovoljavajući. Danas se u Libiji organskom proizvodnjom bave neki uzgajivači maslina i dinja (izvoz u Francusku u vreme božićnih i novogodišnjih praznika) (Heemskerk i Koopmanschap, 2012). Generalno politička i ekonomska izolacija, rast prihoda od nafte i rast urbanog stanovništva je usmerilo Libiju, krajem dvadesetog veka, u pravcu industrijalizacije poljoprivrede (Whab, 2012). Prvi pokušaji da se sistem organske proizvodnje uvede su bili u Mediteranskoj zoni Libije (Al-Bitar, 2008). Međutim, najveći problem predstavlja

nerazvijena svest o dobrobiti organski proizvedene hrane, odnosno nedostatak informacija (Whab, 2012). Susedne države (Maroko, J. Afrika i Tunis) već uveliko imaju sertifikovanu organsku proizvodnju sa izvozom na međunarodno tržište (IFOAM, 2006; Yussefi, 2006). Smatra se da je organska proizvodnja u fazi začetka i da će biti potrebno dosta uložiti u edukaciju farmera i u infrastrukturnu podršku (transport, plasiranje, čuvanje proizvoda, tržište i dr.) (Whab, 2012).

2.2. Korov vs usev

Korovi nanose ozbiljne štete poljoprivrednoj proizvodnji i biodiverzitetu. Sve biljke posredstvom gustine, prostornog rasporeda i dužine životnog ciklusa stoje u direktnoj konkurenciji za prirodne resurse (vodu, hranljive materije, svetlost i dr.). Najizraženija konkurencija se ispoljava prema iskorišćavanju svetlosti. Ogleda se u dužini korena, visini nadzemnog izdanka, broja listova, cvetova i plodova, veličine i položaja lisne površine, mase, prinosa i dr. Apsorbovanu svetlost biljke koriste za fotohemijske reakcije, rastenje, razviće i pokrete. Međutim, ozbiljne gubitke prinosa može izazvati jača konkurentna sposobnost korova za usvajanje hranljivih elemenata. Uloga hranljivih (hemijskih) elemenata je višestruka: utiču na izgradnju organskih jedinjenja, katališu brojne biohemijske procese u biljkama, regulišu pH i osmotski potencijal ćelijskog soka, učestvuju u izgradnji membrane i ćelijskog zida i dr. U biljkama su zastupljeni mikro i makro elementi. U proseku suva materija biljaka sadrži: 45% ugljenika (C), 42% kiseonika (O₂), 6,5% vodonika (H), 1,5% azota (N) i 5% mineralnih elemenata (Petrović i Kastori, 1992). U agrofitocenoza je važno voditi računa o makroelementima, jer to može biti limitirajući faktor za optimalan rast i razvoj useva. Prema nekim istraživanjima korovi potroše usevima 47% N, 42% P, 50% K, 39% Ca i 24% Mg. Na površinama sa intenzivnim sistemima biljne proizvodnje može se naći desetina, a u ekstenzivnim sistemima i nekoliko desetina različitih vrsta korova. Mnoge korovske vrste su stalni pratioci određenih useva i postigli su visok nivo konkurentnosti u odnosu na usev. Korovske biljke su u borbi za opstanak vremenom stekle niz bioloških i ekoloških osobina, koje ih čine znatno otpornijim u odnosu na gajeni usev. Christesen (1993) je najjednostavnije opisao odnos između biljaka i podelio ih u tri osnovne grupe: pozitivan, negativan i neutralan. Prema Burkholder (1952) postoje više kategorija interakcija među biljkama: neutralizam (nema uticaja populacija jedne na drugu), neposredna interakcija (suprotstavljene populacije), kompeticija za resurse (nema suprotstavljanja već samo konkurencija za resurse), amensalizam (populacija onemogućava razvoj druge populacije ali bez ispoljavanja negativnih

efekata), parazitizam, grabljivice, komensalizam (ujedinjavanje dve populacije pri čemu samo jedna ima korist), protokooperacija (uzajamno delovanje koje može biti povoljno za obe vrste, ali i ne mora) i mutualizam (uzajamno delovanje koje mora biti povoljno za obe vrste). Odnos korova i gajenih biljaka u agrofitocenoza je posebno važan i interesantan, jer je životni prostor ograničen i prilagođen gajenim biljkama. Zbog toga kao rezultat imamo visoko izraženu konkurentsku borbu između korova i gajenih biljaka. Iako je položaj korova “inferioran” oni često bolje koriste životne uslove na staništu. U ovakvim zajednicama se ispoljava konkurencija za prirodne resurse (vodu, svetlost, hranljive materije u zemljištu) i prostor (Radošević i sar., 1997). Deficit vlage utiče na usev (smanjenje prinosa) i na korov (redukovani rast i vigor). Generalno biljke svojom aktivnošću učestvuju u kretanju vode između atmosfere i zemljišta (Dillman, 1931), a nedostatku iste se prilagođavaju različitim mehanizmima (Radošević i sar., 1997). U tabeli 3 (Dillman, 1931) su prikazane potrebe za vodom i hranljivim elementima pšenice i nekih korova da bi proizvele 0,454 kg suve mase.

Tabela 3. Potrebe pšenice i korova (Dillman, 1931)

Biljke	Voda (L)	Azot (kg)	Fosfor (kg)
Pšenica	227	5,5	1,2
<i>Chenopodium album</i>	300	7,6	1,6
<i>Amaranthus retroflexus</i>	132-139	5,1	1,4

Generalno štete izazvane prisustvom korova se mere prinosom useva a najbolje ispoljavaju u sistemu organske proizvodnje (Barberi, 2002). Korovi zbog izraženije konkurentnosti mogu smanjiti prinos pšenice 9,50-16,05% (Jalis i Muhammed, 1980), ali i negativno uticati na kvalitet npr. brašna (*Agrostema githago*). Istraživanja urađena na teritoriji Australije su pokazala da je gubitak prinosa u usevima žita 2,7 miliona tona zrna (Llewellyn i sar., 2016), dok je u Indiji procentualno izmereno 19% od ukupne nacionalne proizvodnje (Gharde i sar., 2018). Istraživanja sprovedena na svetskom nivou kažu da je prinos pšenice smanjen 23% zbog prisustva korova, ali da je realan gubitak manji od 8% (Oerke, 2006). Khan i Hag (2002) daju globalnu sliku šteta koje prouzrokuju korovi. Prema njihovim ogledima travne vrste nanose gubitke 30%, širokolisne 24% i njihova kombinacija 48%. Međutim, korovi u manjoj brojnosti ispoljavaju i pozitivan efekat za agrofitocenoza. Doprinose očuvanju vlage zemljišta, sprečavaju spiranje hranljivih materija u

dublje slojeve (posebno azota), postaju hrana za neke patogene i štetočine, nekada predstavljaju indikatore kvaliteta zemljišta (pH, salinitet, vlažnost i sl.), neki su izvor hrane za divlje životinje (ptice) i dr. Mnoge korovske vrste su konstantni pratioci određenih useva. Ako ti usevi imaju različite zahteve za svoj rast, kontrola problematičnih vrsta u tim usevima se komplikuje (npr. *Avena fatua* u usevima strnih žita; *Chenopodium album* u usevima šećerne repe) (Karlen i sar., 1994). Visoka adaptivna sposobnost korova je bazirana na njihovim biohemijskim, morfo-anatomskim, fiziološkim i ontogenim osobinama (Rajcan i Swanton, 2001). A intezitet efekta korova na usev i obrnuto zavisi od brojnih faktora: gustine useva, agrotehničkih mera, uslova sredine, brojnosti korova po jedinici površine i dr. (Roush i Radosevich, 1985). Generalno korovi pored toga što troše hranljive resurse i vodu gajenim biljkama, oni otežavaju sazrevanje i žetvu useva, a često i sam kvalitet (Halford i sar., 2001).

2.2.1. Korov vs pšenica

Najzastupljenije vrste u usevu pšenice su: *Avena fatua*, *Cirsium arvense*, *Papaver rhoeas*, *Convolvulus arvensis*, *Viola arvense*, *Galium aparine*, *Lamium amplexicaule*, *L. purpureum*, *Veronica* spp., *Bromus* spp., *Amaranthus* spp., *Chenopodium* spp., *Ambrosia artemisiifolia* i dr. Među najproblematičnijim vrstama u usevu pšenice, na području Libije, izdvajaju se: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*.

Pšenica

Pšenica je najvažnija biljka u ishrani ljudske populacije i spada u grupu pravih žita. Njeno poreklo je iz jugozapadne Azije, a najstarije arheološko nalazište se nalazi u Turskoj. Njena proizvodnja u svetu zauzima drugo mesto, odmah iza kukuruza. Pripada porodici Poaceae, rod *Triticum* i ima oko 22 vrste. Sa druge strane postoji preko 1000 priznatih sorti koje se dele u kategorije zavisno od vremena setve, tvrdoće i boje zrna. Korenov sistem je žiličast (glavna masa korena se nalazi u oraničnom delu), stablo cilindrično i člankovito, listovi su dugi, uski sa izraženim nervom, cvetovi su skupljeni u klas, a plod je zrno (različitog oblika i boje) (Latković i sar., 2015). Za dobar prinos najvažniju ulogu imaju dva vršna lista. Smatra se da oko 50-60% suve materije zrna stvara vršni list, sledeći oko 20-30%, a klas učestvuje sa svega 15-20% (Becker, 1980). Hemijski sastav zrna čine: ugljeni hidrati (52-70%), proteini (7-16%), celuloza (2-11%), masti (2-4%), mineralne materije (0,5-3%) i oko 14% voda (Kovačević i Rastija, 2014). Tokom razvoja pšenica ima

relativno visoke zahteve prema vodi (idealno 650-750 mm padavina) i sastavu zemljišta (hraniva i građa), tolerantna je na sušu (patuljaste bolje podnose), osetljiva je na višak vode a potrebe za toplotom su umerene (klija i niče na 15-20⁰C, bokorenje i vlatanje na 15-17⁰C, nalivanje i sazrevanje na 20-25⁰C) (Latković i sar., 2015). Prilikom uzgoja pšenice važno je da se ona ne gaji u monokulturi (Stojanović i Cvetković, 1989). Autori navode da se sa povećanjem broja godina gajenja u monokulturi prinos jako smanjuje, posebno zbog razvoja bolesti. Najbolji predusevi za pšenicu su leguminoze i industrijsko bilje (Hristov i sar., 2012) jer obogaćuju zemljište. Nakon prethodne kulture treba obaviti plitko oranje da bi se biljni ostaci uneli u zemljište i očuvala vlaga, nako čega treba uraditi duboko oranje uz dodatak đubriva. Takođe, gustina setve je važan faktor za postizanje visokih prinosa. Malo biljaka po jedinici površine nije ekonomično i ostavlja prostor za rast i širenje korovskih vrsta, a previše stvara loše mikroklimatske i prostorne uslove za rast i razvoj samog useva. Na vlažnom zemljištu seje se pliće, nego na suvom. Brojni istraživači su se bavili definisanjem kritičnog perioda za suzbijanje korova u usevima pšenice. Galon i saradnici (2019) smatraju da je pšenica u period u 2-3 nedelje nakon klijanja osetljiva na kompeticiju sa korovima. Sa druge strane, Nisha i saradnici (1999) smatraju da je pšenica osetljiva 32-40 dana nakon setve, a slično njima zaključuju Chaudhary i saradnici (2008), 30-50 dana nakon setve.

Zbog značaja pšenice u ishrani ljudi primena nehemijskog uklanjanja korova dobija sve više na značaju. U različitim zemljama u Evropi sistem organske proizvodnje se godinama uvodi u praksu. U Austriji je u period od 11 godina proizvodnja organske pšenice porasla 4,7 puta (Willer i Yussefi, 2007), u Duplin County (S. Karolina) 18,6% poljoprivrednog zemljišta je u sistemu organske proizvodnje pšenica, a u Republici Srbiji je u 2015. godini bilo 15.298 ha pod organskom proizvodnjom generalno (4.252 ha organska proizvodnja pšenice). U sistemu proizvodnje žita (ukupno 1.919.993 ha) 0,22% površina je bilo pod organskom proizvodnjom pšenice (Mijatović i sar., 2018).

Avena fatua

Avena fatua (divlji ovas) se prema statistikama smatra drugi najrasprostranjeniji korov u Evropi, a prvi od travnih vrsta korova u žitima (Cavalieri i sar., 2013). Zavisno od sorte pšenice štete od prisustva *Avena fatua* se kreću u intervalu 17-62% (Adel i sar., 2012), mada neki autori navode da one mogu biti i preko 70% (Beckie i sar., 2012). Štete koje divlji ovas izaziva u različitim usevima

nastaju zbog njegovog neujednačenog klijanja i nicanja. Najveći problemi u usevima pšenice nastupaju u fazama kada pšenica prođe fazu za bezbednu primenu herbicida (Vrbničanin, 2017). I u maloj brojnosti štete mogu biti značajne. Jedna do dve biljke po kvadratnom metru mogu smanjiti prinos oko 2% (Carrara i sar., 2004). Klija i niče neujednačeno, zauzima nadzemni i podzemni prostor (troši vodu, mineralne materije), često nadržaste biljke pšenice i otežava nalivanje zrna (Vrbničanin, 2017). Ponekada neke agrotehničke mere (đubrenje, gustina i vreme setve) mogu povećati brojnost biljaka divljeg ovsa po jedinici površine (Carlson i Hill, 1986) i time stvoriti više štete nego koristi za usev. Nasuprot ovome, Qian (1996) u svojim ogledima ukazuje na činjenicu da su strna žita ipak bolji kompetitori u poređenju sa *Avena fatua*, posebno u fazi klasanja. Postoje istraživanja koja govore da pšenica poseduje alelopatski potencijal u odnosu na biljke divljeg ovsa (Hashem i Adkins, 1998) čime može sama da se izbori za svoj prostor i hraniva. Kiselina (2,4-dihidroksi-7-metoksi-1,4-benzoksazin-3-jedan) i njen metabolit (6-metoksibenzoksazolin-2-jedan) koji nastaju u biljkama pšenice mogu uticati negativno na klijanje semena i rast korena *Avena fatua* (Pérez, 1990). Sa druge strane *Avena fatua* poseduje fenole koji mogu biti ključni u ispoljavanju alelopatskog efekta prema pšenici (Iannucci i sar., 2012). Međutim, neka istraživanja pokazuju da pšenica može da toleriše alelopatski potencijal koji ispoljava *Avena fatua* (Fragasso i sar., 2012). Divlji ovas je jednogodišnja zeljasta biljka, terofita, poreklom iz centralne Azije, odakle vode poreklo i strna žita (Thurston i Phillipson, 1976). Stablo je uspravno i golo, (60-120 cm), sa golim listovima. Cvast je rastresita metlica (duga oko 30 cm), jednosemeni plod vretenastog oblika (Vrbničanin i Šinžar, 2003). Razmnožava se uglavnom semenom i jedna biljka (sa 20 izdanaka u bokoru) može da proizvede i do 1500 semena (Morrow i Gealy, 1982). Opisano je puno vrsta iz roda *Avena*, ali vrsta *Avena fatua* stvara veće probleme u poljoprivrednoj praksi nego npr. *A. ludoviciana* (Jäck i sar., 2017; Bajwa i sar., 2017). Optimalna temperatura za klijanje je 15-18 °C (Božić i Stevanović, 2012; Božić i sar., 2013), a seme zadržava klijavost i preko 9 godina. Danas najveći problem za efikasno suzbijanje ove vrste pretstavlja mali broj registrovanih herbicida (a.m. piroksulam, pinoksaden, fenoxaprop-p-etil, diklofop metil, klodinafop-propargil, jodosulfuron +metsulfuron metil, jodosulfuron+amidosulfuron i dr.; Scursioni i sar., 2011; Vrbničanin, 2017) i razvoj rezistentnosti na njih. Svetska istraživanja su pokazala da je divlji ovas razvio rezistentnost najviše na herbicide inhibitore acetolaktat sintetaze (ALS) i acetil CoA karboksilaze (ACC-aze) (Heap, 2020). Međutim, postoje istraživanja koja kažu da se brojnost *Avena fatua* može umanjiti samo primenom agrotehničkih mera (plodored, obrada zemljišta,

zaoravanje strništa, setva čistog semena i dr.; Spasić, 1980) i da se nove mogućnosti traže u sferi biološke borbe (Bajwa i sar., 2017).

Bromus rigidus

Bromus rigidus je vrsta koja se poslednjih deset godina sve više širi u usevima pšenice. Istraživanja na području Australije su pokazala da se ova vrsta nalazi na 1,4 miliona hektara i da se štete mere u milionima dolara godišnje (\$22.5) (Barton, 2005). Takođe, utvrđeno je da je ova vrsta 2016. god u brojnosti od 102, 166 i 305 klijanaca /m² izazvala smanjenje prinosa od 2,65; 2,74 i 2,48 t/ha (Wongang Hills, Australija), a zavisno od sezone u procentima je iznosilo 30-50% (Barton, 2005). Ono što ovu vrstu stavlja u bolju poziciju u odnosu na pšenicu je tolerantnost na sušu i nedostatak fosfora i dobro razvijen korenov sistem (Morrow i Stahlman, 1984). Pripada familiji Poaceae, rodu *Bromus* koji broji oko 150 vrsta (Cooper i Moerkerk, 2000; Kon i Blacklow, 1989). Vodi poreklo iz Mediterana (Evropa) (Maire, 1955). Jednogodišnja biljka, raste u visinu 15-55 cm (Clapham i sar., 1952), listovi su obrasli dlačicama, cvetovi su dvopolni, a biljke su samooplodne (Clapham i sar., 1952; Maire, 1955). Plod je zrno sa jednom semenkom. U vreme nicanja jako liči na vrstu *Avena fatua* i često se na terenu može napraviti zabuna. Jedna biljka proizvodi 600, nekada i preko 3000 semenki (Cooper i Moerkerk, 2000). Za razliku od vrste *Avena fatua* klija i niče ujednačeno (za 2 dana nikne 50% semena). Ujednačeno klijanje može da se poremeti dormantnošću semena koje se nalazi na površini ili u dubljim slojevima zemljišta (idealna dubina za klijanje je 1 cm). Ova vrsta se prilagodila konzervativnoj obradi zemljišta u usevima pšenice, malom broju selektivno dostupnih herbicida (prema pšenici) za njihovu kontrolu (Kon i Blacklow, 1989). Seme ima dugu dormantnost i u zemljištu ostaje kao izvor za sledeću sezonu (Kon i Blacklow, 1989; Kleemann i Gill, 2009). Istraživanja pokazuju da se procenat smanjenja prinosa pšenice npr. u Australiji kreće u interval 40-80% (Hamal, 1993), a preko 80% npr. u Tunisu (sa 120 biljaka po m², Souissi i sar., 2001). Postoje i podaci koji pokazuju da su vrste ovog roda domaćini patogenima izazivačima bolesti pšenice. Takođe, seme se često nađe u pakovanju zajedno sa semenom pšenice, a neretko i u vuni životinja (Cooper i Moerkerk, 2000). Hemijsko suzbijanje ove vrste se postiže primenom ALS inhibitora (propoksikarbazon, piroksulam, metsulfuron-metil, mezosulfuron, sulfosulfuron i dr.) (Geier i sar., 2011; Monaco i Creech, 2004). Istraživanja o rezistentnosti ove vrste su pokazala da je ona razvila taj mehanizam prema a.m. metsulfuron-metil i piroksulam (ALS inhibitori, Heap, 2020) što dodatno otežava njenu kontrolu

u polju. Neka istraživanja su pokazala da se rešenje pokušava naći u primeni biološke borbe (Meyer i Neto, 2008). Međutim, potencijalno efikasni organizmi (virusi, nematode i fitopatogene gljive) za kontrolu ove vrste su štetni i za sam usev (pšenicu).

***Convolvulus arvensis* L.**

Višegodišnja zeljasta biljka, geofita, pripada rodu *Convolvulus* koji broji oko 250 vrsta (Manbir i Kalia, 2012). Poreklom je iz Evro-Azije. Izgled listova jako varira, posebno u zavisnosti od vlage i đubrenja zemljišta (Fischer i sar., 1978). Stablo raste u dužinu 0,5-2 m, a rizom 5 cm - 2,6 m (Wiese i Phillips, 1976). Plod sadrži 2 semenke, a po jednoj biljci može biti 25-300 semena (Weaver i Riley, 1982). Seme može zadržati klijavost u zemljištu 50 godina. Razmnožava se vegetativno (pupoljci na korenu) i semenom. Optimalna temperatura klijanja je 18-24°C. Predstavlja problematičan korov u preko 32 različita useva širom sveta. Čak se ubraja u deset najproblematičnijih korovskih vrsta za poljoprivrednu praksu (Pushak i sar., 1999). Prema nekim istraživanjima kritičan broj biljaka za dobar prinos pšenice je 140 po m² (umanji prinos 56%, Black i sar., 1994). Novija istraživanja su pokazala da mnogo manje biljaka po jedinici površine (20 po m²) može uticati na smanjenje prinosa (28%) (Safdar i sar., 2019). Takođe, svojim habitusom otežava žetvu i predstavlja domaćina štetočinama pšenice (Vasilakoglou i sar., 2013). Ova vrsta spada u grupu perenskih korova koji se teško suzbijaju u usevima (Jurado–Expósito i sar., 2004). Postoji veliki spektar aktivnih materija kojima se ova vrsta može efikasno kontrolisati (2,4-D, dikamba, pikloram, imazapir, mezosulfuron, piroksasulfon i dr. (Westra i sar., 1992; Bayat i Zargar, 2020) ali problem razvoja rezistentnosti je sve prisutniji. Takođe, utvrđena je prirodna tolerantnost ove vrste prema glifosatu (DeGennaro i Weller, 1984). U sklopu biološke borbe ispituje se efikasan način kontrole ove vrste (Mueller-Schaere i sar., 2000).

2.3. Kontrola korova

Cilj svih primenjenih mera je da se obezbedi prednost useva i postigne dobar prinos. Zakorovljene površine generalno loše utiču na efikasnost primenjenih mera i smanjuju rezerve vode i biogenih elemenata u zemljištu. Nijedan način kontrole korova sam za sebe ne može da obezbedi stoprocentni nivo njihovog suzbijanja, niti da ukloni seme korova i vegetativne ostatake iz zemljišta (Buhler, 1999). Mere suzbijanja korova se dele na: preventivne (plodored, setva,

zaoravanje strništa i dr.) i direktne (stvaranje genotipa, gajenje međukultura, đubrenje, primena pesticida, termičke i biološke mere i dr.) (Kovačević i Momirović, 2000, 2008).

2.3.1. Mere uklanjanja korova bez primene herbicida

Pravovremeno i pravilno primenjene mere (plodored, obrada zemljišta, setva, nega useva i dr.) u kombinaciji sa nehemijskim suzbijanjem korova (čupanje, primena malča, gajenje združenih useva, kultiviranje, drljanje i dr.) mogu potpuno da uklone prisutne korove i spreče produkciju semena. Praktični rezultati su to i potvrdili. Ogledi sa biljaka ječma su pokazali da prednost od 4 dana obezbeđuje 90% nicanje useva (mereno preko biomase) nasuprot kašnjenju od 8 i 26 dana koje dovodi do smanjenja biomase useva 10, odnosno 50% (Eckersten i sar., 2010). Odabirom sortimenta se takođe obezbeđuje prednost useva (Gooding i sar., 1993). Autori navode da sorte koje imaju veću visinu prirodno guše i zasenjaju korovske biljke, a time smanjuju produkciju semena (Seefeldt i sar., 1999). Wicks i saradnici (1986) su u ogledima pokazali da visina žita od 83 cm redukuje rast korova putem boljeg iskorišćenja svetlosti. Slično ovome, usev pšenice visok oko 130 cm smanjuje prisustvo *Aegilops cylindrica* za 45%, u poređenju sa pšenicom manjeg rasta (100 cm; Yenish, 2009). Dobro suzbijanje korova se može postići i gajenjem združenih i pokrovnih useva. U tim zajednicama se prednost gajenim biljkama obezbeđuje putem alelopatije i kompeticije (Vandermeer, 1989). Prednost združenih useva se posebno ogleda u sistemu organske proizvodnje (Vandermeer, 1989; Kovačević i Momirović, 2000). Kao dobar primer iz prakse navodi se gajenje strnih žita sa leguminozama (Buhler, 1998). Žita brzim rastom i žiličastim korenovim sistemom sprečavaju spiranje zemljišta, a sporo rastuće leguminoze kontrolišu nicanje korova. Plodored kao mera utiče na uspeh drugih mera. Gajenje useva povlači pripremu zemljišta, odabir đubriva a time i pojavu specifične zajednice korova (Anderson, 2006). Zbog toga plodored donekle određuje spektar korova u narednoj vegetaciji, kao i sadržaj azota u zemljištu (Ball, 1992). Neka istraživanja su pokazala da sam način uklanjanja korova može uticati i na višegodišnje zasade. Have (2002) je u ogledima dobio da se bolji rast i razvoj drveta postiže suzbijanjem korova u koncentričnim krugovima u odnosu na položaj drveta.

2.3.2. Mere uklanjanja korova primenom herbicida

Najčešća direktna mera je primena herbicida, posebno usamljena/jedina mera u zemljama u razvoju. Do razvoja rezistentnosti kod većine korovskih vrsta ovo je bio najsigurniji način

uklanjanja korova. Kada treba primeniti herbicid zavisi od niza faktora (fenofaze useva, faze razvoja korova, vrste useva, meteoroloških prilika, rezistentnosti i dr.). Generalno se problematično vreme prisustva korova može meriti ekonomskim i kritičnim (praktičnim) pragom tolerancije useva. Ekonomski prag varira između 0.04-2 korova po m² ili 0.016-1.5 g ukupne biomase korova po m² (smanjuje prinos zbog potrošnje vode, svetlosti, hranljivih materija u zemljištu, okupira životni prostor; Radosevich i sar., 1997), a praktično na osnovu poznavanja useva. Danas se skoro za svaki usev zna koji je to kritični period zakorovljenosti (KPZ) čija dužina zavisi od primene mera gajenja (Knežević i sar., 2002; Zimdahl, 2004). Ovaj parametar je ključan kod donošenja odluke o vremenu suzbijanja korova, o izboru, i primeni herbicida. KPZ definiše period u razvoju useva kada korovi moraju biti uklonjeni da bi se sprečio gubitak prinosa veći od 5% (Zimdahl, 1988). Istraživanja za šećernu repu pokazuju da ona toleriše prisustvo korova 8 (osam) nedelja od momenta setve, jer iza toga gubici u prinosu mogu biti značajni, 26-100% (Schweizer i Dexter, 1987). S druge strane kod useva pšenice prag tolerancije se meri brojem biljaka korova po metru kvadratnom. Yenish i saradnici (1997) su preračunali da 12 biljaka *Asclepia syriaca* po m² redukuje prinos useva pšenice oko 47%. Potreban broj nedelja bez prisustva korova za pojedine useve je istraživao i definisao Zimdahl (2004, Tabela 4).

Table 4. Kritičan period useva za toleranciju prisustva korova (Zimdahl, 2004; Galon i sar., 2019)

Usev	Potreban broj nedelja bez prisustva korova
Kukuruz	3-5
Pirinač	4-6
Soja	2-4 posle setve
Krompir	4-6
Pšenica	2-3 posle setve

Da bi se dobro procenio KPZ važno je: poznavati faze razvoja useva i korova i da se proceni prisustvo najdominantnih vrsta korova (svaka vrsta različito utiče na prinos useva). Takođe, da bi se postigla optimalna efikasnost u suzbijanju, a ujedno sprečio negativan uticaj na životnu sredinu, potrebno je da se utvrdi minimalna efikasna doza herbicida. Generalno, potrebno je dobro poznavanje osobina herbicida (način delovanja, mobilnost u zemljištu, vreme poluraspada, efikasnost) i korova (prisustvo dlačica, voskova, brojnost stoma). Sa druge strane primena herbicida se ponaša kao mač sa dve oštrice. Konstantan pritisak na korovsku populaciju rešava

njihovo prisustvo, ali na neko vreme. Takođe, veća primena herbicida po jedinici površine poskupljuje poljoprivrednu proizvodnju i pojačava zagađenost životne sredine. Međutim, korovi se, kao i sva živa bića, adaptiraju na stres i razvijaju odbrambene mehanizme. Jedan takav mehanizam je razvoj rezistentnosti korova (Heap, 2020). Ova pojava je postala globalni problem sa specifičnostima lokalnog karaktera tj. za svaku njivu posebno. Prema dostupnim informacijama do danas je u usevu pšenice registrovan 341 slučaj rezistentnih korova na herbicide koji se primenjuju u ovom usevu širom sveta (Heap, 2020). Kao primer mogu se navesti vrste: *Avena fatua* na (1) ACC-aze inhibitore: USA-1990, 1991; Australija-1985, Meksiko-1998, Čile-1998, Iran-2007, Argentuna-2010, Turska-2011, N. Zeland-2014, Sirija-2015 i (2) ACC-aze i ALS inhibitore zajedno: V. Britanija-1994, Kanada-1996, USA-2012; *Amaranthus retroflexus* na ALS inhibitore (Kanada, 2012), *Bromus secalinus* na ALS inhibitore (USA, 2012); *Bromus tectorum* na inhibitore fotosinteze (PS II, Španija, 1990) i ALS inhibitore (USA, 2016); *B. diandrus* na inhibitore EPSP-enzima i ALS (Australija, 2011); *B. diandrus* ssp. *rigidus* na ALS (Australija, 2011); *B. catharticus* na inhibitore EPSP enzima (Argentina, 2017) i druge vrste (Heap, 2020). Zbog važnosti pšenice kao izvora hrane u Libiji, ispitivana je efikasnost nekih aktivnih materija (bentazon, piroksulam) na prisutne korove u usevu pšenice.

Piroksulam: Piroksulam (IUPAC N-(5,7-dimethoxy[1,2,4] triazolo[1,5-a]pyrimidin-2-yl)-2-methoxy4-(trifluoromethyl)pyridine-3-sulfonamide) je aktivna materija koja pripada grupi triazolopirimidin sulfoamida (Deboer i sar., 2006). Prvo jedinjenje sulfonilurea grupe se pojavilo davne 1982. godine (Meyer i Föry, 1982) i danas je poznato preko 30 aktivnih materija (Janjić, 2002). Sulfoniluree deluju na enzim acetolaktat sintetazu (ALS) (Ray, 1984) koji katališe reakciju biosinteze aminokiselina (valin, leucin i izoleucin) (Ray, 1984). Nedostatak aminokiselina dovodi do smanjene sinteze proteina u mladim biljnim delovima, što rezultira smanjenom deobom ćelija. Otpornost gajenih biljaka (useva) na sulfonilurea herbicide je različita. Aktivna materija piroksulam je selektivna za pšenicu zahvaljujući drugačijem metabolizmu u njoj nego u korovima. Metabolizam u pšenici se odvija demetilacijom na 5 ili 7 grupi pirimidinovog prstena do forme 5-OH-XDE-742 ili 7-OH-XDE-742 (De Boer i sar., 2011). Na primer na a.m. hlorsulfuron korovi su osetljivi već pri koncentraciji od 10 ppb, dok pšenica toleriše deset puta veću koncentraciju (Beyer i sar., 1987). U usevima strnih žita primenjuje se u količini 150-250 g/ha kada je pšenica u fazi od kraja bokorenja do pojave drugog kolenca (Anonymus, 2018). Nakon primene korovi ga

usvajaju preko lista, izdanka i korena. Ova jedinjenja se brzo usvajaju i translociraju, ali nisu postojana u biljkama (Tomlin, 2000). Prva primena sulfonilurea u pšenici je zabeležena 1982. godine (hlorsulfuron, Levitt i sar., 1981). Istraživanja o efikasnosti piroksulama na korovske vrste i pšenicu su pokazala da se efikasnija kontrola npr. vrste *B. tectorum* postiže primenom u jesen (84-99%), nego u proleće (Geier i sar., 2011). Spektar delovanja ove a.m. je širok: *Avena fatua*, *Bromus* spp., *Convolvulus arvensis*, *Polygonum aviculare*, *Papaver rhoeas* i dr. Kao i kod većine sulfonilurea, rezistentnost korova na ovu grupu se pojavila jako brzo nakon uvođenja u praksu. Prvi slučajevi rezistentnosti na ALS inhibitore registrovani su 80-ih godina prošlog veka (do 1993. godine zabeleženo 14; 1999. godine 58; 2019. godine 165 slučajeva; Heap, 2020). Na a.m. piroksulam rezistentnost su razvile vrste: *Avena fatua* (usev pšenice, 2006, Francuska), *A. sterilis* (usev pšenice, 2006, Francuska), *Alopecurus myosuroides* (usev pšenice, 2001, Nemačka), *Bromus sterilis* (usev pšenice, 2009, Francuska), *B. secalinus* (usev pšenice, 2007, 2009, USA), *B. japonicus* (usev pšenice, 2007, USA), *B. diandrus* (usev pšenice, 2011, Australija) i dr.

Bentazon: Bentazon (IUPAC 3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4-(3H)-one2,2-dioxide) je aktivna materija koja pripada grupi benzotiadiazinona (Cessna, 1985), nitrili. Pripada grupi herbicida koji inhibiraju fotosintezu na više načina: inhibiraju sintezu adenozin tri fosfata, transport elektrona, sintezu pigmenata fotosinteze i dr. (Hensley, 1981; Moreland, 1980). Uporedo se odvija peroksidacija lipida u membranama hloroplasta, dolazi do oštećenja karotenoida i propadanja ćelija (Moreland, 1980; Fuerst i Norman, 1991). Biljke ga usvajaju listovima i korenom (translokacija ide ksilemom). U spektar delovanja (preko 75%) a.m. bentazon ubrajaju se sledeće korovske vrste: *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Lamium purpureum*, *Polygonum lapathifolium*, *Stellaria media*, *Xanthium strumarium*, *Viola arvensis* i dr. Prvi vidljivi simptomi se uočavaju 3-4 dana nakon primene. Pojavljuje se žutilo na listovima, nekroza i potpuno propadanje biljaka. Primenjuje se u praksi od 1990. godine. Aktivna materija bentazon se u strnim žitima koristi kada je usev u fazi bokorenja u količini 4 l/ha. Prilikom korišćenja ove a.m. moraju se ispoštovati ograničenja. Simptomi fitotoksičnosti se na usevima mogu javiti ako se a.m. bentazon primenjuje zajedno sa organofosforinim insekticidima. Usled visokih temperature u vreme primene na nekim usevima (krompir, pasulj) mogu se pojaviti ožegotine. Takođe, postoje ograničenja u pogledu plodoređa jer se dugo zadržava u zemljištu. U slučaju da dođe do prevremenog skidanja useva ili preoravanja gde je primenjivana a.m. bentazon,

tu se mogu sejati strna žita, soja i lucerka (Anonimus, 2018). Kao i kod ostalih herbicida i na a.m. bentazon su korovi razvili rezistentnost: *Sagittaria montevidensis* (pirinač, 2009, Brazil), *Amaranthus hybridus* (kukuruz, 2004, Kanada) i *A. retroflexus* (kukuruz, 2005, Kanada).

2.3.3. Mere uklanjanja korova primenom bioherbicida

Cilj savremene poljoprivrede je da se proizvode hrana na održivi način jer su prirodni resursi ograničeni (Vos i Bellù, 2019). U tom smislu, pored poznatog uspeha sintetičkih herbicida danas se sve više istražuje mogućnost efikasne primene i proizvodnje bioherbicida. Zbog činjenice da se poljoprivredna proizvodnja okreće ka sistemu organske proizvodnje hrane, primena bioherbicida sve više dobija na značaju. Poznato je da ova jedinjenja nemaju efikasnost koju poseduju sintetički herbicidi, ali zbog sve prisutnije pojave rezistentnosti kod korova, postaju značajna alternativa. Prvi definisani program o biokontroli primenom bioherbicida datira iz 1902. godine, Havaji (Day i Witt, 2019). Od tada je preko 200 vrsta korova bilo testirano sa oko 500 različitih proizvoda u preko 90 zemalja (Winston i sar., 2014). Najnovija istraživanja su pokazala visoku efikasnost bioherbicida (pelargonijska kiselina, Trans-cinnamaldehyde i carvacrol) u kontroli korovskih vrsta: *Avena fatua*, *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea* i *Erigeron bonariensis* (Muñoz i sar., 2020).

Pelargonijska kiselina ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$) je prisutna kao estar u esencijalnom ulju *Pelargonium* spp., kao zasićena masna kiselina sa devet atoma ugljenika (Ma i sar., 2018). Mehanizam delovanja joj je sličan mehanizmu delovanja glifosata. Izaziva oštećenje na ćelijskim membranama i dovodi do curenja sadržaja ćelije (Dayan i Duke, 2014) što se vizuelno uočava kao isušivanje zelenih delova biljaka (Ciriminna i sar., 2019). Bioherbicid je nazvan Beloukha i zvanično se na tržištu u Evropi pojavio 2015. godine (Cordeau i sar., 2016).

Trans-cinnamaldehyde ($\text{C}_9\text{H}_8\text{O}$) je najvažnija komponenta dve vrste *Cinnamomum zeylanicum* i *Cinnamomum cassia*. Njihova esencijalna ulja poseduju jako antioksidativno dejstvo (Gruenwald i sar., 2010) i ispoljava bakterijsko, fungicidno i akaricidno delovanje (Kim i sar., 2004). Međutim, uočeno je i bioherbicidno dejstvo na vrstu *Echinochloa crus-galli*. Redukuje svežu masu i rast biljaka, ali tačan mehanizam delovanja još uvek je nepoznanica (Saad i sar., 2019).

Carvacrol je fenol, monoterpen u esencijalnim uljima mnogih vrsta iz familije Lamiaceae: *Thymus* spp., *Thymbra* spp. i *Origanum* spp. (Amri i sar., 2013). Posедуje antimikrobno dejstvo i pomaže u kontroli mnogih izazivača bolesti useva (De Sousa i sar., 2012; Ye i sar., 2013). Smatra se da dovodi do oštećenja funkcije membrane u zavisnosti od dužine izlaganja i primenjene koncentracije (Chaimovitsh i sar., 2017). U najvećoj koncentraciji primene redukuje rast korova i stvara velika oštećenja (Dayan i Duke, 2014).

3.0. MATERIJAL I METODE

3.1. Poljski ogledi

Poljski ogledi su izvedeni na imanju Poljoprivrednog fakulteta u gradu Tarhouna (Libija) tokom 2017. i 2018. godine u usevu pšenice (sorta *Beni Suef* 1). Usev pšenice je sejan ručno (prosečno 100 kg semena/ha) u redove sa rastojanjem između redova od 30 cm. Ogled je postavljen po principu slučajni blok raspored u četiri ponavljanja. Veličina oglednog polja po varijanti je bila 2 ara, a parcela po ponavljanju 1/2 ara. Usevi su đubreni u jesen NPK đubrivom (15:15:15) i tretirani fungicidima bog zaštite od bolesti. Herbicid na bazi a.m. piroksulam je primenjen u količini 0.25 kg/ha+0.5 l/ha okvašivača tretiranjem kada je pšenica bila u fazi 1-2 kolenca. Herbicid na bazi a.m. bentazon je primenjen u količini 4 l/ha tretiranjem kada je usev bio u fazi bokorenja. U vreme primene *Avena fatua* i *Bromus rigidus* su bili visine 10-15 cm, a *Convolvulus arvensis* u fazi 4-6 listova. Herbicidi su primenjeni leđnom prskalicom Gamma-8-mythos (kapacitet 8 L) uz utrošak vode 300 l/ha. Ocena biološke efikasnosti herbicida je urađena 21 dan nakon primene (DNP). Ogledi su postavljeni na dva lokaliteta.

3.2. Ogledi u laboratoriji

Ogledi u laboratoriji su urađeni tokom 2018 i 2019. godine (Fakultet za primenjenu ekologiju” Futura”, Beograd). Seme korovskih vrsta *Avena fatua*, *Convolvulus arvensis* i *Bromus rigidus* su prikupljena sa polja u Libiji tokom 2018. godine. Herbicidi na bazi aktivnih materija piroksulam (Pallas 75 WG, 75 g a.m./kg, BASF+ađuvant Pallas), bentazon (Galbenon, 480 g a.m./l, Galenika) i pelargonijska kiselina (Beloukha, 680 g pelargonijske kiseline/l, Belchim) kupljeni su u Srbiji. Biljni ekstrati različitih koncentracija (1, 5, 10 i 20%) napravljeni su od korovskih vrsta *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense*.

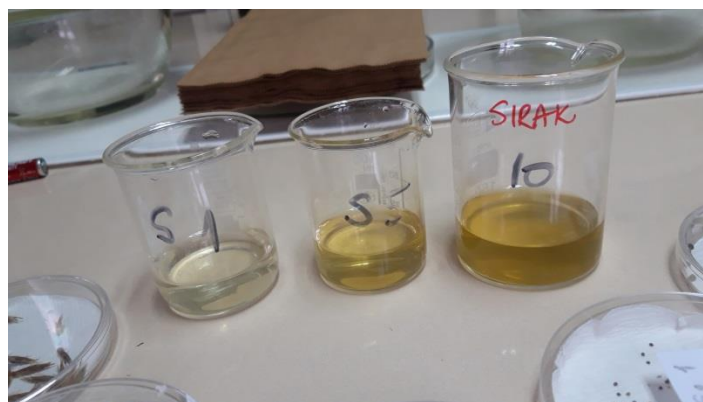
Ambrosia artemisiifolia je najproblematičnija invazivna vrsta u Evropi (Wayne i sar., 2002). U baštama u Evropi je prvi put uočena 1800-ih (Chauvel i sar., 2006; Vogl i sar., 2008). Prisutna je na poljoprivrednim površinama, duž puteva i u urbanim sredinama (Lavoie sar., 2007). Generalno najveći problem njenog sveopšteg prisustva je zbog velikog uticaja na zdravlje ljudi (Wayne i sar., 2002). Široko prisutna a teško se suzbija zbog nedostatka visoko efikasnih herbicida i razvoja rezistentnosti kod sve većeg broja populacija. Njena štetnost ili prednost se ogleda u

posedovanju alelopatskog potencijala prema biljkama u okruženju (Beres i sar., 2002). Iz biljaka familije Asteracea, gde spada i ambrozija, ekstrahovane su materije sa alelopatskim delovanjem: ambrozin, izabelin, kumanin, peruvin, derivati kafeinske kiseline i drugo, a posebno iz polena: ambrozin i dihidroambrozin (u odnosu 3:1) (Rugutt i sar., 2001). Takođe, postoje istraživanja koja ukazuju da i ekstrati korena mogu da inhibiraju klijanje žita (pšenica, ječam) (Vidotto i sar., 2013, Jindrich i sar., 2016), a vodeni ekstrati dobijeni od nadzemnih delova efikasnost ispoljavaju na biljke soje, pirinča i pšenice (Wang i Xinru, 1996). U svojim ogledima Brunckner (1998) opisuje efekat ekstrakta *Ambrosia artemisiifolia* na druge korovske vrste: *Amaranthus hypochondriacus*, *Trifolium pratense*, *Sinapis alba*.

Sorghum halepense sve prisutna vrsta koja je razvila rezistentnost na većinu, za nju efikasnih, herbicida (haloksifop-p-metil, nikosulfuron, rimsulfuron, kletodim, setoksidim, glifosat i dr., Heap, 2020). Zbog značajnih gubitaka koje izaziva u pojedinim usevima i nedostatka herbicida za njegovu uspešnu kontrolu, odabran je za pravljenje bioherbicida. Njegovo bioherbicidno delovanje je poznato odavno (Abdul-Wahab, 1964). Iz različitih delova *Sorghum halepense* ekstrahovane su materije koje poseduju alelopatsko delovanje: hlorogenska kiselina, kumarinska kiselina, oksibenzaldehid (Rice, 1995), fenoli i tanini (Lyubenov, 1984). Međutim, kod nekih gajenih biljaka (pšenica, pirinač) je utvrđena prirodna otpornost na ovakvo delovanje korova (Rice, 1995; Bashir i sar., 2012).

Biljni ekstrati

Biljke *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense* su dobijene iz semena u kontrolisanim uslovima. Seme je posejano u saksije zapremine 2 L ispunjene supstratom za gajenje rasada (Floragard TKS 1), saksije su čuvane u konstantnim uslovima (fitotron, režim dan/noć 12/12, na T=25⁰C), zalivane po potrebi do porasta bujne mase. Nakon žetve biljaka, biljni material je usitnjen u avanu sa tečnim azotom, izmeren i rastvoren u destilovanoj vodi. Rastvori su postavljeni u ultrasonično vodeno kupatilo (2x30 min, sa pauzom od 15 min), nakon toga profiltrirani (filter papir Whatman) i odmereni za rastvor koncentracije 20%. Od njega su postupkom razblaženja napravljeni rastvori 10, 5 i 1 %. Rastvori su pravljene neposredno pred primenu (Slika 1). Merene su promene na/u klijanjima korova i pšenice nakon folijarne primene ekstrakta, kao i efekat na proces klijanja.



Slika 1. Vodeni ekstrati *S. halepense* različitih koncentracija

Herbicidne aktivne materije

Piroksulam

Spada u grupu *triazolopirimidina*, herbicida koji inhibiraju enzim acetolaktat sintetazu (Heap, 2020). Na biljke pšenice je primenjen nakon razvoja drugog lista u količini 0.25 kg/ha (0.025 g/m²) uz dodatak okvašivača 0.5 l/ha (0.05 ml/m²), a na travne korove kada su bili 5-20 cm visine i na *Convolvulus arvensis* u fazi razvijena 2-8 listova. Primenjuje se za suzbijanje travnih i nekih širokolisnih vrsta korova. Uglavnom se primenjuje folijarno, ali ima i slabo delovanje preko zemljišta.

Bentazon

Spada u grupu *benzotiazinona*, herbicida koji inhibiraju transport elektrona u procesu fotosinteze (Heap, 2020). Na biljke pšenice je primenjen u fazi bokorenja (15-20 cm visine) u količini 0.4 ml/m², a na travne korove kada su bili 5-20 cm visine i na *Convolvulus arvensis* u fazi razvijena 2-8 listova. Primenjuje se za suzbijanje širokolisnih vrsta korova.

Pelargonijska kiselina

Aktivna materija organskog porekla (iz biljke *Pelargonium graveolens*). Deluje na ćelijske membrane a prvi simptomi se mogu videti već nakon 2h od primene. Primenjena je u količini (preparat Beloukha) 16 l/ha uz utrošak vode 100 l/ha. Najbolji efekat se vidi na mladim biljkama

visine 10-15 cm i sposobnost klijanja semena. Primenjuje se za suzbijanje korova u nekim poljoprivrednim kulturama, na nepoljoprivrednom zemljištu, za kontrolu izbojaka (vinove loze) i izdanaka voća, za desikaciju (krompir), za suzbijanje algi, mahovina i lišajeva, za suzbijanje zaperaka duvana i dr.

3.2.1. Merenje sadržaja suve mase

Praćena je promena suve mase korova nakon primene herbicida, biljnih ekstrata i pelargonijske kiseline. Herbicidi su primenjeni u količinama preporučenim za primenu u polju (a.m. piroksulam 250 g/ha+ađuvant 0.5 l/ha; a.m. bentazon 4 l/ha, pelargonijska kisleina 16 l/ha). Biljke su gajene u kontrolisanim uslovima (fitotron, režim dan/noć 12/12, na $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Slika 2) u saksijama zapremine 2 L ispunjene supstratom za gajenje rasada (Floragard TKS 1). Primena herbicida i bioherbicida je urađena u fazama: *Avena fatua* i *Bromus rigidus* 5-10, 10-15 i 15-20 cm visine (Slika 2), a *Convolvulus arvensis* u fazama 2-4, 4-6 i 6-8 listova (po 10 biljaka po ponavljanju). Herbicidi su primenjeni prskalicom zapremine 5 L (Villager Lela 5.1, pritisak 3 bara), a primena biljnih ekstrata (1, 5, 10 i 20% rastvor *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense*) je urađena ručnom prskalicom zapremine 500 ml (Hidroponika). Nakon 15 dana od tretiranja biljke su žrtvovane, sušene u uslovima laboratorije ($21-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, 7 dana) i merena je suva masa. Dobijeni rezultati su obrađeni i izraženi u procentima u odnosu na kontrolu.



Slika 2. Merenje mase biljaka



Slika 3. Praćenje klijanja semena korova

3.2.2. Merenje sposobnosti klijanja - Biotest u Petri posudama

Po trideset semena svake korovske vrste i pšenice (30x2=60, Slika 3) je postavljeno u Petri posude ($\phi 9$) sa filter papirom (Roth, \emptyset 55 mm) u koje je dodato po 5 ml rastvora herbicida/pelargonijske kiseline/biljnog ekstrakta određene koncentracije i destilovana voda u kontroli. Količina primene herbicida i pelargonijske kiseline su preračunate na količinu primene u 5 ml vode (Galbenon 0.05 ml/5 ml vode; Pallas 75 WG 0.0031 g/5 ml vode; Beloukha 0.4 ml/5 ml vode), a biljni ekstrati su primenjeni u koncentracijama 1, 5, 10 i 20%. Petri posude sa semenom u rastvoru čuvane su u uslovima mraka na konstantnoj temperaturi (25⁰C). Pojava klica je praćena 15 dana (svaki dan). Sposobnost klijanja je izražena kao procenat u odnosu na kontrolu.

3.2.3. Promene sadržaja i aktivnosti hlorofila

Jedinke korova i pšenice (Simonida, NS Seme) su gajene u kontrolisanim uslovima (fitotron, režim dan/noć 12/12, na T=25⁰C), u saksijama zapremine 2 L ispunjene supstratom za gajenje rasada (Floragard TKS 1). Biljke pšenice, *Avena fatua* i *Bromus rigidus* su tretirane kada su bile visine 15 cm, a *Convolvulus arvensis* u fazi 4-8 listova (6 biljaka po tretmanu). Primene herbicida je urađena pskalicom zapremine 5 L (Villager Lela 5.1, pritisak 3 bara), a biljnih ekstrakata pskalicom zapremine 500 ml (Hidroponika). Herbicid na bazi a.m. piroksulam je primenjen u količini 0.025 g/m² + ađuvant 0.05 ml/m², a na bazi a.m. bentazone u količini 0.4 ml/m². Biljni ekstrati *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense* su primenjeni u koncentracijama 1, 5, 10 i 20%. Merenja su urađena 0, 3 i 6 DNP. Dobijeni rezultati su obrađeni analizom varijanse (Duncan test).

3.2.3.1. SPAD očitavanje – relativni sadržaj hlorofila

Relativan sadržaj hlorofila je meren nedestruktivnom metodom pomoću SPAD metra (Minolta, SPAD metar 502). Merenja su rađena na 4. listu kod *Convolvulus arvensis* i 2. listu (kod uskolisnih vrsta i pšenice). Dobijene vrednosti su prosek tri merenja sa centralnog dela lista. Dobijeni rezultati su obrađeni analizom varijanse (Duncan test).



Slika 4. Uzorci za ekstrakciju hlorofila i merenje sadržaja šikiminske kiseline



Slika 5. Uzorci spremni za merenje sadržaja hlorofila

3.2.3.2. Ekstrakcija hlorofila – sadržaj: hlorofila *a* i *b*, ukupnog hlorofila i karotenoida

Ekstrakcija hlorofila je urađena iz listova (svi listovi 1 biljke) (3x1=3 ponavljanja). Ekstrakcija hlorofila je urađena pomoću metanola. Biljni materijal je usitnjen tečnim azotom. U količinu od oko 0.05 g (u uslovima mraka) je dodato po 10 ml metanola. Uzorci su čuvani u frižideru 24h (Slika 4, 5). Pre očitavanja na spektrofotometru (UV 2100, Shimadzu) uzorci su centrifugirani na 1500 rpm 10 min. Apsorpcija hlorofila je očitavana na talasnim dužinama $\lambda=653$ (hlorofil *a*), $\lambda=666$ (hlorofil *b*) i $\lambda=470$ (karotenoidi). Sadržaj hlorofila *a* i *b*, karotenoida i ukupan sadržaj hlorofila računat je prema formulama Lichtenhaler i Wellburn (1983) i Wellburn (1994):

$$\text{Chl } a = 15,65 \times A_{666} - 7,34 \times A_{653}$$

$$\text{Chl } b = 27,05 \times A_{653} - 11,21 \times A_{666}$$

$$\text{Car} = \frac{1000 \times A_{470} - 2,86 \times \text{Chl } a - 129,2 \times \text{Chl } b}{245}$$

$$\text{Ukupni Chl} = \text{Chl } a + \text{Chl } b$$

3.2.3.3. Fluorescencija hlorofila

Fluorescencija hlorofila je merena nedestruktivnom metodom pomoću fluorimetra PAM 2000 (Walz, Germany). Merenja su rađena na 4. listu kod *Convolvulus arvensis* i 2. listu (kod uskolisnih vrsta i pšenice). Mereni su fotohemijska aktivnost (Fv/Fm) i efikasnost (Φ FSII) fotosistema (Maxwell i Johnson, 2000). Nakon merenja prinosa dolazi do gašenja fluorescencije

koja je merena kao fotohemijsko (qP) i nefotohemijsko (qN) gašenje. Da bi merenje bilo pouzdano, odnosno da se fotosistem dovede u neaktivno stanje biljke su pre merenja držane u mraku 10 min (Pavlović, 2005). Dobijeni rezultati su obrađeni analizom varijanse (Duncan test).

3.2.4. Merenje sadržaja šikiminske kiseline

Od pripremljenog biljnog materijala (u delu 3.2.3.2., Slika 4) odvojeno je 0.3 g i dodato po 2 ml 0.1M HCl u uslovima mraka. Nakon toga uzorci su mućkani na šejkeru 24h. PH vrednost rastvora je nakon filtriranja podešena na 3-3.5 pomoću 1M i 0.01M NaOH. Očitavanje je urađeno na HPLC (Hewlett Packard Agilent 1100 series) - tečni hromatograf prema metodi Mueller i sar. (2003). Na HPLC je postavljena kolona prečnika 5 μm (Luna-NH₂), protoka 1 ml min⁻¹. Analiza po uzorku je trajala 15-20 min sa vremenom zadržavanja od 7 min. Dobijeni rezultati su prikazani kao procenat u odnosu na kontrolu.

4.0. REZULTATI

Različiti faktori mogu uticati na morfološke i fiziološke osobine korova. U okviru jedne vrste ove osobine mogu varirati zavisno od uzrasta biljaka i uticaja, posebno, spoljašnjih i antropogenih faktora (Gavrilović i sar., 2019). Sa ciljem kontrole prisustva ekonomski štetnih korovskih vrsta: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* u usevu pšenice, pratili smo efekat herbicida i biljnih ekstrata na promene nekih osobina kao odgovor o nivou biološke efikasnosti istih. Vizuelno praćenje pojave fitotoksičnih simptoma (hloroza, nekroza, uvijanje, pege i sl.) omogućava grubo praćenje reakcije biljaka na uslove stresa (npr. primenu herbicida). Fina procena reakcije biljaka se postiže merenjem promena unutar biljaka: sadržaj i fluorescencija hlorofila, sadržaj šikiminske kiseline, sadržaj pigmenata i drugo.

4.1. Poljski ogledi

Rezultati efikasnosti ispitivanih aktivnih materija na različite korovske vrste prikazani su u tabelama 5 i 6. Efikasnost a.m. bentazon, na ispitivane travne vrste se kretala u intervalu: 10,00-28,57% na *Avena fatua* i 14,28-28,57% na *Bromus rigidus*, posmatrano u obe godine ispitivanja. Efikasnost na vrstu *Convolvulus arvensis* je bila u prvoj godini nešto bolja (30,00-37,50%) nego u drugoj (0-33,33%) (Tabela 5, 6). Preparat na bazi a.m. piroksulam je ispoljio dobru efikasnost na travne vrste u obe godine ispitivanja na svim lokalitetima (Tabela 5, 6). Na vrstu *Avena fatua* efikasnost se kretala u intervalu 93,75-95% (I god., Tabela 5), odnosno u drugoj godini 92,86-93,75% (Tabela 6). Efikasnost na vrstu *Bromus rigidus* je bila nešto slabija. U prvoj godini na oba lokaliteta je bila 85,71 % (Tabela 5), a u drugoj godini se kretala u intervalu 83,33-88,89% (Tabela 6). Generalno, najmanja efikasnost je ispoljena na vrstu *Convolvulus arvensis* 0-25,00% (I god., Tabela 5) i 0-16,67% (II god., Tabela 6). Ispoljena efikasnost aktivnih materija je bila u skladu sa njihovim spektrom delovanja. Ogledi u polju sa vodenim ekstratima *Ambrosia artemisiifolia* (AA) i *Sorghum halepense* (SH) nisu rađeni pre laboratorijskih ispitivanja, a ni nakon laboratorijskih jer je konstatovana njihova slaba herbicidna aktivnost. Nije bilo vizuelnih promena niti značajne promene suve mase kod tretiranih biljaka korova nakon primene vodenih ekstrata AA i SH (Tabela 10).

Tabela 5. Zakorovljenost i efikasnost herbicida u usevu pšenice (2017. godina)

	a.m. bentazon 4 l/ha						a.m. piroksulam 250 g/ha+ okvašivač 0.5 l/ha					
	I lokalitet			II lokalitet			I lokalitet			II lokalitet		
	K	ocena		K	ocena		K	ocena		K	ocena	
	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%
<i>A. fatua</i>	8	6	25	10	9	10	8	0.5	93.75	10	0.5	95
<i>B. rigidus</i>	7	5	28.57	7	6	14.28	7	1	85.71	7	1	85.71
<i>C. arvensis</i>	4	2.5	37.50	5	3.5	30	4	3	25	5	5	0

BK broj korova (biljaka /m²), ocena = 21 dan nakon primene (DNP)

Tabela 6. Zakorovljenost i efikasnost herbicida u usevu pšenice (2018. godina)

	a.m. bentazon 4 l/ha						a.m. 250 g/ha piroksulam+ 0.5 l/ha okvašivača					
	I lokalitet			II lokalitet			I lokalitet			II lokalitet		
	K	ocena		K	ocena		K	ocena		K	ocena	
	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%	BK	BK	Efik.%
<i>A. fatua</i>	7	5	28.57	8	6.5	18.75	7	0.5	92.86	8	0.5	93.75
<i>B. rigidus</i>	9	6.5	27.78	6	5	16.67	9	1	88.89	6	1	83.33
<i>C. arvensis</i>	3	2	33.33	3	3	0	3	2.5	16.67	3	3	0

BK broj korova (biljaka /m²), ocena = 21 dan nakon primene (DNP)

4.2. Ogledi u laboratoriji

Ispitivanja uticaja nekog faktora u uslovima laboratorije generalno daju preciznije rezultate. Ispitivanja u uslovima polja su najčešće pod uticajem brojnih faktora što može imati efekat na ispoljavanje efikasnosti i simptoma, a time i na tumačenje dobijenih rezultata. Zbog toga je efikasnost biljnih ekstrakata na različite korove ispitana metodama u uslovima laboratorije i upoređena sa efikasnošću herbicida.

4.2.1. Merenje sadržaja suve mase

Suva masa kao parametar se koristi u istraživanjima različitog tipa: efikasnost herbicida, rezistentnost korova na herbicide, kompeticija i dr. (Pannwitt i sar., 2019). Na osnovu promena suve mase pratili smo biološku efikasnost biljnih ekstrakata na korove i usev i poredili sa ispoljenom efikasnošću herbicida u istim uslovima (Tabela 7, 8, 9, 10).

Analiza dobijenih rezultata je potvrdila da sa porastom biljaka efikasnost herbicida opada, a vrednosti parametra suva masa rastu. Najveća efikasnost (preko 97,00%) a.m. piroksulam je ispoljena na biljke *Avena fatua* uzrasta 5-10 cm (97,50-98,10% 2018. god. i 98,80-100% 2019. god., Tabela 7). Efikasnost na nešto starijim biljkama (uzrast 10-15 cm) je bila dobra ali manja (10-15 cm biljke: 88,80-92,50% I god., 91,30-92,50% II god., Tabela 7), ali u odnosu na kontrolu visoka. Međutim, efikasnost na biljke visine 15-20 cm je bila zadovoljavajuća (77,50-78,80% i 78,10-82,50%; Tabela 7). U skladu sa promenama efikasnosti, kretale su se promene suve mase (Tabela 7). Sa smanjenjem ispoljene efikasnosti povećavao se udeo suve mase kod tretiranih biljaka u poređenju sa kontrolom. U prvoj godini izmerene vrednosti su bile 0,21-23,44% (I ponavljanje) i 0,16-22,44% (II ponavljanje) u odnosu na kontrolu (Tabela 7). Prvi vizuelni simptomi su bili vidljivi nedelju dana nakon primene (DNP) herbicida.

Tabela 7. Efikasnost a.m. piroksulam na biljke *Avena fatua*

<i>Avena fatua</i>												
2018. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
5-10 cm	10	0.25	97.50	0.244	0.0005	0.21	10	0.19	98.10	0.243	0.0004	0.16
10-15 cm	10	0.75	92.50	0.388	0.026	6.70	10	1.12	88.80	0.236	0.036	15.25
15-20 cm	10	2.25	77.50	0.401	0.094	23.44	10	2.12	78.80	0.410	0.092	22.44
2019. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
5-10 cm	10	0	100	0.244	0	0	10	0.12	98.80	0.243	0.0003	0.12
10-15 cm	10	0.87	91.30	0.388	0.031	7.99	10	0.75	92.50	0.325	0.024	7.38
15-20 cm	10	2.19	78.10	0.401	0.088	21.94	10	1.75	82.50	0.410	0.055	13.41

Kn-broj biljaka u kontroli, K_g-prosečna masa biljaka u kontroli, Tn-broj biljaka u tretmanu, T_g-prosečna masa biljaka u tretmanu, Efik %-efikasnost, T_g/K_g-masa biljaka u tretmanu u odnosu kontrolu

Nasuprot ispoljene dobre efikasnosti a.m. piroksulam na najmlađe biljke *Avena fatua*, efikasnost na biljke *Bromus rigidus*, istog uzrasta, je bila zadovoljavajuća (75,00-77,50% I god., 82,50-87,50% II god.) (Tabela 8). Na biljke većeg uzrasta 10-15 cm (32,50-35,00% I god., 40,00-45,00% II god.) i 15-20 cm (15,00-17,50% I god., 12,50-22,50 II god.) ispoljena je slaba efikasnost (Tabela 8). Konstatovan je rast udela suve mase kod tretiranih biljaka u poređenju sa kontrolom u skladu sa povećanjem uzrasta tretiranih biljaka (Tabela 8). Izmerene vrednosti su bile slične u obe godine ispitivanja u oba ponavljanja. Vrednosti kod prvog ponavljanja su se kretale u intervalu 3,36-25,84% (I god.) i 0,98-25,10% (II god.) u odnosu na kontrolu. U prvoj godini kod drugog

ponavljanja vrednosti su bile u intervalu 1,58-24,38% u odnosu na kontrolu i 1,26-29,25% u drugoj godini (Tabela 8). I kod vrste *Bromus rigidus* prvi vizuelni simptomi su bili uočljivi 7 DNP.

Tabela 8. Efikasnost a.m. piroksulam na biljke *Bromus rigidus*

<i>Bromus rigidus</i>												
2018. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
5-10 cm	10	2.50	75.00	1.46	0.049	3.36%	10	2.25	77.50	1.58	0.025	1.58
10-15 cm	10	6.75	32.50	1.68	0.219	13.03	10	6.50	35.00	1.66	0.204	12.29
15-20 cm	10	8.50	15.00	1.85	0.478	25.84	10	8.25	17.50	1.94	0.473	24.38
2019. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
5-10 cm	10	1.25	87.50	1.42	0.014	0.98	10	1.75	82.50	1.66	0.021	1.26
10-15 cm	10	6.00	40.00	1.72	0.193	11.22	10	5.50	45.00	1.74	0.171	9.83
15-20 cm	10	7.75	22.50	1.98	0.497	25.10	10	8.75	12.50	1.86	0.544	29.25

Kn-broj biljaka u kontroli, K_g-prosečna masa biljaka u kontroli, Tn-broj biljaka u tretmanu, T_g-prosečna masabiljaka u tretmanu, Efik %-efikasnost, T_g/K_g-masa biljaka u tretmanu u odnosu na kontrolu

Efikasnost delovanja i promene suve mase nakon primene a.m. bentazon na biljke *Convolvulus arvensis* različitog uzrasta su prikazani u tabeli 9. Ispoljena efikasnost na najmlađe biljke (2-4 lista) je bila zadovoljavajuća (32,50-45,00% I god., 27,50-32,50% II god., Tabela 9, Slika 6b), a slaba na biljke uzrasta 4-6 (17,50-20,00% I god., 15,00% II god.) i 6-8 listova (5,00-7,50% I god., 5,00% II god., Tabela 9). Međutim, promene suve mase se nisu kretale u skladu sa uzrastom tretiranih biljaka. U prvoj godini je konstatovana veća vrednost suve mase biljaka uzrasta 4-6 listova (78,39-82,28%) nego biljaka 6-8 listova (68,31-79,82%) (Tabela 9). U drugoj godini ispitivanja promene suve mase su se kretale u skladu sa uzrastom tretiranih biljaka u odnosu na kontrolu (Tabela 9).

Tabela 9. Efikasnost a.m. bentazon na biljke *Convolvulus arvensis*

<i>Convolvulus arvensis</i>												
2018. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
2-4 lista	10	6.75	32.50	3.85	2.61	67.79	10	5.50	45.00	4.04	2.46	60.89
4-6 lista	10	8.00	20.00	4.72	3.70	78.39	10	8.25	17.50	4.74	3.90	82.28
6-8 lista	10	9.25	7.50	6.91	4.72	68.31	10	9.50	5.00	6.84	5.46	79.82
2019. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %	Kn	Tn	Efik %	K _g	T _g	T _g /K _g %
2-4 lista	10	6.75	32.50	4.06	2.56	63.05	10	7.25	27.50	3.93	2.85	72.52
4-6 lista	10	8.50	15.00	4.91	3.88	79.02	10	8.50	15.00	4.94	3.87	78.34
6-8 lista	10	9.50	5.00	6.91	5.46	79.01	10	9.50	5.00	6.88	5.81	84.45

Kn-broj biljaka u kontroli, K_g-prosečna masa biljaka u kontroli, Tn-broj biljaka u tretmanu, T_g-prosečna masa u tretmanu, Efik %-efikasnost, T_g/K_g-masa biljaka u tretmanu u odnosu na kontrolu

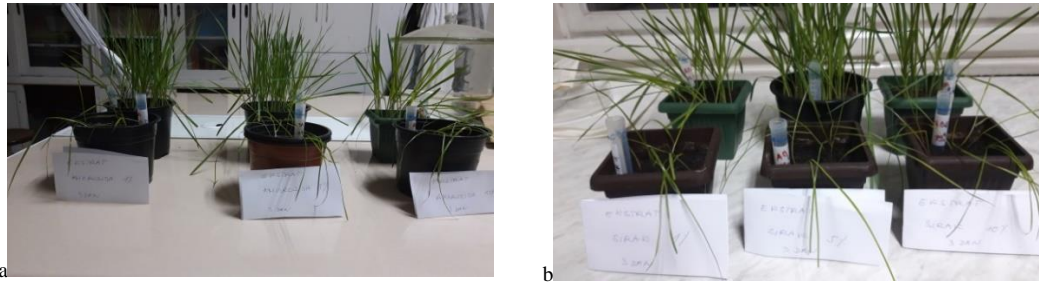
Tokom izvođenja oglada konstatovana je slaba efikasnost a.m. piroksulam na vrstu *Convolvulus arvensis* i a.m. bentazon na vrste *Avena fatua* i *Bromus rigidus*. Razlike u efikasnosti i promene suve mase zavisno od uzrasta tretiranih biljaka su bile par procenata (zbog toga rezultati nisu prikazani). Nasuprot ovoj činjenici, efekat pelargonijske kiseline na sve testirane korovske vrste je bio 100% bez obzira na uzrast tretiranih biljaka. Pošto su promene suve mase bile vezane samo za uzrast biljaka, a ne za ispoljenu efikasnost a.m. pelargonijska kiselina, rezultati nisu prikazani.

Generalno je analiza promena vrednosti suve mase kod tretiranih biljaka potvrdila pouzdanost metode. Na osnovu vrednosti suve mase se može konstatovati da su starije biljke u vreme tretiranja bile otpornije na herbicid u poređenju sa mlađim.

Na osnovu dobijenih zaključaka o promenama suve mase nakon primene herbicida, pratili smo i poredili promene suve mase nakon primene različitih koncentracija vodenih ekstrata AA i SH kod korova i pšenice. Zbog konstatovane slabe efikasnosti herbicida na starije biljke praćena je efikasnost samo na najmlađe biljke (travne vrste uzrasta 5-10 cm, širokolisna vrsta *Convolvulus arvensis* 2-4 lista, pšenica uzrasta 12-13 BBCH skale). Primena koncentracija 1, 5 i 10 % nisu izazvale promene suve mase tretiranih korova i pšenice (rezultati nisu prikazani), nasuprot promenama ispoljenim nakon primene 20% rastvora (Tabel 10). Takođe, vizuelnih simptoma na listovima korova nakon primene svih koncentracija SH i nižih koncentracija AA nije bilo (Slika 6a, 7a, b), osim pojave blage rđaste boje na listovima pšenice i *Bromus rigidus* nakon primene 20% rastvora AA (7 DNP, Slika 6c, 9).



Slika 6. Simptomi na *C. arvensis* nakon primene: a) 20 % ekstrat *S. halepense* i b) a.m. bentazon; c) simptomi na pšenici nakon primene 20% ekstrata *A. artemisiifolia*



Slika 7. Biljke *A. fatua* i *B. rigidus* tretirane: a) različitim koncentracijama ekstrakta *A. artemisiifolia*, b) različitim koncentracijama ekstrakta *S.halepense*

Analiza efikasnosti 20% rastvora AA i SH je pokazala da primenjeni rastvori nisu efikasni za kontrolu korova *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* (efikasnost 0%, Tabela 10). Međutim, konstatovana je i neselektivnost 20% rastvora AA na biljke pšenice (Tabela 10, Slika 6c). Izmerene promene suve mase kod tretiranih biljaka su se kretale do 10% u odnosu na kontrolu (Tabela 10). Promene se dovode u vezu sa procentom vlage, a ne sa ispoljenom efikasnošću biljnih ekstrakata (Tabela 10). Međutim, promene suve mase kod biljaka pšenice su bile značajnije. Primena 20% rastvora AA je negativno uticala na sadržaj suve mase (13,72-26,08% u odnosu na kontrolu), nasuprot ispoljenim malim promenama nakon primene 20% SH (1,89-2,88%) (Tabela 10). Na osnovu izvedenih oglada može se zaključiti da 20% rastvor AA nije bezbedan za primenu u usevu pšenice i da vodeni ekstrati ne ispoljavaju vizuelne simptome delovanja na listovima korova.

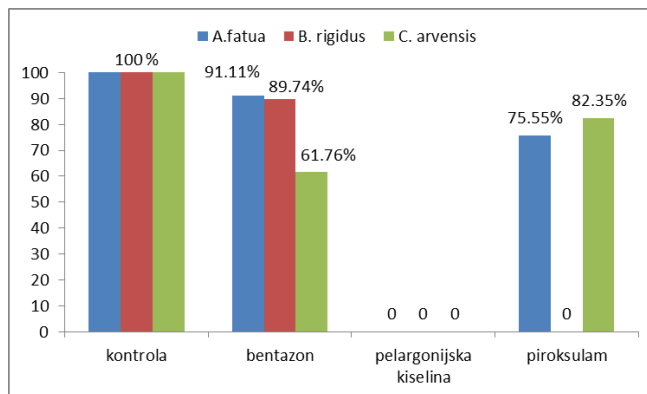
Tabela 10. Efikasnost 20% rastvora ekstrakta *Ambrosia artemisiifolia* (AA) i *Sorghum halepense* (SH) na korove i pšenicu

20 % rastvor ekstrakta <i>A. artemisiifolia</i> (AA)												
2018. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K_g	T_g	$T_g/K_g\%$	Kn	Tn	Efik %	K_g	T_g	$T_g/K_g\%$
<i>A. fatua</i>	10	10	0	0.244	0.218	89.34	10	10	0	0.243	0.222	91.26
<i>B. rigidus</i>	10	10	0	1.46	1.38	94.52	10	10	0	1.58	1.43	90.51
<i>C. arvensis</i>	10	10	0	3.85	3.52	91.43	10	10	0	4.04	3.95	97.77
<i>Pšenica</i>	10	9	10	0.832	0.615	73.92	10	9	10	0.911	0.786	86.28
20 % rastvor ekstrakta <i>S. halepense</i> (SH)												
2019. god.	I ponavljanje						II ponavljanje					
	Kn	Tn	Efik %	K_g	T_g	$T_g/K_g\%$	Kn	Tn	Efik %	K_g	T_g	$T_g/K_g\%$
<i>A. fatua</i>	10	10	0	0.244	0.221	90.57	10	10	0	0.243	0.211	86.83
<i>B. rigidus</i>	10	10	0	1.42	1.35	95.07	10	10	0	1.66	1.54	92.78
<i>C. arvensis</i>	10	10	0	4.06	4.00	98.52	10	10	0	3.93	3.74	95.16
<i>Pšenica</i>	10	10	0	0.835	0.811	97.12	10	10	0	0.951	0.933	98.11

Kn-broj biljaka u kontroli, K_g -prosečna masa biljaka u kontroli, Tn-broj biljaka u tretmanu, T_g -prosečna masa biljaka u tretmanu, Efik %-efikasnost, T_g/K_g -masa biljaka u tretmanu u odnosu na kontrolu

4.2.2. Merenje sposobnosti klijanja - Biotest u Petri posudama

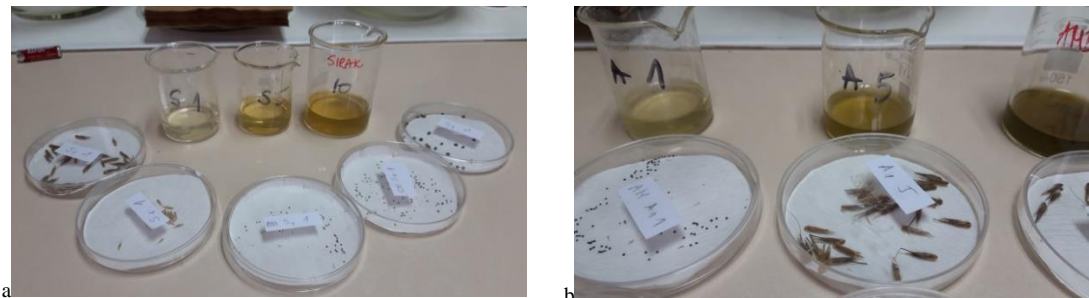
Praćena je energija (sposobnost klijanja) semena korova u rastvorima a.m. herbicida i biljnih ekstrata različite koncentracije. Cilj je bio da se proceni stepen efikasnosti na proces klijanja biljnih ekstrata u odnosu na komercijalne herbicide. Metoda biotest u petri posudama je dosta korišćena u svrhu testiranja klijanja semena kako gajenih biljaka, tako i korova. Smatra se pouzdanom metodom za determinisanje efikasnosti herbicida na proces klijanja semena korova (Toress i sar., 1999). Tokom preliminarnih ispitivanja konstatovali smo da nema razlike ako se seme naklijava u mraku ili na svetlosti ili u režimu dan/noć. Zbog toga su sva naklijavanja rađena u mraku na 25⁰C, 15 dana. Na grafiku 1 prikazana je spobnost klijanja semena korova u rastvorima herbicida.



Grafik 1. Procenat klijanja semena korova u rastvorima herbicida

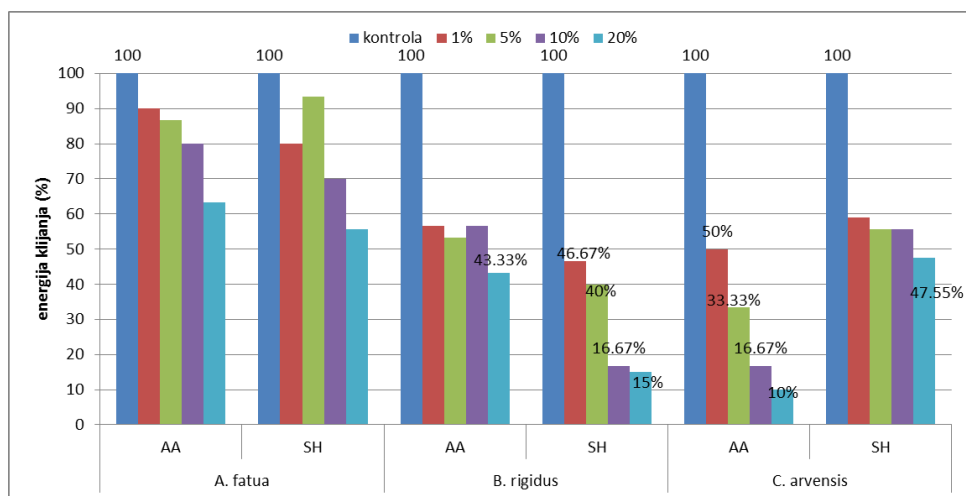
Na osnovu analize može se konstatovati da su obe aktivne materije ispoljile slabo delovanje na proces klijanja semena korova (osim a.m. piroksulam na seme *Bromus rigidus*), nasuprot vrlo efikasnom delovanj pelargonijske kiseline (Grafik 1). Na grafiku se vidi da su semena *Avena fatua* klijala: 0 % (pelargonijska kiselina), 75,55 % (a.m. piroksulam) i 91,11 % (a.m. bentazon); semana *Bromus rigidus* u intervalu 0 % (pelargonijska kiselina i a.m. piroksulam) - 89,74% (a.m. bentazon) i semena *Convolvulus arvensis*: 0 % (pelargonijska kiselina), 61,76% (a.m. bentazon) i 82,35% (a.m. piroksulam). Slaba efikasnost herbicida na sposobnost klijanja se dovodi u vezu sa slabim zemljišnim delovanjem ovih a.m., ali sa druge strane 100% delovanje pelargonijske kiseline potvrđuju pouzdanost metode.

Na slici 8 su prikazani rastvori različite koncentracije biljnih ekstrata, a stepen njihovog delovanja na proces klijanja je prikazan na grafiku 2.



Slika 8: a) Vodeni rastvori različite koncentracije ekstrakta *S. halepense*, b) Vodeni rastvori različite koncentracije ekstrakta *A. artemisiifolia*

Na grafiku 2 se jasno vidi da su sve ispitivane koncentracije oba vodena ekstrakta uticale na smanjenje sposobnosti klijanja semena svih vrsta korova. Najefikasnije delovanje su ispoljile sve koncentracije SH na seme vrste *Bromus rigidus* i koncentracije AA na seme vrste *Convolvulus arvensis* (Grafik 2).



Grafik 2. Procenat klijanja semena korova u različitim koncentracijama biljnih ekstrakata *A. artemisiifolia* (AA) i *S. halepense* (SH)

Koncentracije od 10 i 20 % su ispoljile značajnu inhibiciju klijanja semena navedenih vrsta. Desetoprocentne koncentracije obe vrste (AA, SH) su inhibirale 83,33% klijanje semena *Bromus*

rigidus i *Convolvulus arvensis*. Dvadesetoprocentni rastvori su ispoljili veću efikasnost na semena istih vrsta: 85% rastvor SH (na seme *Bromus rigidus*) i 90% rastvor AA (na seme *Convolvulus arvensis*) (Grafik 2). Efikasnost svih koncentracija oba ispitivana rastvora je najslabije ispoljena na proces klijanja semena vrste *Avena fatua*. Takođe, slabu efikasnost na proces klijanja su ispoljile niže koncentracije (1, 5 i 10 %) oba rastvora: AA na seme vrste *Bromus rigidus* i SH na seme vrste *Convolvulus arvensis* (Grafik 2). Ispitivane koncentracije oba rastvora nisu negativno uticale na sposobnost klijanja semena pšenice (klijavost je bila u interval 95-100%, rezultati nisu prikazani).

Poređenje efikasnosti testiranih ekstrata sa ispoljenom efikasnošću herbicidnih aktivnih materija nam pokazuje da bi ovi rastvori imali slabo delovanje ako bi se primenili preko zemljišta.

Metoda biotest u Petri posudama se može koristiti za praćenje efikasnosti bioherbicida na proces klijanja semena korova.

4.2.3. Promene sadržaja i aktivnosti hlorofila

Ime hlorofil vodi poreklo od dve grčke reči *hloros*, što znači "zeleno" i *filon*, što znači "list". Hlorofil je izolovan 1817. godine u laboratoriji farmaceuta Joseph Bienaimé Caventou i Pierre Joseph Pelletier. On je važna komponenta u biohemijskom procesu - fotosinteza. Zbog toga, praćenjem promena količine i aktivnosti hlorofila može se proceniti produktivnost, odnosno kvalitet fotosinteze kao reakcija na uslove stresa (Lichtenhaler i Babani, 2004).

4.2.3.1. SPAD očitavanje - relativni sadržaj hlorofila

U tabeli 11 prikazane su prosečne vrednosti relativnog sadržaja hlorofila kod biljaka tretiranih herbicidima (a.m. bentazon i piroksulam) i vodenim ekstratima AA i SH.

Tabela 11. Prosečne vrednosti relativnog sadržaja hlorofila nakon primene herbicida i biljnih ekstrata

	0 DNP	1 DNP	3 DNP	6 DNP
<i>Avena fatua</i>				
a.m.bentazon	28.63	26.07	23.37	20.03
a.m.piroksulam		31.21	24.65	20.70
AA 1%	31.97	33.85	32.08	29.56

AA 5%		29.35	25.34	30.09
AA 10%		34.05	21.92	28.80
AA 20%		34.68	24.76	24.53
SH 1%		36.21	31.95	33.30
SH 5%		33.93	30.71	30.24
SH 10%		34.32	34.01	33.52
SH 20%		17.04	18.32	18.05
<i>Bromus rigidus</i>				
a.m.bentazon		19.87	21.11	17.87
a.m.piroksulam		20.52	21.15	18.32
AA 1%		8.83	9.56	15.72
AA 5%		8.72	11.19	10.88
AA 10%	27.72	6.23	12.51	13.98
AA 20%		18.74	13.20	9.33
SH 1%		6.97	7.94	10.88
SH 5%		5.48	5.51	7.11
SH 10%		4.81	7.75	11.33
SH 20%		3.84	4.98	7.08
<i>Convolvulus arvensis</i>				
a.m.bentazon		30.04	23.15	0
a.m.piroksulam		24.70	28.93	29.94
AA 1%		21.74	25.81	23.98
AA 5%		30.96	29.32	28.67
AA 10%	36.80	23.41	25.12	23.71
AA 20%		25.62	26.40	26.47
SH 1%		27.18	27.34	26.99
SH 5%		31.14	29.02	27.59
SH 10%		24.41	26.44	24.04
SH 20%		30.13	27.21	21.62
pšenica				
AA 20%		35.44	32.35	17.67
SH 20%	35.59	36.09	36.72	31.97

DNP-dana nakon primene, AA-ekstrat *A. artemisiifolia*, SH-ekstrat *S. halepense*

Može se konstatovati da je primena herbicida dovela do smanjenja relativnog sadržaja hlorofila kod tretiranih biljaka 6 DNP (Tabela 11), što je statističkom analizom podataka i potvrđeno (Tabela 12). Relativni sadržaj hlorofila kod korova nakon primene vodenih ekstrata AA i SH 6 DNP je takođe bio manji u poređenju sa vrednostima izmerenim u kontroli (osim nakon primene 1 i 10% rastvora SH kod vrste *Avena fatua*, Tabela 11).

Tabela 12. Statistička analiza relativnog sadržaja hlorofila nakon primene herbicida

vrste	<i>Avena fatua</i>		<i>Bromus rigidus</i>		<i>Convolvulus arvensis</i>	
	a.m. bentazon	a.m. piroksulam	a.m. bentazon	a.m. piroksulam	a.m. bentazon	a.m. piroksulam
0-1 DNP	ns	ns	0.045*	0.042*	ns	0.0003**
0-3 DNP	ns	ns	ns	ns	0.0004**	0.0096**
0-6 DNP	0.036*	0.04*	0.014*	0.010*	0.000**	0.021*
sredina	24.53	26.31	21.64	21.93	22.51	30.09
SD	6.99	7.09	7.04	6.44	15.11	6.28

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene

Statistička analiza podataka je pokazala da promene relativnog sadržaja hlorofila kod vrste *Avena fatua* nisu bile statistički značajne u vreme sve tri ocene (osim 3 DNP 5% i 10% AA, 1, 3 i 6 DNP 20% SH, Tabela 13), a kod vrsta *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* jesu (p<0.01**, osim 1 DNP 5% ekstrata SH kod vrste *Convolvulus arvensis*, Tabela 13).

Tabela 13. Promene relativnog sadržaja hlorofila nakon primene biljnih ekstrata

vrste	<i>Avena fatua</i>				<i>Bromus rigidus</i>				<i>Convolvulus arvensis</i>			
	1%	5%	10%	20%	1%	5%	10%	20%	1%	5%	10%	20%
Ekstrati <i>Ambrosia artemisiifolia</i> (AA)												
0-1 DNP	ns	ns	ns	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.028*	0.000**	0.021*	0.000**	0.002**
0-3 DNP	ns	0.049*	0.006**	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.001**	0.003**	0.004**	0.002**	0.004**
0-6 DNP	ns	ns	ns	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.002**	0.000**	0.004**
sredina	31.87	29.19	29.19	28.99	14.46	14.63	15.11	17.25	27.08	31.43	27.26	28.82
SD	3.24	5.67	7.04	7.58	8.71	9.53	9.75	9.34	7.93	4.98	7.87	6.95
Ekstrati <i>Sorghum halepense</i> (SH)												
0-1 DNP	ns	ns	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	ns	0.000**	0.038*
0-3 DNP	ns	ns	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.003**	0.000**	0.004**
0-6 DNP	ns	ns	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.014*	0.000**	0.000**
sredina	33.36	31.71	33.45	21.34	13.38	11.46	12.90	10.91	29.58	31.14	27.92	28.94
SD	4.32	5.82	4.41	6.74	9.24	10.22	9.96	10.41	5.77	6.61	6.95	7.39

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene

Test selektivnosti biljaka pšenice prema različitim koncentracijama vodenih ekstrata je pokazao da se relativni sadržaj hlorofila smanjio 6 DNP (Tabela 14). Međutim, statistička analiza

je pokazala da su te promene statistički značajne samo nakon primene 20% ekstrakta AA ($p=0.000^{**}$, Tabela 14). Na osnovu merenja relativnog sadržaja hlorofila (SPAD očitavanje) dobijenih vrednosti može se konstatovati da rastvor AA nije bezbedan za kontrolu korova u usevu pšenice u poređenju sa 20% rastvorom SH (Tabela 14).

Metoda SPAD očitavanje se može koristiti za determinisanje herbicidnog delovanja vodenih ekstrakata u kontroli korova.

Tabela 14. Promene relativnog sadržaja hlorofila (SPAD) i statistička analiza kod biljaka pšenice nakon primene biljnih ekstrakata

Prosečne vrednosti			
Nakon primene 20% ekstrakta AA			
0 DNP	1 DNP	3 DNP	6 DNP
35.59	35.44	32.35	17.67
Nakon primene 20% ekstrakta SH			
0 DNP	1 DNP	3 DNP	6 DNP
35.59	36.09	36.72	31.97
Statistička analiza			
rastvor	20% AA	20% SH	
0-1 DNP	ns	ns	
0-3 DNP	ns	ns	
0-6 DNP	0.000 ^{**}	ns	
sredina	8.39	35.09	
SD	3.85	3.85	

$p < 0.01^{**}$, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene, AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*.

4.2.3.2. Ekstrakcija hlorofila – sadržaj: hlorofila *a* i *b*, ukupnog hlorofila i karotenoida

U tabeli 15 su prikazane prosečne vrednosti sadržaja pigmenata i njihovih proporcija u listovima pšenice, *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* 6 DNP aktivnih materija herbicida i različitih koncentracija vodenih ekstrakata AA i SH. Aktivne materije herbicida su smanjile vrednosti svih merenih parametara 6 DNP: osim a.m. bentazon kod *Avena fatua* parametar *a:b* i UK chl: karotenoidi i a.m. piroksulam kod *Bromus rigidus* parametar *a:b* i kod *Convolvulus arvensis* parametar UK chl:karotenoidi, Tabela 15).

Statistička analiza je potvrdila da promene kod vrste *Avena fatua* nisu bile statistički značajne (osim smanjenje sadržaja chl *b* nakon primene a.m. bentazon, Tabela 16). Kod vrste *Bromus rigidus* sve promene merenih parametara nakon primene a.m. piroksulam su bile statistički značajne (osim sadržaj karotenoida). Primenjena aktivna materija bentazon je statistički značajno uticala na vrednosti parametra chl *b*, UK chl i UK chl:karotenoidi (Tabela 16). Suprotno delovanju a.m. bentazon na parametar hlorofila kod vrste *Bromus rigidus*, kod vrste *Convolvulus arvensis* sve promene su bile statistički značajne (osim chl *a*, Tabela 16). Delovanje a.m. piroksulam na parametar hlorofila kod vrste *Convolvulus arvensis* je statistički bilo značajno (osim na parametar karotenoidi i UK chl:karotenoidi, Tabela 16).

Analiza izmerenih vrednosti kod vrste *Avena fatua* nakon primene različitih koncentracija AA je pokazala sledeće: (1) sadržaj chl *a* je bio veći nakon tretmana svim koncentracijama AA, (2) sadržaj chl *b* je bio manji nakon primene svih koncentracija (osim 5% AA), (3) sadržaj ukupnog hlorofila je bio veći nakon primene svih koncentracija AA, (4) sadržaj karotenoida je bio veći nakon primene svih koncentracija (osim 1% AA) i (5) proporcije *a:b* i UK chl: karotenoidi su bile veće nakon primene svih koncentracija AA u poređenju sa kontrolom (Tabela 15). Suprotno delovanju rastvora AA, primena ekstrata SH u koncentraciji 5 i 20% je dovela do smanjenja sadržaja hlorofila *a*, *b* i ukupnog hlorofila 6 DNP u poređenju sa kontrolom, a primena 1 i 10% SH do uvećanja istih parametara (Tabela 15). Sadržaj karotenoida je bio manji u odnosu na kontrolu nakon primene svih ispitivanih koncentracija SH (osim 5% SH). Suprotno ovome, sve koncentracije su dovele do povećanja vrednosti *a:b*, osim koncentracija 5% i do smanjenja proporcije UK chl:karotenoidi (osim 1% SH, Tabela 15).

Generalno najveća ispitivana koncentracije AA je uticale na rast vrednosti merenih parametara kod vrste *Avena fatua* (osim na parametar chl *b*), a najveća koncentracija rastvora SH na smanjenje svih merenih parametara (osim *a:b*, Tabela 15).

Kod vrste *Bromus rigidus* različite koncentracije rastvora AA su 6 DNP dovele do smanjenja vrednosti parametara: chl *a*, ukupni hlorofil, karotenoidi i *a:b* i do uvećanja vrednosti parametara: chl *b* (osim 5% SH) i UK hlorofil:karotenoidi (Tabela 15). Različite koncentracije

rastvora SH su uticale na vrednosti merenih parametara kao i koncentracije AA (osim 5% SH, Tabela 15).

Generalno najveće ispitivane koncentracije AA i SH su uticale na rast vrednosti merenih parametara kod vrste *Bromus rigidus* (osim na chl *b* i UK chl:karotenoidi, Tabela 15).

Tabela 15. Prosečne vrednosti sadržaja pigmenata u listovima korova i pšenice 6 DNP biljnih ekstrata i herbicida

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	karo	Chl <i>a</i>:<i>b</i>	UK chl:karo
<i>Pšenica</i>						
K	0.93	2.81	3.74	1.58	0.33	2.37
AA 20%	3.03	0	3.03	0.89	0	3.39 (1.4x)
SH 20 %	3.31	3.55	6.85	0.48	0.93 (2.8x)	1.62 (1.5x)
<i>Avena fatua</i>						
K	4.33	3.87	8.20	0.44	1.15	13.77
AA 1%	5.57	3.48	9.05	0.37	1.58 (1.4x)	26.06 (1.9x)
AA 5%	6.50	3.95	10.45	0.55	1.64 (1.4x)	19.01 (1.4x)
AA 10%	6.31	3.09	9.41	0.56	2.04 (1.8x)	16.83 (1.2x)
AA 20%	8.70	3.71	12.41	0.61	2.35 (2.0x)	18.72 (1.4x)
SH 1%	6.68	4.97	11.66	0.24	1.34 (1.2x)	50.31 (3.6x)
SH 5%	1.15	1.05	2.21	2.56	1.10 (1.0x)	0.86 (16.0x)
SH 10%	7.19	5.27	12.47	0.53	4.92 (4.3x)	8.45 (1.6x)
SH 20%	2.71	1.15	3.85	0.43	2.38 (2.1x)	9.01 (1.5x)
B	3.20	1.85	5.05	0.36	1.74 (1.5x)	14.20 (1.0x)
P	0.55	3.47	4.02	0	0.15 (7.7x)	0
<i>Bromus rigidus</i>						
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	karo	Chl <i>a</i>:<i>b</i>	UK chl:karo
K	1.37	3.90	5.28	0.12	0.35	44.15
AA 1%	5.57	3.44	9.01	0.37	1.58 (4.5x)	26.06 (1.7x)
AA 5%	6.69	3.97	10.66	0.49	1.35 (3.8x)	21.88 (2.0x)
AA 10%	6.26	3.11	9.37	0.51	2.01 (5.7x)	18.41 (2.4x)
AA 20%	8.75	3.71	12.44	0.63	2.36 (6.7x)	18.32 (2.4x)
SH 1%	4.06	2.97	7.03	0.71	1.37 (3.9x)	10.09 (4.4x)
SH 5%	6.60	9.70	16.3	0.08	0.68 (1.9x)	23.62 (1.9x)
SH 10%	8.61	3.28	11.88	0.86	2.62 (7.5x)	13.87 (3.2x)
SH 20%	5.07	1.72	6.79	0.67	2.98 (8.5x)	10.24 (4.3x)
B	1.24	5.28	6.52	0.11	0.23 (1.5x)	6.52 (6.8x)
P	2.30	1.18	3.49	0.37	1.95 (5.6x)	10.51(4.2x)
<i>Convolvulus arvensis</i>						
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	karo	Chl <i>a</i>:<i>b</i>	UK chl:karo
K	3.96	2.87	6.17	0.62	1.44	11.25
AA 1%	5.27	1.82	7.12	0.81	2.88 (2.0x)	8.85 (1.3x)
AA 5%	0.61	6.33	6.94	0	0.09 (16.0x)	0
AA 10%	1.24	2.41	3.64	0.06	0.51 (2.8x)	50.61 (4.5x)
AA 20%	9.36	4.74	14.09	0.67	1.97 (1.4x)	20.93 (1.9x)
SH 1%	5.09	4.57	9.66	0.14	1.17 (1.2x)	73.40 (6.5x)
SH 5%	3.26	5.40	8.66	0	0.60 (2.4x)	0
SH 10%	2.18	3.36	5.54	0.41	0.65 (2.2x)	12.59 (1.1x)

SH 20%	3.39	1.45	4.84	0.49	2.40 (1.7x)	10.07 (1.1x)
B	3.31	8.16	11.47	0	0.41 (3.5x)	0
P	1.47	3.45	4.92	0.30	0.43 (3.3x)	15.25 (1.3x)

Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, UK chl-ukupni hlorofil, AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*, karo-karotenoidi, B-bentazon, P-pirowsulam, K-kontrola (siva polja = uvećanje parametra u odnosu na kontrolu)

Analiza dobijenih vrednosti nakon primene različitih koncentracija AA i SH kod vrste *Convolvulus arvensis* nije pokazala pravilnost u promeni parametara vezano za rast ili količinu koncentracije ispitivanih rastvora (Tabela 15). Sve ispitivane koncentracije AA i SH su uticale: (1) na smanjenje sadržaja hlorofila *a* (osim 1% AA i SH, 20% AA), (2) na uvećanje sadržaja hlorofila *b* (osim 1 i 10% AA i 20% SH), (3) na uvećanje sadržaja ukupnog hlorofila (osim 10% AA i SH i 20% SH), (4) na smanjenje sadržaja karotenoida (osim 1 i 20% AA), (5) na smanjenje parametra *a:b* (osim 1 i 20% AA i 20% SH) i (6) na uvećanje parametra UK chl:karotenoidi (osim 1 i 5% AA i 5 i 20% SH, Tabela 15).

Generalno su najveće ispitivane koncentracije oba rastvora delovale suprotno: 20% rastvor AA je uticao na rast vrednosti svih merenih parametara u odnosu na kontrolu 6 DNP, a 20% rastvor SH na smanjenje istih (osim na parametar *a:b*, Tabela 15).

Test selektivnosti efekta različitih koncentracija AA i SH na merene parametre hlorofila je pokazao da je 20% rastvor AA štetan za biljke pšenice. Rastvor koncentracije od 20% AA je doveo do uništenja hlorofila *b*, a time i parametar *a:b* je imao vrednost 0 (Tabela 15).

Tabela 16. Statistička analiza sadržaja pigmenata i njihovih proporcija u listovima korova 6 DNP herbicida

<i>Avena fatua</i>						
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	Karo	Chl <i>a:b</i>	UK chl:karo
K-B	ns	0.000**	ns	ns	ns	ns
K-P	ns	ns	ns	ns	ns	ns
sredina	2.69	3.06	5.76	0.26	1.01	9.32
SD	2.66	0.95	2.75	0.36	0.91	10.32
<i>Bromus rigidus</i>						
K-B	ns	0.000**	0.000**	ns	ns	0.000**
K-P	0.000**	0.000**	0.000**	ns	0.000**	0.000**
sredina	1.64	3.45	5.09	0.21	0.84	20.39
SD	0.51	1.81	1.34	0.18	0.83	18.93

<i>Convolvulus arvensis</i>						
K-B	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.045*	0.000**
K-P	0.039*	0.025*	ns	0.000**	0.048*	ns
sredina	2.91	4.83	7.52	0.30	0.76	8.83
SD	1.50	2.52	3.08	0.27	0.67	7.12

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, K-kontrola, B-bentazon, P-piroksulam, Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, T chl-ukupni hlorofil, karo-karotenoidi, Duncan test, DNP-dana nakon primene.

Statistička analiza dobijenih vrednosti parametara hlorofila kod korova nakon primene različitih koncentracija vodenih ekstrata AA i SH je prikazana u tabelama 17 i 18 i pšenice (Tabela 19). Kod vrste *Avena fatua* se na osnovu statističke obrade podataka može konstatovati da niže ispitivane koncentracije AA (1, 5 i 10%, Tabela 17) nisu statistički značajno uticale na parametre hlorofila i njihove proporcije (osim 10% AA na sadržaj hlorofila *b*, p<0.05*, niža vrednost u odnosu na kontrolu). Najveća ispitivana koncentracija (20% AA) je statistički značajno uticala (p<0.05*) na sadržaj hlorofila *a* (uvećano u odnosu na kontrolu), ukupnog hlorofila (uvećano u odnosu na kontrolu) i parametar *a:b* (uvećano u odnosu na kontrolu), (Tabela 17).

Nasuprot delovanju na vrstu *Avena fatua*, kod vrste *Bromus rigidus* sve ispitivane koncentracije AA su statistički značajno uticale na promene ispitivanih parametara (osim koncentracije 1, 5 i 20% na sadržaj hlorofila *b*, Tabela 17).

Kod vrste *Convolvulus arvensis* najmanja ispitivana koncentracija ekstrata AA (1%) nije uticala na ispitivane parametre, osim na proporciju hlorofila *a:b* (veće vrednosti u odnosu na kontrolu). Suprotno ovome koncentracija AA od 5% je statistički značajno uticala na promene analiziranih parametara (osim na sadržaj ukupnog hlorofila, Tabela 17). Veće ispitivane koncentracije su statistički značajno uticale na sadržaj karotenoida (manje vrednosti u odnosu na kontrolu), proporciju hlorofila *a:b* (manje vrednosti u odnosu na kontrolu) i proporciju UK chl:karotenoidi (veće vrednosti u odnosu na kontrolu) (10% AA), a koncentracija 20% na: sadržaj hlorofila *a*, *b*, ukupnog hlorofila i proporciju UK chl:karotenoidi (veće vrednosti u odnosu na kontrolu, Tabela 17).

Tabela 17. Statistička analiza sadržaja pigmenata i njihovih proporcija u listovima korova 6 DNP ekstrata *A. artemisiifolia* (AA)

<i>Avena fatua</i>						
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	T chl	karo	Chl <i>a:b</i>	UK chl:karo
K-AA 1%	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K-AA 5%	ns	ns	ns	ns	ns	ns
K-AA 10%	ns	0.024*	ns	ns	ns	ns
K-AA 20%	0.025*	ns	0.037*	ns	0.018*	ns
sredina	6.28	3.62	9.90	0.51	1.75	18.18
SD	2.27	0.44	2.35	0.25	0.61	7.42
<i>Bromus rigidus</i>						
K-AA 1%	0.000**	ns	0.003**	0.005**	0.000**	0.000**
K-AA 5%	0.000**	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
K-AA 10%	0.000**	0.02*	0.002**	0.000**	0.000**	0.000**
K-AA 20%	0.000**	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
sredina	5.73	3.62	9.35	0.42	1.53	25.76
SD	2.6	0.44	2.64	0.19	0.74	10.34
<i>Convolvulus arvensis</i>						
K-AA 1%	ns	ns	ns	ns	0.001**	ns
K-AA 5%	0.033*	0.000**	ns	0.000**	0.002**	0.004**
K-AA 10%	ns	ns	ns	0.000**	0.015*	0.000**
K-AA 20%	0.002**	0.011*	0.001**	ns	ns	0.011*
sredina	4.09	3.63	7.59	0.43	1.38	18.34
SD	3.54	1.83	4.05	0.36	1.09	18.35

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene; K-kontrola, AA-*A. artemisiifolia*, Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, UK chl-ukupni hlorofil, karo-karotenoidi, Duncan test.

U tabeli 18 je prikazana statistička analiza dobijenih vrednosti za parametre hlorofila nakon primene različitih koncentracija SH. Može se konstatovati da ispitivane koncentracije nisu statistički značajno uticale na parametre chl *a*, karotenoidi (osim 5% SH), *a:b* i UK chl:karotenoidi (osim 1% SH) kod vrste *Avena fatua* (Tabela 18). Statistički značajan uticaj je izmeren nakon primene svih ispitivanih koncentracija na parametre: chl *b* i UK hlorofil (Tabela 18). Kod vrste *Bromus rigidus* je konstatovano da su različite koncentracije rastvora SH statistički značajno uticale na sve merene parametre i njihove proporcije (osim 5% rastvor na sadržaj karotenoida; 5 i 10% SH na UK chl:karotenoidi, Tabela 18). Promene kod vrste *Convolvulus arvensis* su bile varijabilne u odnosu na porast vrednosti ispitivane koncentracije. Na sadržaj hlorofila *a* statistički značajno uticala je samo koncentracija 10% SH (vrednost manja u odnosu na kontrolu), na sadržaj hlorofila *b* i ukupnog hlorofila koncentracije 1, 5 i 10% (veće vrednosti u odnosu na kontrolu), na sadržaj karotenoida sve ispitivane koncentracije (vrednosti manje u odnosu na kontrolu), na proporciju hlorofila *a:b* koncentracije 5 (vrednost manja u odnosu na kontrolu) i 20% (vrednost

veća u odnosu na kontrolu) i na proporciju UK chl:karotenoidi samo koncentracija 1% SH (vrednost veća u odnosu na kontrolu) (Tabela 18).

Tabela 18. Statistička analiza sadržaja pigmentata i njihovih proporcija u listovima korova 6 DNP ekstrata *Sorghum halepense* (SH)

<i>Avena fatua</i>						
	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	Karo	Chl <i>a:b</i>	UK chl:karo
K-SH 1%	ns	0.04*	0.044*	ns	ns	0.000**
K-SH 5%	ns	0.000**	0.003**	0.000**	ns	ns
K-SH 10%	ns	0.013*	0.018*	ns	ns	ns
K-SH 20%	ns	0.000**	0.016*	ns	ns	ns
sredina	4.41	3.26	7.67	0.84	2.18	16.48
SD	2.94	1.95	4.51	0.95	2.97	19.73
<i>Bromus rigidus</i>						
K-SH 1%	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.047*
K-SH 5%	0.000**	0.000**	0.000**	ns	0.022*	ns
K-SH 10%	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	ns
K-SH 20%	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.047*
sredina	5.14	4.31	9.45	0.49	1.61	20.39
SD	2.51	2.89	4.23	0.35	1.08	20.46
<i>Convolvulus arvensis</i>						
K-SH 1%	ns	0.000**	0.000**	0.000**	ns	0.000**
K-SH 5%	ns	0.000**	0.000**	0.000**	0.046*	ns
K-SH 10%	0.035*	ns	ns	0.000**	ns	ns
K-SH 20%	ns	0.000**	0.031*	0.037*	0.026*	ns
sredina	3.58	3.53	6.97	0.33	1.25	21.46
SD	1.24	1.44	2.00	0.24	0.78	28.40

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene; K-kontrola, SH-S. *halepense*, Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, UK chl-ukupni hlorofil, karo-karotenoidi, Duncan test.

Statistička analiza efekta najvećih ispitivanih koncentracija AA i SH na parametre hlorofila u biljkama pšenice je pokazala da postoje razlike u delovanju rastvora (osim na sadržaj karotenoida i proporciju UK chl:karotenoidi, Tabela 19). Rastvor SH je povećao sadržaj chl *a*, chl *b*, ukupnog hlorofila, proporcije *a:b*, a smanjio sadržaj karotenoida i proporcije UK chl:karotenoidi (Tabela 19). Rastvor AA je smanjio sadržaj svih posmatranih parametara (osim sadržaja chl *a*, Tabela 19), ali i potpuno uništio sadržaj hlorofila *b*.

Tabela 19. Statistička analiza sadržaja pigmenata i njihovih kombinacija u listovima pšenice

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	karo	Chl <i>a:b</i>	UK chl:karo
Kontrola	0.93	2.81	3.74	1.58	0.33	2.37
AA 20% 6 DNP	3.03	0	3.03	0.89	0	0.93
SH 20% 6 DNP	3.31	3.55	6.85	0.48	3.39	1.62
<i>p</i> (AA vs SH)	0.034*	0.000**	0.000**	ns	0.000**	ns
sredina	2.42	2.12	4.54	0.98	0.42	2.46
SD	1.12	1.62	1.76	0.63	0.41	1.60

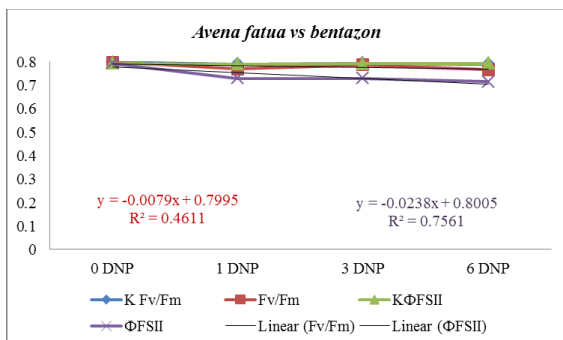
$p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene; AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*, Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, UK chl-ukupni hlorofil, karo-karotenoidi, Duncan test.

Generalno, nije utvrđena korelacija između rasta ispitivanih koncentracija sa promenama merenih parametara hlorofila.

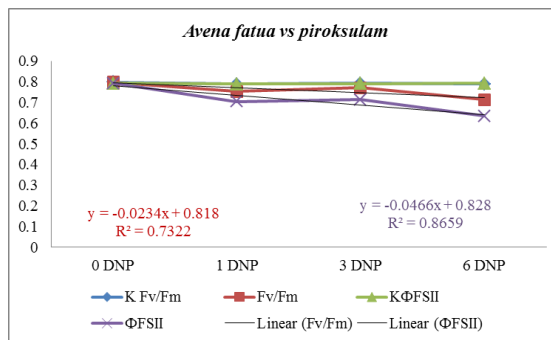
4.2.3.3. Fluorescencija hlorofila

Fluorescencija hlorofila je brza, pouzdana i nedestruktivna metoda za praćenje promena kod biljaka u uslovima stresa. Posebno je prilagođena za praćenje promena u procesu fotosinteze. Blokada transporta elektrona (prisustvom herbicida, teških metala) sprečava transformaciju apsorbirane svetlosne energije, odnosno ona se nepovratno gubiti. Aktivnost fotosinteze se meri prinosom fluorescencije hlorofila *a* (F_v/F_m) i efikasnošću fotosistema (ΦF_{SII}).

Na graficima 3-8 prikazane su vrednosti F_v/F_m i ΦF_{SII} kod korova nakon primene herbicida (a.m. bentazon i piroksulam) 0, 1, 3 i 6 DNP. Kod svih vrsta je konstatovano opadanje merenih parametara u tretiranim biljkama u funkciji vremena (koeficijent “b” u jednačini regresije ima prefix “-“). Najveće razlike u odnosu na kontrolu konstatovane su kod biljaka *Convolvulus arvensis* nakon primene obe aktivne materije (Grafik 7, 8).

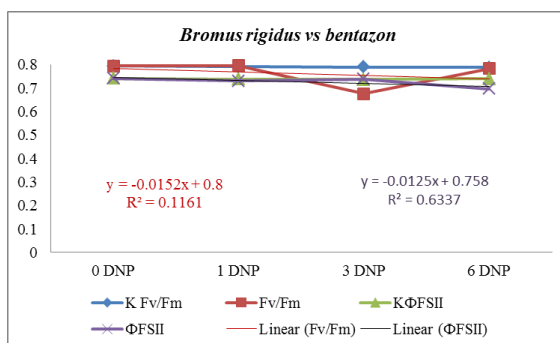


Grafik 3. Promene Fv/Fm i Φ FSII kod *A. fatua* nakon primene a.m. bentazon

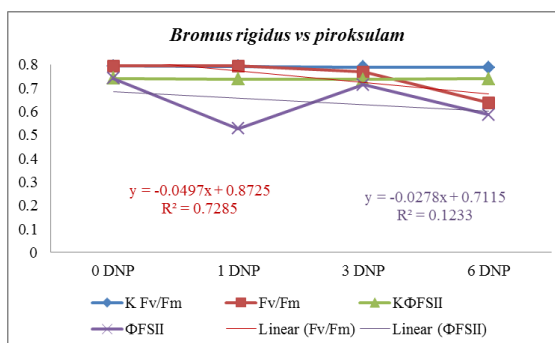


Grafik 4. Promene Fv/Fm i Φ FSII kod *A. fatua* nakon primene a.m. piroksulam

Obe aktivne materije su kod vrste *Avena fatua* dovele do smanjenja posmatranih parametara (“-b” u jednačini regresije) i koeficijent korelacije pokazuje visoku zavisnost promena od stresa (Fv/Fm $r^2=0,46$ i $0,73$; Φ FSII $r^2=0,76$ i $0,86$; Grafik 3, 4). Sličan efekat aktivnih materija herbicida je bio i na proces fotosinteze kod biljaka *Bromus rigidus* (Grafik 5, 6). Vrednosti Fv/Fm i Φ FSII su opadale u funkciji vremena u poređenju sa kontrolom (“-b” u jednačini regresije). Međutim, koeficijent korelacije pokazuje visoku zavisnost parametara Φ FSII ($r^2=0,63$) i slabu zavisnost Fv/Fm ($r^2=0,11$) nakon primene a.m. bentazon (Grafik 5) i suprotno, visoku zavisnost Fv/Fm ($r^2=0,73$) i slabu zavisnost Φ FSII ($r^2=0,12$) nakon primene a.m. piroksulam (Grafik 6).



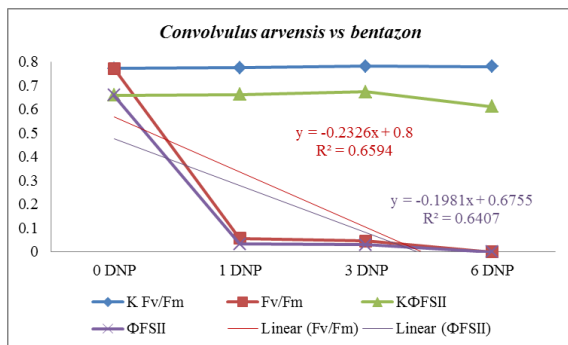
Grafik 5. Promene Fv/Fm i Φ FSII kod *B. rigidus* nakon primene a.m. bentazon



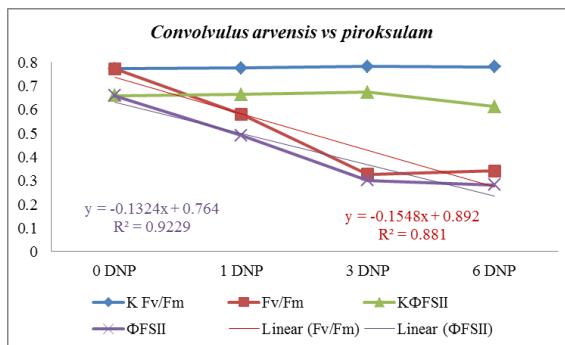
Grafik 6. Promene Fv/Fm i Φ FSII kod *B. rigidus* nakon primene a.m. piroksulam

Kao što je već navedeno, najizraženije promene, odnosno najveća zavisnost merenih parametara od primene aktivnih materija herbicida su uočene kod vrste *Convolvulus arvensis*. U funkciji vremena mereni parametri su imali tendenciju opadanja u poređenju sa kontrolnim vrednostima (0 DNP, Grafik 7, 8). Posebno se vidi nakon primene a.m. bentazon kada su oba

parametra imala vrednost 0, tj. biljke su mrtve. Trećeg DNP je konstatovana fiziološka smrt biljaka jer su parametri fotosinteze bili jako niski (Grafik 7). Za sve posmatrane parametre koeficijent korelacije je bio visok (Fv/Fm $r^2= 0,66$ i $0,88$; ΦFSI $r^2=0,64$ i $0,92$) što potvrđuje oštećenje procesa fotosinteze od prisustva herbicida (Grafik 7, 8). Primena a.m. piroksulam 6 DNP je dovela biljke u stanje fiziološke smrti ($Fv/Fm=0.341$, $\Phi FSI=0.281$; Grafik 8) što bi se u funkciji vremena završilo potpunim propadanjem biljaka.



Grafik 7. Promene Fv/Fm i ΦFSI kod *C. arvensis* nakon primene a.m. bentazon



Grafik 8. Promene Fv/Fm i ΦFSI kod *C. arvensis* nakon primene a.m. piroksulama

Sve dobijene vrednosti i njihove razlike u odnosu na kontrolu su potvrđene statističkom analizom (ANOVA, Duncan test, Tabela 20). Kod svih testiranih biljaka je konstatovana statistički veoma značajna razlika ($p=0.000^{**}$, osim kod vrste *Bromus rigidus* promene ΦFSI su bile na nivou značajnosti $p=0.023^*$, Tabela 20) u odnosu na početne (0 DNP, kontrola) vrednosti.

Dobijeni rezultati i njihova analiza potvrđuju pouzdanost metode (fluorescencija hlorofila) za definisanje osetljivosti korova na uslove stresa i omogućilo definisanje odgovora korova na primenu biljnih ekstrata AA i SH.

Tabela 20. Statistička analiza parametara Fv/Fm i ΦFSI nakon primene a.m. herbicida

<i>Avena fatua</i>				
tretmani	a.m. bentazon		a.m. piroksulam	
parametri	Fv/Fm	ΦFSI	Fv/Fm	ΦFSI
0-6 DNP	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**
sredina	0.78	0.73	0.76	0.70

SD	0.01	0.02	0.04	0.06
<i>Bromus rigidus</i>				
parametri	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII
0-6 DNP	0.006**	0.023*	0.000**	0.000**
sredina	0.789	0.731	0.698	0.642
SD	0.02	0.02	0.11	0.11
<i>Convolvulus arvensis</i>				
parametri	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII
0-6 DNP	0.000**	0.000**	0.001**	0.001**
sredina	0.217	0.277	0.505	0.429
SD	0.33	0.18	0.26	0.22

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene, Fv/Fm prinos fluorescencije, ΦFSII efikasnost fotosistema

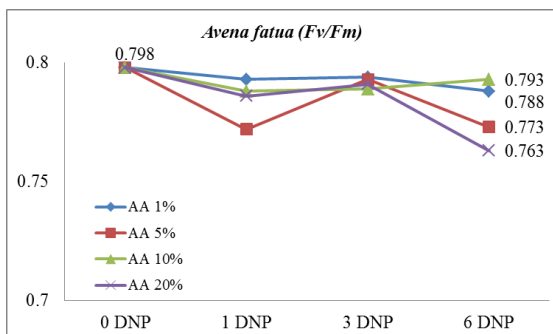
Dosadašnja ispitivanja efekta vodenih ekstrata AA i SH na korovske biljke nije pokazala vizuelne promene na listovima istih (osim blago žutilo na listovima *Bromus rigidus* od 20% AA, Slika 9). Zbog toga smo merili efekte ekstrata AA i SH na parametre procesa fotosinteze (Fv/Fm i ΦFSII; Grafik 9-20).



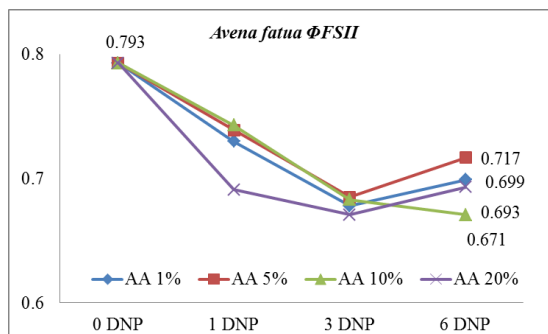
Slika 9. Biljke *B. rigidus* nakon primene 20% ekstrata *A. artemisiifolia*.

Analiza dobijenih podataka je pokazala da su različite koncentracije vodenih ekstrata AA i SH uticale na proces fotosinteze, posebno izraženo preko promena parametra ΦFSII (Grafik 10, 12, 14, 16, 18, 20). Kod vrste *Avena fatua* promene su nastale u prva 24h nakon primene (Grafik 10, 12), što je statističkom analizom podataka i potvrđeno (p=0,000**, Tabela 21). Promene parametra Fv/Fm su uočene isto u prva 24h (Grafik 9, 11), međutim biljke su 3 DNP pokušale da se izbore sa uslovima stresa. Promene nastale nakon primene nižih koncentracija (osim 5% AA)

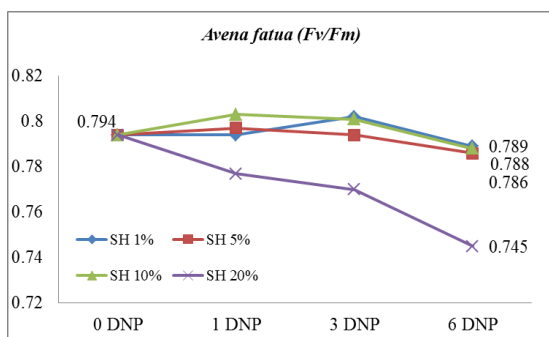
nisu imale značaja ni 6 DNP, nasuprot statistički značajnim promenama nakon primene 20% AA i SH (Grafik 9, 11; Tabela 21).



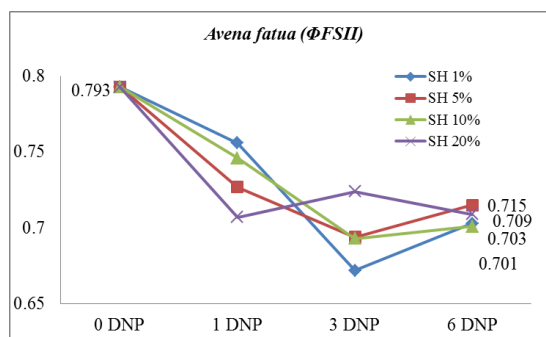
Grafik 9. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *A. fatua* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA).



Grafik 10. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *A. fatua* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA).



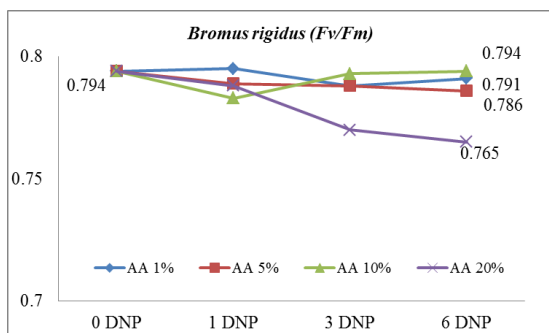
Grafik 11. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *A. fatua* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH).



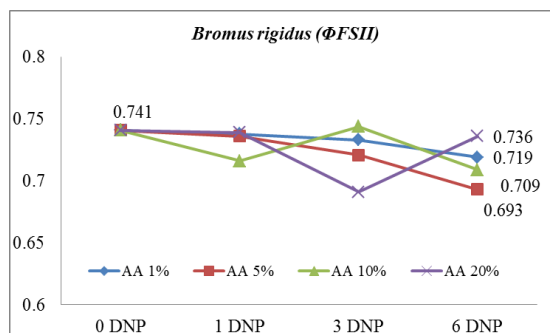
Grafik 12. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *A. fatua* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH).

Kod vrste *Bromus rigidus* (kao i kod *Avena fatua*) primena ekstrakata (AA i SH) je takođe intezivnije uticala na parametar ΦFSII (Grafik 14, 16), nego na Fv/Fm (Grafik 13, 15). Promene oba parametra nakon primene ekstrakata AA su se mogle konstatovati 3 DNP, a promene nakon primene SH ekstrakata već u prva 24h u poređenju sa kontrolom. Konstatovane su oscilacije parametra ΦFSII nakon primene 5% AA i SH (Grafik 14, 16). Najasniji pad vrednosti parametra Fv/Fm u funkciji vremena je konstatovan nakon primene 20% ekstrakata oba rastvora (Grafik 13, 15). Variranja koja se mogu videti na graficima 14 i 16 ukazuju na činjenicu da biljke pokušavaju da prevaziđu uslove stresa aktiviranjem nekog odbrambenog mehanizma. Statistička analiza podataka je pokazala da su promene parametra ΦFSII bile statistički značajne nakon primene svih testiranih koncentracija oba rastvora (osim 20% AA, Tabela 21). Međutim, promene Fv/Fm nisu

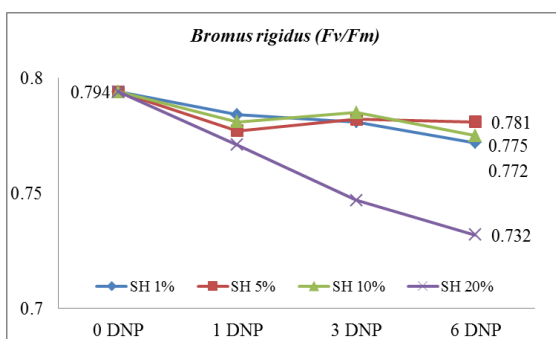
bile uvek statistički značajne (osim 5% AA (0,049*), 20% AA (0,000**), 1% SH (0,022*) i 20% SH; Tabela 21).



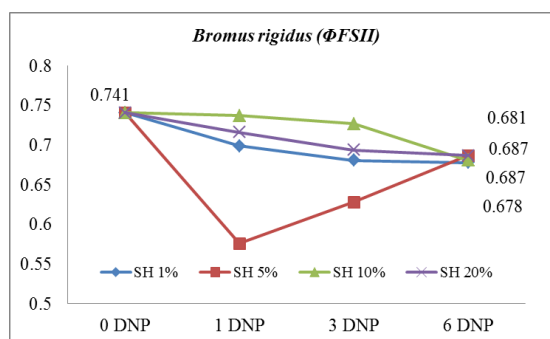
Grafik 13. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *B. rigidus* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA)



Grafik 14. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *B. rigidus* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA)

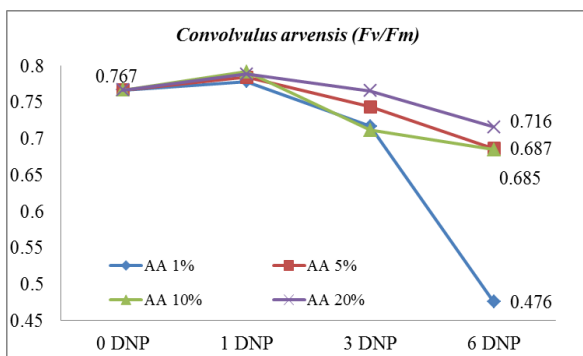


Grafik 15. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *B. rigidus* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH)

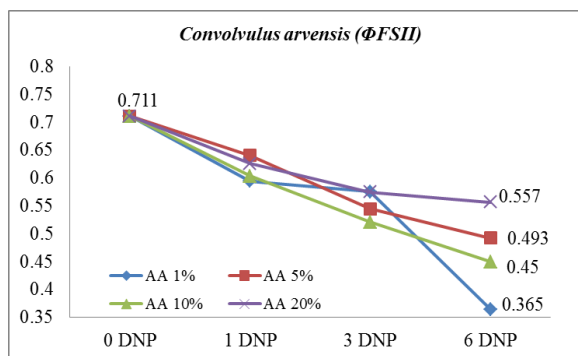


Grafik 16. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *B. rigidus* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH)

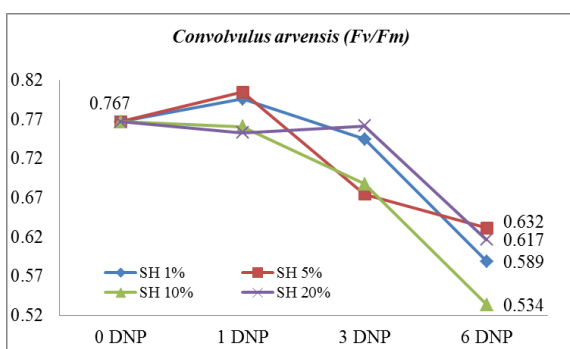
Najizraženije promene merenih parametara su konstatovane kod vrste *Convolvulus arvensis* (Grafik 17-20). Na graficima 17 i 19 se uočava da u prva 24h nakon primene ekstrakta AA i SH biljke pokušavaju stanje stresa da prevaziđu uvećanjem parametra Fv/Fm. Statističkom analizom 6 DNP se konstatuje da su sve ispitivane koncentracije oba ekstrakta dovele do značajnog smanjenja vrednosti Fv/Fm u poređenju sa nultim stanjem (0 DNP, Tabela 21). Analiza promena oba parametra kod svih vrsta je pokazala da su jedino promene ΦFSII imale jasno smanjenje vrednosti u funkciji vremena, odnosno da je proces fotosinteze u tim biljkama bio nepovratno oštećen (Grafik 18, 20).



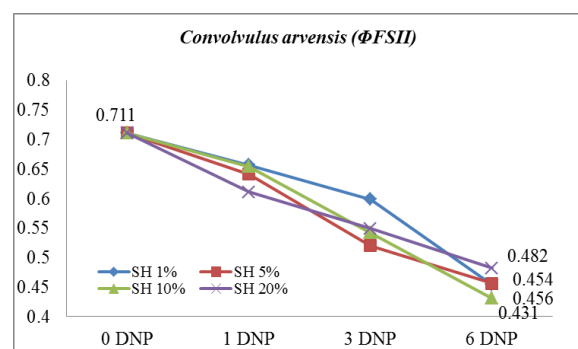
Grafik 17. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *C. arvensis* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA)



Grafik 18. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *C. arvensis* tretiranih ekstraktima *A. artemisiifolia* (AA)



Grafik 19. Vrednosti parametra Fv/Fm kod biljaka *C. arvensis* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH)



Grafik 20. Vrednosti parametra ΦFSII kod biljaka *C. arvensis* tretiranih ekstraktima *S. halepense* (SH)

Generalno su sve ispitivane koncentracije ekstrakta AA i SH, kod svih testiranih korova, statistički značajno smanjile vrednost parametra ΦFSII 6 DNP (Tabela 21), a najveća ispitivana koncentracija oba rastvora oba merena parametra (osim ΦFSII kod vrste *Bromus rigidus*, Tabela 21).

Ove činjenice potvrđuje pouzdanost metode fluorescencija hlorofila za praćenje herbicidnih svojstava vodenih ekstrakata u cilju kontrole drugih biljnih vrsta (korova).

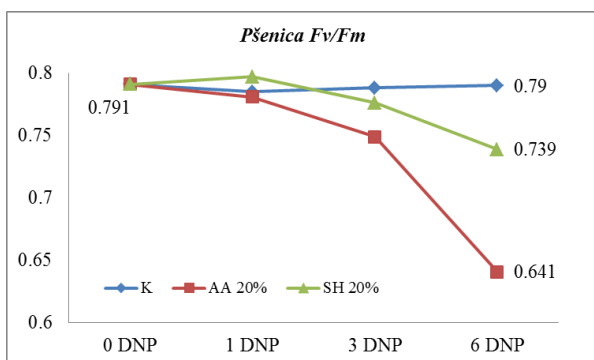
Tabela 21. Statistička analiza vrednosti Fv/Fm i ΦFSII 6 DNP ekstrakta *Ambrosia artemisiifolia* (AA) i *Sorghum halepense* (SH)

	<i>A. fatua</i>		<i>B. rigidus</i>		<i>C. arvensis</i>	
	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII
AA 1%	ns	0.000**	ns	0.000**	0.000**	0.000**
AA 5%	0.001**	0.000**	0.049*	0.000**	0.005**	0.000**

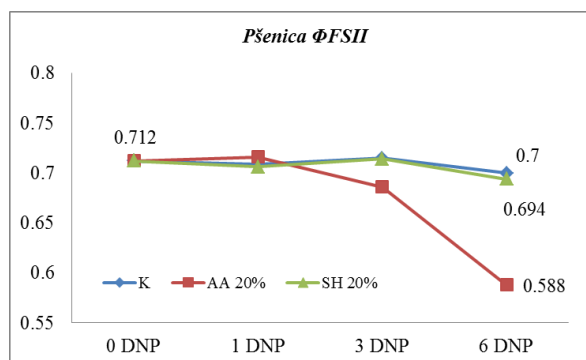
AA 10%	ns	0.000**	ns	0.000**	0.038*	0.000**
AA 20%	0.000**	0.000**	0.000**	ns	0.042*	0.000**
sredina	0.78	0.71	0.78	0.71	0.67	0.48
SD	0.01	0.04	0.01	0.02	0.11	0.12
	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII	Fv/Fm	ΦFSII
SH 1%	ns	0.000**	0.022*	0.000**	0.000**	0.000**
SH 5%	ns	0.000**	ns	0.000**	0.000**	0.000**
SH 10%	ns	0.000**	ns	0.000**	0.000**	0.000**
SH 20%	0.000**	0.000**	0.009**	0.000**	0.000**	0.000**
sredina	0.78	0.72	0.76	0.69	0.08	0.11
SD	0.02	0.03	0.03	0.02	0.62	0.5

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene, Fv/Fm prinos fluorescencije, ΦFSII efikasnost fotosistema

Poređenje efekta najvećih ispitivanih koncentracija oba ekstrata (20% AA i SH) na biljke pšenice prikazano je na graficima 21 i 22. Manje testirane koncentracije ekstrata nisu izazvale promene ispitivanih parametara (rezultati nisu prikazani). Na oba grafika se jasno vidi da je primena 20% AA imala negativan efekat na oba merena parametra, odnosno na proces fotosinteze u biljkama pšenice.



Grafik 21. Vrednosti Fv/Fm kod pšenice nakon primene 20% ekstrakta *A. artemisiifolia* i *S. halepense*.



Grafik 22. Vrednosti ΦFSII kod pšenice nakon primene 20% ekstrakta *A. artemisiifolia* i *S. halepense*.

Izražene promene su nastale 3 DNP (statistički nisu bile značajne, Tabela 22), a statistički značajne promene su konstatovane 6 DNP (Tabela 22) u odnosu na početno stanje (p=0,000**, 0 DNP). Primena 20% SH nije izazvala statistički značajne promene merenih parametara u biljkama pšenice u odnosu na kontrolu (0 DNP, Tabela 22).

Tabela 22. Promene Fv/Fm i Φ FSII nakon primene 20% ekstrakta u biljkama pšenice

	20% <i>A. artemisiifolia</i> (AA)		20% <i>S. halepense</i> (SH)	
	Fv/Fm	Φ FSII	Fv/Fm	Φ FSII
0-1 DNP	ns	ns	ns	ns
0-3 DNP	ns	ns	ns	ns
0-6 DNP	0.000**	0.000**	ns	ns
sredina	0.74	0.68	0.77	0.71
SD	0.07	0.06	0.02	0.02

p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene; Fv/Fm-prinos fluorescencije, Φ FSII-efikasnost fotosistema

U tabeli 23 je prikazana statistička analiza efekta 20% ekstrakta AA i SH na biljke pšenice. Izmerene vrednosti su pokazale da je 20% AA više uticao na smanjenje merenih parametara u odnosu na 20% SH, sto je statistički potvrđeno na nivou p<0.01** (Tabela 23).

Zbog toga se konstatuje da je u praksi moguća primene 20% rastvora SH za kontrolu prisustva korova u usevima pšenice.

Tabela 23. Poređenje efekta 20% ekstrakta AA i SH na parametre Fv/Fm i Φ FSII 6 DNP kod biljaka pšenice

AA vs SH		
	Fv/Fm	Φ FSII
Prosek 0 DPP	0.784	0.712
Prosek AA 20% 6 DNP	0.641	0.588
Prosek SH 20% 6 DNP	0.739	0.694
<i>p</i>	0.001**	0.000**
sredina	0.72	0.66
SD	0.07	0.07

p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, SD-standardna greška, DNP-dana nakon primene; AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*.

Tokom merenja prinosa fluorescencije i efikasnosti fotosistema praćen je put transformisanja apsorbovane energije, hemijskim (qP) i nehemijskim putem (qN). U tabelama 24, 25 i 26 prikazane su prosečne vrednosti qP i qN parametara nakon primene herbicida i biljnih ekstrakata kod vrsta *Avena fatua*, *Bromus rigidus*, *Convolvulus arvensis* i pšenice. Kod biljaka koje

ne rastu u uslovima stresa apsorbirana energija se transformiše hemijskim putem i nešto malo se gubi u vidu toplote (qN) (0 DNP, Tabela 24, 25, 26). Nakon primene a.m. bentazon i piroksulam može se konstatovati da je došlo do poremećaja u transformaciji apsorbirane energije. Kod biljaka *Avena fatua* stres je izazvala primena a.m. piroksulam (raste qN sa 0,014 na 0,103; Tabela 24). Kod biljaka *Bromus rigidus* stres su izazvale obe aktivne materije (oštećena je hemijska transformacija apsorbirane energije tj. qP; Tabela 24). Kod biljaka *Convolvulus arvensis* stres nakon primene a.m. bentazon dovodi do potpunog propadanja procesa fotosinteze, odnosno biljke su mrtve, nema apsorpcije (Tabela 24). Isto stanje je potvrđeno i nakon merenja fluorescencije hlorofila.

Tabela 24. Prosečne vrednosti parametara gašenja fluorescencije kod korova nakon primene a.m. herbicida

<i>A. fatua</i>				
	0 DNP		6 DNP	
	qP	qN	qP	qN
a.m. bentazon	0.930	0.014	0.934	0.016
a.m. piroksulam			0.924	0.103
<i>B. rigidus</i>				
	qP	qN	qP	qN
a.m. bentazon	0.937	0.019	0.925	0.021
a.m. piroksulam			0.919	0.010
<i>C. arvensis</i>				
	qP	qN	qP	qN
a.m. bentazon	0.893	0.016	0	0
a.m. piroksulam			0.867	0.028

qP-hemijsko gašenje, qN-nehemijsko gašenje, DNP-dana nakon primene

Primena različitih koncentracija ekstrakta AA nije ekstremno uticala na parametre qP i qN kod korova. Kod vrste *Avena fatua* sve ispitivane koncentracije su smanjile parametar qP i uticale na gubljenje energije (rast qN; osim nakon primene 20% AA) (Tabela 25).

Kod vrste *Bromus rigidus* parametar qP je snižen nakon primene 1, 5 i 10% AA u odnosu na početno stanje (0 DNP), međutim rast qN konstatovan je samo nakon primene 1% AA (sa 0,019 na 0,047; Tabela 25). Kod vrste *Convolvulus arvensis* konstatovana je smanjena transformacija

apsorbovane energije (qP) nakon primene svih koncentracija AA, ali i smanjenje rasipanja energije (qN, osim nakon primene 1%; Tabela 25).

Tabela 25. Prosečne vrednosti parametara gašenja fluorescencije kod korova i pšenice nakon primene ekstrakata AA

<i>A. fatua</i>				
	0 DNP		6 DNP	
AA	qP	qN	qP	qN
1 %	0.930	0.014	0.902	0.022
5 %			0.916	0.019
10%			0.870	0.022
20%			0.916	0.008
<i>B. rigidus</i>				
AA	qP	qN	qP	qN
1 %	0.937	0.019	0.919	0.047
5 %			0.896	0.07
10%			0.895	0.017
20%			0.965	0.016
<i>C. arvensis</i>				
AA	qP	qN	qP	qN
1 %	0.893	0.016	0.789	0.017
5 %			0.719	0.002
10%			0.678	0.007
20%			0.781	0.008
<i>pšenica</i>				
20% AA	qP	qN	qP	qN
	0.907	0.031	0.927	0.027

qP-hemijsko gašenje, qN-nehemijsko gašenje, DNP-dana nakon primene

Primena različitih koncentracija rastvora SH je dovela do smanjenja transformacije apsorbovane energije hemijskim putem (qP) kod svih ispitivanih vrsta 6 DNP (osim 20% kod *Avena fatua* i *Bromus rigidus*, Tabela 26) što potvrđuje oštećenje procesa fotosinteze. Takođe, kod vrsta *Avena fatua* i *Bromus rigidus* je izmereno rasipanje apsorbovane energije (raste parametar qN, osim nakon primene 5% kod vrste *Avena fatua* i 20% kod vrste *Bromus rigidus*, Tabela 26). Međutim, kod vrste *Convolvulus arvensis* bez obzira što je izmereno smanjenje parametra qP, nije došlo do uvećanja parametra qN (Tabela 26), kao i nakon primene ekstrakata AA (Tabela 25).

Tabela 26. Prosečne vrednosti parametara gašenja fluorescencije kod korova i pšenice nakon primene ekstrakata SH

<i>A. fatua</i>				
	0 DNP		6 DNP	
<i>SH</i>	qP	qN	qP	qN
1 %	0.930	0.014	0.892	0.024
5 %			0.922	0.012
10%			0.882	0.020
20%			0.956	0.019
<i>B. rigidus</i>				
<i>SH</i>	qP	qN	qP	qN
1 %	0.937	0.019	0.912	0.026
5 %			0.900	0.052
10%			0.882	0.020
20%			0.939	0.012
<i>C. arvensis</i>				
<i>SH</i>	qP	qN	qP	qN
1 %	0.893	0.016	0.789	0.010
5 %			0.693	0.006
10%			0.792	0.001
20%			0.781	0.007
<i>pšenica</i>				
	0 DNP		6 DNP	
20% SH	qP	qN	qP	qN
	0.907	0.031	0.945	0.023

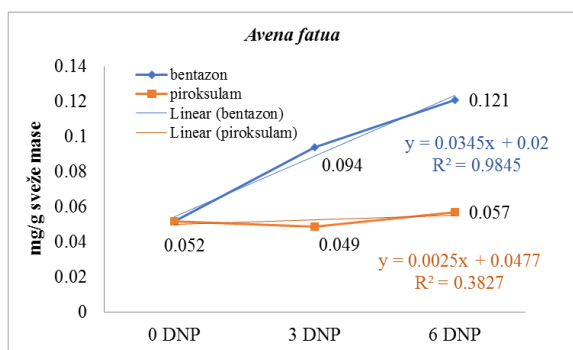
qP-hemijsko gašenje, qN-nehemijsko gašenje, DNP-dana nakon primene

Generalno su sve ispitivane koncentracije AA i SH dovele do poremećaja transformacije energije kod svih testiranih korova, nasuprot normalnim tokovima apsorbirane energije kod biljaka pšenice nakon primene istih rastvora.

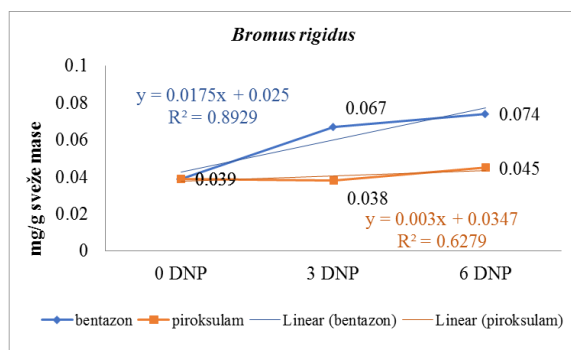
4.2.4. Sadržaj šikiminske kiseline

Za sve biljke put šikiminske kiseline je važan biohemijski proces. Uslovi stresa mogu dovesti do blokiranja tog procesa i nakupljena šikiminska kiselina predstavlja jasan indikator poremećaja u biljkama. Primena aktivnih materija herbicida (bentazon i piroksulam) je dovela do promena u putu šikiminske kiseline. Zbog stresiranja biljaka (primena a.m. bentazon) došlo je do značajnijeg nakupljanja šikiminske kiseline u poređenju sa kontrolom, nasuprot promenama

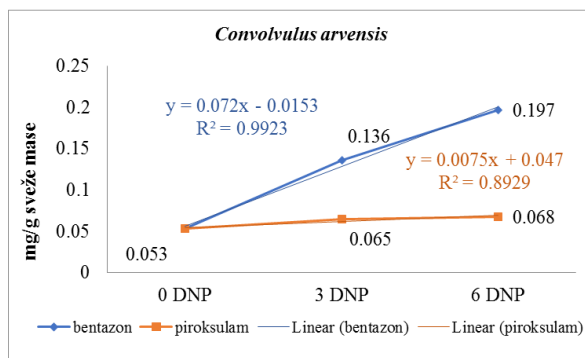
nastalim nakon primene a.m. piroksulam (Grafik 23, 24, 25). Kod svih testiranih vrsta korova uočava se tendencija rasta sadržaja u funkciji vremena nakon primene a.m. bentazon ($r^2=0.98$ kod *Avena fatua*, $r^2=0.89$ kod *Bromus rigidus*, $r^2=0.99$ kod *Convolvulus arvensis*) (Grafik 23, 24, 25). Sadržaj šikiminske kiseline je 6 DNP bio uvećan u odnosu na kontrolu: 2,3x kod vrste *Avena fatua* (Grafik 23), 1,9x kod vrste *Bromus rigidus* (Grafik 24) i 3,7x kod vrste *Convolvulus arvensis* (Grafik 25). Promene sadržaja nakon primene a.m. piroksulam nisu bile statistički značajne niti je uvećanje sadržaja ukazivalo da postoji stres, posebno kod biljaka *Avena fatua* i *Bromus rigidus* (1,1x) (Grafik 23, 24). Kod biljaka *Convolvulus arvensis* se meri uvećanje sadržaja (1,3x) što ukazuje da su biljke oštećene (Grafik 25).



Grafik 23. Sadržaj šikiminske kiseline kod *A. fatua* nakon primene herbicida.



Grafik 24. Sadržaj šikiminske kiseline kod *B. rigidus* nakon primene herbicida.



Grafik 25. Sadržaj šikiminske kiseline kod *C. arvensis* nakon primene herbicida.

U tabeli 27 su prikazane prosečne vrednosti sadržaja šikiminske kiseline i statistička analiza nakon primene vodenih ekstrata AA i SH u testiranim korovima. Na osnovu analize uočava se

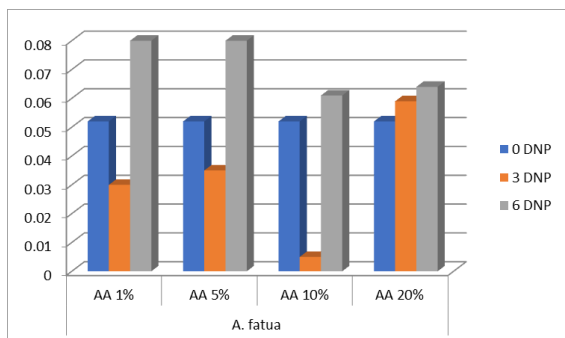
nakupljanje sadržaja šikiminske kiseline 6 DNP različitim koncentracija različitih ekstrata (osim nakon primene 5 i 10% ekstrata AA kod *Convolvulus arvensis* i 20% ekstrata SH kod svih korova).

Tabela 27. Prosečne vrednosti sadržaja šikiminske kiseline i statistička analiza nakon primene različitih koncentracija vodenih ekstrata

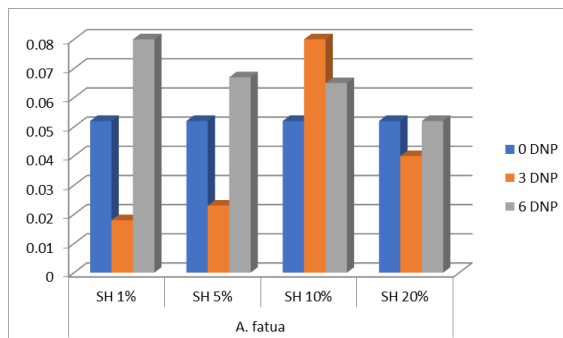
ekstrati	0 DNP	3 DNP	6 DNP	0 DNP	3 DNP	6 DNP	0 DNP	3 DNP	6 DNP
AA	<i>A. fatua</i>			<i>B. rigidus</i>			<i>C. arvensis</i>		
1 %	0.052	0.030	0.080**	0.039	0.058	0.052**	0.053	0.095	0.078**
5 %		0.035	0.079**		0.064	0.110**		0.122	0.006**↓
10%		0.005	0.060**		0.031	0.050**		0.066	0.005**↓
20%		0.059	0.062**		0.038	0.043**		0.069	0.081**
SH	<i>A. fatua</i>			<i>B. rigidus</i>			<i>C. arvensis</i>		
1 %	0.052	0.018	0.080**	0.039	0.034	0.055**	0.053	0.057	0.066**
5 %		0.023	0.066**		0.020	0.104**		0.066	0.051 ^{ns}
10%		0.081	0.065**		0.006	0.050**		0.055	0.053 ^{ns}
20%		0.040	0.051 ^{ns} ↓		0.059	0.031**↓		0.076	0.052 ^{ns} ↓

p<0.05*, p<0.01**, ns-razlike nisu statistički značajne, DNP-dana nakon primene; AA-A. *artemisiifolia*, SH-S. *halepense*, ↑-porast u odnosu na kontrolu; ↓-smanjenje u odnosu na kontrolu.

Analiza delovanja vodenih ekstrata AA na sadržaj šikiminske kiseline kod *Avena fatua* je pokazala da je 3 DNP sadržaj bio manji nego u kontroli, ali se 6 DNP beleži rast sadržaja u odnosu na kontrolu, što potvrđuje osetljivost tretiranih biljaka (Grafik 26, Tabela 27). Najveća primenjena koncentracija ekstrata AA (20%) je dovela do uvećanja sadržaja i 3 (1,2x) i 6 (1,5x) DNP (Grafik 26). Primena ispitivanih koncentracija ekstrata SH je takođe uticala na pojavu manjeg sadržaja šikiminske kiseline 3 DNP (osim 10% ekstrat SH, Tabela 27). Za razliku od 20% ekstrata AA najveća ispitivana koncentracija SH nije uticala na promene sadržaja 6 DNP kod *Avena fatua* vrste (Grafik 27, Tabela 27). Sve promene su potvrđene statističkom analizom izmerenih vrednosti (Duncan test, Tabela 27).

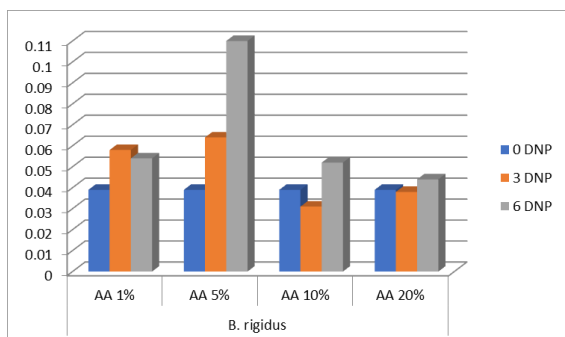


Grafik 26. Sadržaj šikiminske kiseline kod *A. fatua* nakon primene ekstrakta AA-*A. artemisiifolia*.

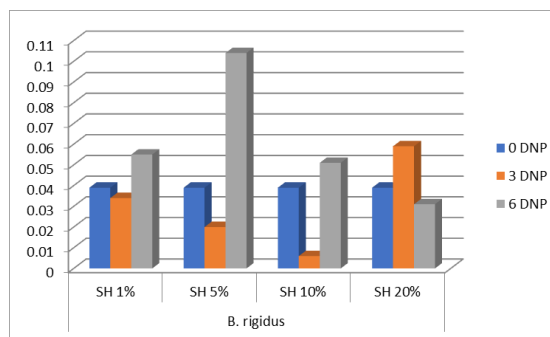


Grafik 27. Sadržaj šikiminske kiseline kod *A. fatua* nakon primene ekstrakta SH-*S. halepense*.

Kod vrste *Bromus rigidus* primena rastvora AA je uticala na put šikiminske kiseline. Promene 3 DNP kod tretiranih biljaka su varirale zavisno od primenjene koncentracije, ali nije uočena korelacija između rasta koncentracije i uvećanja sadržaja šikiminske kiseline (Grafik 28, 29; Tabela 27). Veći sadržaj nego u kontroli se meri 3 DNP nakon primene 1 i 5% ekstrakta AA (Grafik 28), nasuprot uvećanoj količini nakon primene samo 20% SH (Tabela 27, Grafik 29). Statistička obrada podataka je pokazala da su promene 6 DNP svih koncentracija ekstrakta AA i SH bile značajne ($p < 0,01^{**}$) (Tabela 27).



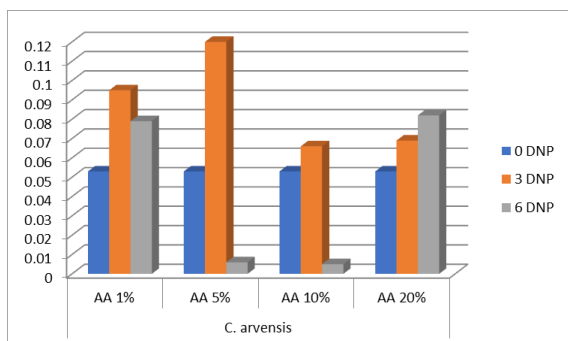
Grafik 28. Sadržaj šikiminske kiseline kod *B. rigidus* nakon primene ekstrakta AA-*A. artemisiifolia*.



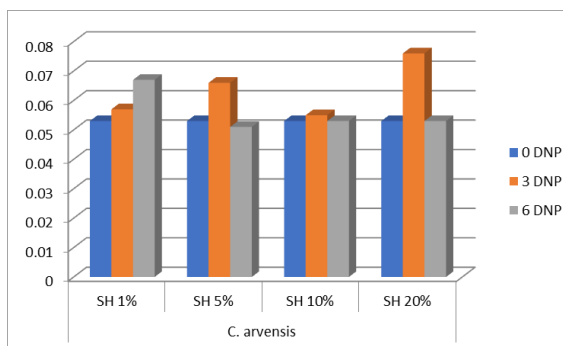
Grafik 29. Sadržaj šikiminske kiseline kod *B. rigidus* nakon primene ekstrakta SH-*S. halepense*.

Kod vrste *Convolvulus arvensis* primena ekstrakta AA i SH su uzrokovale nakupljanje šikiminske kiseline 3 DNP svih ispitivanih koncentracija (Grafik 30, 31; Tabela 27). Primena nižih koncentracija AA (1, 5 i 10%, Grafik 30) je dovela do jakog stresiranja biljaka 3 DNP. Sadržaj šikiminske kiseline je bio 1,8 (rastvor 1%); 2,3 (5%) i 1,2x (10%) veći nego u kontroli (Grafik 30, Tabela 27), nakon čega su biljke počele da se oporavljaju i sadržaj šikiminske kiseline je bio manji

od sadržaja u kontroli (5 i 10% rastvori, Grafik 30, Tabela 27). Nakon primene najveće ispitivane koncentracije AA se jasno uočava trend uvećanja sadržaja šikiminske kiseline u funkciji vremena (Grafik 30, Tabela 27), nasuprot promenama koje nisu bile statistički značajne 6 DNP 5, 10 i 20% ekstrata SH (Grafik 31, Tabela 27).



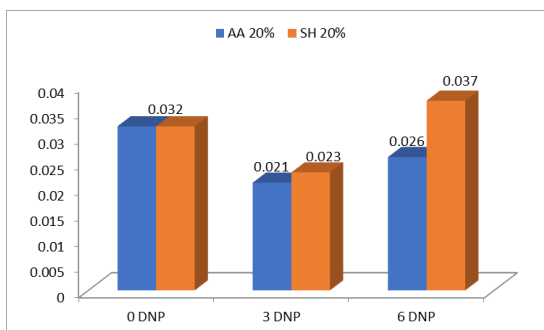
Grafik 30. Sadržaj šikiminske kiseline kod *C. arvensis* nakon primene ekstrakta AA-A. *artemisiifolia*.



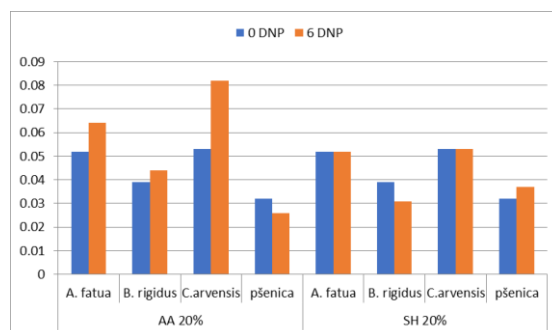
Grafik 31. Sadržaj šikiminske kiseline kod *C. arvensis* nakon primene ekstrakta SH-S. *ahlepense*.

Na osnovu izmerenih vrednosti i njihove analize konstatuje se da metoda praćenje sadržaja šikiminske kiseline može da se koristi za determinisanje herbicidnog efekta vodenih ekstrakata AA i SH. Takođe, može se konstatovati da samo 20% ekstrat AA 6 DNP deluje na put šikimata u svim tretiranim korovima.

Poređenje efekta najvećih koncentracija (20%) oba ekstrakta na biljke pšenice je pokazalo da 3 DNP nijedan rastvor ne utiče na rast sadržaja šikiminske kiseline. Izmerene vrednosti su bile manje nego u kontroli, a 6 DNP je 20% ekstrat SH uticao na neznatno uvećanje sadržaja (1,1x, Grafik 32) koje nije bilo statistički značajno (rezultati nisu prikazani). Poređenje efekta 20% ekstrakta AA i SH je pokazalo da na biljke pšenice, odnosno na put šikimata, utiče više 20% ekstrat SH (71,87%) u odnosu na AA (65,60%) (Grafik 32). Takođe, na grafiku 33 se vidi uticaj 20% ekstrakta na sve korovske vrste 6 DNP osim na pšenicu i slab efekat na korove (posebno na vrstu *Bromus rigidus*), nasuprot blagom fitotoksičnom delovanju u biljkama pšenice.



Grafik 32. Sadržaj šikiminske kiseline kod pšenice nakon primene 20% ekstrakta AA-*A. artemisiifolia* i SH-*S. halepense*.



Grafik 33. Sadržaj šikiminske kiseline kod korova i pšenice nakon primene 20% ekstrakta AA-*A. artemisiifolia* i SH-*S. halepense*.

5.0. DISKUSIJA

Savremena poljoprivredna proizvodnja je razvojem tehnologije (mašina, herbicida, metoda i dr.) dostigla skoro svoj maksimum. Međutim, analiza pozitivnih i negativnih efekata pojedinih mera sve više dovodi u pitanje opravdanost njihove primene. Zagađenje životne sredine i biljnih proizvoda vodi ka lošem zdravlju humane populacije i životinja. Broj svetske populacije se sve više povećava, nedostatak hrane je tema broj jedan, a mogućnost postizanja većeg prinosa zdravog proizvoda u zdravom okruženju, sve manja.

Imajući u vidu navedene činjenice posvetili smo se istraživanjima koja bi pomogla proizvodnji zdrave i bezbedne hrane. Oglede smo usmerili na suzbijanje korova u usevu broj jedan kada je u pitanju hrana - pšenica. Uništavanjem štetnih vrsta korova postigli bi manji rizik po ljudsko zdravlje. Smanjenjem upotrebe herbicida, uklanjanjem rezistentnih i ekonomski štetnih populacija *Sorghum halepense*, kao i uklanjanjem populacija alergene vrste *Ambrosia artemisiifolia* omogućili bi očuvanje životne sredine i zdravlja ljudi. Suzbijanjem korova u usevu pšenice primenom biljnih ekstrata dostigli bi cilj – proizvodnja zdrave i bezbedne hrane.

5.1. Poljski ogledi

Osnovni način praćenja biološke efikasnosti nekog sredstva (herbicid, bioherbicid, fungicid itd.) je postavljanje ogleđa u prirodnim (poljskim) uslovima. Ovi ogledi su važan korak u sagledavanju problema. Analizom brojnih faktora može se definisati pravac daljih istraživanja. Postavljanjem poljskih ogleđa veliki broj istraživača je donosio zaključke o rezistentnosti (korova, patogena, insekata) na pesticide (Božić, 2006), određivao minimalne efektivne doze pesticida (Zhang i sar., 2000), utvrđivao kritično vreme suzbijanja korova (Knežević i sar., 2002), testirao brojne nehemijske metode za kontrolu korova (Rajković, 2018; Hutchinson i McGiffen, 2000), količine primene đubriva u poljoprivrednoj proizvodnji (Blackshaw i sar., 2004) i drugo. Zbog toga je deo ove doktorske disertacije zasnovan na poljskim eksperimentima. Pošlo se od hipoteze da će ispitivani herbicidi ispoljiti dobru efikasnost (>90%) na prisutne vrste korova u usevu pšenice. Ciljane vrste korova su bile ekonomski najštetnije vrste u usevima pšenice na području Libije: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*. Vizuelni simptomi delovanja herbicida na bazi a.m. bentazon uočeni su 6 dana nakon primene, a na bazi a.m. piroksulam nakon 15 dana. U izvedenim ogledima je potvrđena hipoteza dobro i zadovoljavajuće delovanje

primenjenih herbicida (Tabela 5, 6). Vrstu *Convolvulus arvensis* je najefikasnije suzbijao preparat na bazi a.m. bentazon (I godina 37,50%; II godina 33,33%), a vrstu *Avena fatua* preparat na bazi a.m. piroksulam (I godina 95,00%; II godina 93,75%), sa čime se slažu Manea i saradnici (2016). Oni su konstatovali nešto slabiju efikasnost a.m. piroksulam (83,00%) na vrstu *Avena fatua*, i ističu neophodnost suzbijanja ove vrste. Takođe, sprovedena istraživanja o efikasnosti a.m. bentazon na vrstu *Convolvulus arvensis* pokazuju sličan nivo efikasnosti (19,00-55,00%; DeGennaro i Weller, 1984). Međutim, ako se posmatra generalno, veće štete, mereno kroz prinos, pravi prisustvo vrste *Avena fatua* nego *Convolvulus arvensis*. Negativan efekat se ispoljava kroz kompeticiju (*Avena fatua* bolje iskorišćava azot i fosfor iz zemljišta nego pšenica, Haynes i sar., 1991) i tako direktno smanjuje rod pšenice (Satorre i Snaydon, 1992). Stougaard i Xue (2004) su ukazali da gubitak prinosa može biti i preko 50%, a nivo troškova (od ukupnih ulaganja) za uklanjanje ove vrste mogu dostići 15% (Scursoni i sar., 2011). Sličan efekat na prinos pšenice, svojim prisustvom, ispoljava vrsta *Bromus rigidus* (Day i Witt, 2019). Postignuta relativno visoka efikasnost, primenom a.m. piroksulam, na vrstu *Bromus rigidus* u izvedenim ogledima (I godina 85,71%; II godina 88,89%) je posledica male upotrebe herbicida u usevima pšenice. Zbog toga smatramo da kod vrsta *Bromus rigidus* i *Avena fatua* nema razvijene rezistentnosti na herbicide iz grupe ALS inhibitora na području Libije. Vrste iz roda *Bromus* usled velike brojnosti mogu uticati na veliki gubitak prinosa pšenice (90% *B. tectorum*), mada se gubitak kreće u intervalu 20-40% (*B. tectorum*) ili 30-60% (*B. sterilis*) (Blackshaw, 1993). Blackshaw i Hamman (1998) su u poljskim ogledima utvrdili visoku (>85%) efikasnost herbicida MON 37500 (a.m. piroksulam) na vrstu *B. tectorum*, što je slično efikasnosti koju smo dobili u ogledina u kontroli *Bromus rigidus*. Generalno su se herbicidi na bazi a.m. piroksulam, mezosulfuron i sulfosulfuron pokazali visoko efikasni za suzbijanje vrste *B. sterilis* na području Evrope (Geier i sar., 2011), te se očekuje i u kontroli drugih vrsta roda *Bromus*. Poljski ogledi su bili pod uticajem vremenskih prilika u dve različite vegetacione sezone (2017, 2018) i zbog toga smo dobijene rezultate dopunili rezultatima dobijenim drugim preciznijim metodama u kontrolisanim uslovima. Na osnovu sveobuhvatne analize omogućili smo procenu efikasnosti vodenih ekstrata ("bioherbicida") na iste korovske vrste. U svojim poljskim ogledima Reddy i saradnici (2013) su ukazali da pored klimatskih faktora, efikasnost sulfonilurea na vrste iz roda *Bromus* mogu biti pod uticajem anatomske građe i faze razvoja korova u vreme primene. Autori navode da u njihovim ogledima nijedan ispitivani herbicid (a.m. piroksulam i drugi) nije imao veću efikasnost od 80% na vrstu *B. tectorum*, a da su dlačice na listu vrste *B. sterilis* veoma

uticale na nivo ispoljene efikasnosti. Drugi autori navode da se vrsta *Bromus rigidus* bolje suzbija herbicidima iz grupe imidazolinona (ALS inhibitori) nego a.m. piroksulam (Kleemann i Gill, 2009). Zbog poznatog mehanizma delovanja a.m. bentazon (inhibicija fotosistema II) (Radwan i sar., 2019) očekivala se dobra efikasnost i na travne vrste i mnogo veći nivo efikasnosti na vrstu *Convolvulus arvensis*. Izostanak delovanja na vrstu *Convolvulus arvensis* zabeležen u II godini na lok. II (0%, Tabela 6) se može objasniti zbirnim delovanjem faktora u nekontrolisanoj sredini kao što je polje ili nedovoljnom količinom herbicida koja je dospela na list, obzirom da a.m. bentazon deluje tako što usporava rast biljaka (Vencill i sar., 2002). Takođe, široka ekološka valenca vrste *Convolvulus arvensis* i mogućnost razmnožavanja na više načina (semenom i vegetativnim pupoljcima sa korena) (Vrbničanin i Šinžar, 2003) su možda uticali na izostanak delovanja a.m. bentazon. Isti autori navode da je ovu vrstu teže suzbijati u polju nego druge perenske vrste (npr. *Cirsium arvense* i *Agropirum repens*), a štete koje izaziva su nepopravljive (poleganje useva, otežana žetva) (Safdar i sar., 2019). Međutim, Lisek (2003) smatra da se sa primenom a.m. bentazon postiže dobar nivo efikasnost (72,00-85,00%) u kontroli vrste *Convolvulus arvensis*, ali posle izvesnog vremena dolazi do retrovegetacija (9,00-15,00%). Drugi autori navode da je različit nivo efikasnosti usko povezan sa količinom aktivne materije: efikasnost od 20% se postiže sa 960 g a.m./ha, a efikasnost od 41% sa 1440 g a.m./ha (Karimmojeni i sar., 2013) ali uvek dolazi do retrovegetacije.

Generalno se zna da različiti faktori mogu uticati na morfološke i fiziološke osobine korova. U okviru jedne vrste ove osobine mogu varirati zavisno od uzrasta biljaka i uticaja, posebno, spoljašnjih i antropogenih faktora (Gavrilović i sar., 2019), a time se menja efikasnost primenjenih herbicida.

5.2. Ogledi u laboratoriji

Zbog mišljenja nekih istraživača da se procena efikasnosti herbicida radi pažljivo zbog mogućeg uticaja različitih faktora (abiotiski i biotski) (Reddy i sar., 2013), odlučili smo se za testiranje efikasnosti bioherbicida metodama koje prate promene na fiziološkom i biohemijskom nivou unutar biljaka. Dobijen je sveobuhvatan i pouzdan odgovor o efikasnosti biljnih ekstrata i mogućnost definisanja načina delovanja u odnosu na mehanizam delovanja sintetičkih herbicida.

5.2.1. Sadržaj suve mase

Svaka biljka će u uslovima stresa (primenu herbicida) reagovati zavisno od njenog fitnesa (biologija, genetika, uslovi u kojima se razvija i dr.) (Warwick i Black, 1994). Zbog ove činjenice poređenje odgovora različitih vrsta korova postignuto je merenjem suve mase biljaka nakon primene herbicida i biljnih ekstrata ("bioherbicida") u različitim fazama razvoja. Brojna istraživanja su potvrdila da je parametar suva masa pouzdan pokazatelj efikasnost (Tamang i sar., 2015). U izvedenim ogledima sve ispitivane vrste korova su bile osetljivije u mlađim fazama razvoja, što su u svojim istraživanjima istakli Bellinder i saradnici (2003). Autori su tretirali biljke *Ambrosia artemisiifolia*, *Solanum sarrachoides*, *S. ptycanthum* i *Abutilon theophrasti* u različitim fazama razvoja (kotiledoni, 2, 2-4 i 4-6 listova) sa a.m. bentazon i fomasafen. Takođe, postignuto je preciznije razdvajanje odgovora travnih vrsta na istu aktivnu materiju. Aktivna materija piroksulam je efikasnije delovala na biljke *Avena fatua* (97,50-100%; Tabela 7) nego na biljke *Bromus rigidus* (75,00-87,50%; Tabela 8) u istoj fazi razvoja (5-10 cm). Dobijene razlike u efikasnosti se mogu objasniti različitom građom listova. Jedinke *Bromus rigidus* na stablu i listovima imaju retke dlake čime se otežava usvajanje herbicida, odnosno povećava otpornost. Zbog ove činjenice i nedostatka efikasnih herbicida kontrola vrsta roda *Bromus* u praksi je teška. Iskustva iz prakse i nekih istraživanja su pokazala da prinos može biti umanjen i 80% (Hamal i sar., 2000), da su jedinke domaćini brojnih izazivača bolesti žita (Kon i Blacklow, 1995) i da jedinke ove vrste mogu razviti rezistentnost na herbicide. Međutim, Hamal i saradnici (2000) ističu osetljivos *Bromus rigidus* na druge sulfoniluree (a.m. sulfosulfuron) u mlađim fazama razvoja (faza 3 lista, 90,70-95,30%). Takođe, Johnson i saradnici (2018) smatraju da su jedinke *Bromus* spp. visoko osetljive na herbicide (70-80%) i da se uspešno mogu kontrolisati (zavisno od uzrasta i vremena koje protekne od tretiranja). Sa tim u vezi naglašavaju da dolazi do smanjene produkciju biomase i semena (67%-87%). U skladu sa ispoljenom efikasnošću na biljke *Avena fatua* kretao se i sadržaj suve mase tretiranih biljaka. Najmlađe biljke su imale 0,21% (I pon., I god.), odnosno 0,16% (II pon., I god.) i 0% (I pon., II god.), odnosno 0,12% (II pon., II god.) suve mase kontrolnih biljaka, a najstarije biljke 23,44% (I pon., I god.), odnosno 22,44% (II pon., I godina) i 21,94% (I pon., II god.), odnosno 13,41% (II pon., II god.) (Tabela 7). Kod biljaka *Bromus rigidus* udeo suve mase je bio nešto veći jer je efikasnost bila niža. Izmerene vrednosti su bile 3,36% (I pon., I god.), odnosno 1,58% (II pon., I god.) i 0,98% (I pon., II god.), odnosno 1,26% (II pon., II god.). Kod najstarijih tretiranih biljaka udeo suve mase u odnosu na kontrolne biljke je bio 25,84% (I pon., I

god.), odnosno 24,38% (II pon., I god) i 25,10% (I pon., II god.), odnosno 29,25% (II pon., II god.) (Tabela 8). Nasuprot reakciji travnih vrsta, vrsta *Convolvulus arvensis* nije reagovala smanjenjem/uvećanjem sadržaja suve mase zavisno od fenofaze kada je primenjena a.m. bentazon (Tabela 9). Iako je efikasnost primenjene aktivne materije bila veća na mlađim biljkama, udeo suve mase u prvoj godini nije bio srazmeran fenofazi razvoja (veća vrednost suve mase biljaka uzrasta 4-6 listova (78,39-82,28%) nego biljaka 6-8 listova (68,31-79,82%) (Tabela 9)). U drugoj godini efikasnost i promene suve mase su bile u skladu sa fenofazom razvoja biljaka u vreme tretiranja. Različit odgovor biljaka *Convolvulus arvensis* se može dovesti u vezu sa fiziologijom i fitnessom biljaka, jer su uslovi oglada bili kontrolisani.

Generalno potvrđenu pravilnost: manje biljke, bolja efikasnost i niži udeo suve mase tretiranih biljaka, smo iskoristili za procenu herbicidne aktivnosti biljnih ekstrata *Ambrosia artemisiifolia* (AA) i *Sorghum halepense* (SH) u svrhu kontrole korova. Primena herbicidnih aktivnih materija je uticala na pojavu vizuelnih fitotoksičnih simptoma na listovima tretiranih korova. Nasuprot ovome primena različitih koncentracija oba ekstrata (AA i SH) nije izazvala fitotoksične simptome na listovima biljaka (osim 20% AA na listovima *Bromus rigidus*; Slika 9). U skladu sa ovim, promene suve mase u poređenju sa kontrolom su izmerene samo kod najmlađih biljaka tretiranih najvećim koncentracijama oba rastvora, iako je efikasnost bila ravna nuli (Tabela 10). Suprotno našim rezultatima, grupa istraživača je pokazala da se vodenim ekstratima može kontrolisati gustina populacije *Cyperus rotundus* u usevu kukuruza (40%, Cheema i sar., 2004). Izostanak efikasnosti se može objasniti nedovoljnim brojem dana između tretiranja i ocene efekata, kao i nepostojanjem značajnog herbicidnog potencijala u vodenim ekstratima AA i SH. Međutim, ispoljena fitotoksičnost 20% rastvora AA na biljke pšenice (Slika 6c; oštećenje biljaka 10% i smanjenje suve mase u odnosu na kontrolu, 26,08% (I pon.) i 13,72% (II pon.); Tabela 10) ukazuje na fitotoksičan potencijal rastvora AA možda na neke druge korovske vrste. Takođe, uočeno smanjenje suve mase u poređenju sa kontrolom kod svih biljaka tretiranih 20% rastvorima AA i SH se dovodi u vezu sa razvojem i fitnessom jedinki.

5.2.2. Biotest u Petri posudama

Metoda biotest u Petri posudama je brz način da se utvrdi klijavost semena uopšte. Zavisno od biljne vrste i korišćenog medijuma (voda, herbicid, biljni ekstrat itd.) odgovori se mogu dobiti

već u intervalu 24-48h od postavljanja ogleđa. Nedostatak metode, odnosno limitirajući faktori mogu biti: dormantnost semena, neadekvatna sredina za delovanje herbicida (bioherbicida), uslovi klijanja nisu prirodni i drugo (Moss, 1995). Međutim, metoda je dosta korišćena kao brz i pouzdan skrining, lako ponovljiva i ne zahteva mnogo prostora (Toress i sar., 1999). Kao i u ogledu sa celim biljkama (praćenje suve mase) najefikasniji način uklanjanja korova se pokazao rastvor pelargonijske kiseline. Stoprocentni ispoljeni efekat na biljke i seme korova se očekivao zbog činjenice da je način delovanja pelargonijske kiseline sličan delovanju glifosata. Potpuna inhibicija klijanja semena svih vrsta u rastvoru pelargonijske kiseline u odnosu na kontrolu, potvrđuje pouzdanost metode. Generalno se dobijeni procenat inhibicije klijanja, različitim aktivnim materijama, semena različitih vrsta korova dovodi u vezu sa spektrom delovanja aktivne materije. Aktivna materija bentazon je najviše delovala na proces klijanja semena vrste *Convolvulus arvensis*, a a.m. piroksulam na proces klijanja semena vrste *Bromus rigidus* (Grafik 1). Ovakav efekat je konstatovan i na osnovu ogleđa sa celim biljkama. Međutim, efekat na vrstu *Avena fatua* se može tumačiti na dva načina. Folijarno primenjena a.m. bentazon je uništila klijance (visine 5-10 cm) 97,50-100% (Tabela 9), a slabo kontrolisala klijanje semena (24,45%) (Grafik 1). Ovako dobijene razlike se mogu objasniti slabim zemljišnim delovanjem a.m. i razlikama u brzini usvajanja rastvora od strane semena (Moss, 1995). Zbog toga prilikom procene herbicidnog delovanja vodenih ekstrata AA i SH treba uzeti u obzir činjenicu da se njihovo delovanje ispoljava zavisno od načina primene. Mehanizam delovanja vodenih ekstrata je nepoznat i zbog toga treba biti oprezan kod donošenja zaključaka. Generalno, efekat vodenih ekstrata na klijance korova prilikom folijarne primene je izostao, ali je efekat na proces klijanja konstatovan (izmeren) (Grafik 2). Sve ispitivane koncentracije ekstrata AA su najviše uticali na sposobnost klijanja semena *Convolvulus arvensis*, dok su različite koncentracije ekstrata SH najveću efikasnost ispoljile na klijanje semena vrste *Bromus rigidus* (Grafik 2). Na osnovu ovoga može se povući paralela i zaključiti da je mehanizam delovanja ekstrata AA sličan mehanizmu delovanja a.m. bentazon, a ekstrata SH mehanizmu delovanja a.m. piroksulam. Ono što omogućava praktičnu primenu testiranih biljnih ekstrata je njihova selektivnost na proces klijanja semena pšenice. Istraživanje o pesticidnom delovanju korova *Ambrosia maritima* (Abdelgaleil i sar., 2011) je pokazalo da ona poseduje insekticidno i antifugalno delovanje. Njen herbicidni potencijal na proces klijanja semena *Avena fatua* su otkrili Saad i saradnici (2012). A dosta pre toga su iz biljnih delova ekstrahovane supstance: damsini, ambrosin i tribromoambrosin (Shoeb i El-Emam, 1976) za koje se sumnjalo da

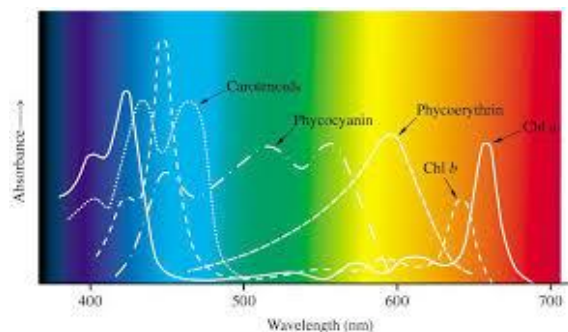
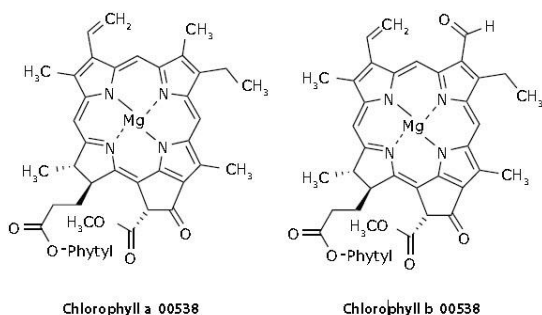
moгу biti toksične za druge organizme, a herbicidni potencijal im je potvrđen mnogo godina posle (Saad i sar., 2012). Slično ovim istraživanjima, Anwar i sar. (2016) su utvrdili potencijal vodenog rastvora *Parthenium hysterophorus* u sprečavanju klijanja semena nekih korova (*Avena fatua*, *Rumex dentatus*), ali i pšenice. Za razliku od laboratorijskih ogleda, eksperimenti u polju nisu potvrdili herbicidni potencijal rastvora *P. hysterophorus* u eradikaciji korova. Izostanak efekta nakon folijarne primene na klijanje korova (osim 20% AA i SH na sadržaj suve mase, Tabela 10) u našim eksperimentima je u skladu sa istraživanjima Anwar i saradnika (2016). Na osnovu analize možemo zaključiti da vodeni ekstrati AA i SH poseduju slabo delovanje preko zemljišta. Na praktičnu primenu različitih ekstrakata napravljenih od korova ukazuju Ali i saradnici (2013). Oni su vodenim ekstraktima od različitih delova *Rhynchosia capitata* postigli kontrolu klijanja (62%) semena vrste *Vigna radiate*. Vidotto i saradnici (2013) su testirali efekat samlevenih suvih biljnih delova *Ambrosia artemisiifolia* na klijanje semena korova (*Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Portulaca oleracea*) i gajenih biljaka (salate, paradajza i pšenice). Pratili su efekat različitih količina (1, 2 i 3 g) na proces klijanje semena u zemljištu na otvorenom polju (6 dana, ogled 1) i u staklari (20 dana, ogled 2). Dobijeni rezultati su pokazali da je najveća inhibicija ispoljena na proces klijanja semena i rast biljaka paradajza u oba ogleda. Efekat na biljkama pšenice se konstatovao samo (u ogledu 2) preko suve mase klijanaca. Međutim, najveći efekat na ukupno klijanje semena testiranih korovskih vrsta je bio ispoljen na vrstu *D. sanguinalis* (3 g smanjilo klijavost 90%).

Širinu u tumačenju dobijenih rezultata omogućavaju objašnjenja brojnih istraživača (Cheema i sar., 2004; Awal i sar., 2020), a poređenje dobijenih rezultata sa drugim metodama radi povećanja pouzdanosti preporučuju Smeda i saradnici (1995).

5.2.3. Sadržaj i aktivnost hlorofila

Fotosinteza je najvažniji proces u biljkama i predstavlja „sintezu pomoću svetlosti“ (Taiz i Zeiger, 2002). Odvija se u hloroplastima uz aktivnost zelenih pigmenata (hlorofil *a* i *b*) i karotenoida (Kastori, 1989). Tokom fotosinteze obezbeđuje se kruženje materije i energije, odnosno od sunčeve energije i CO₂ stvara se organska materija i O₂ (Kastori, 1998). Normalno funkcionisanje fotosinteze obezbeđuje rast i razvoj biljaka. Svetla i tamna faza fotosinteze se zasnivaju na transportu elektrona pomoću četiri proteinska kompleksa fotosistema I i II, sinteze

adenozin tri fosfata i b₆/f kompleksa (Fuerst i Norman, 1991; Kastori, 1989; Taiz i Zeiger, 2002). Uslovi stresa dovode do poremećaja ili blokiranja transporta elektrona preko hlorofila. Praćenjem promena koncentracije i aktivnosti hlorofila može se dobiti odgovor o nivou aktivnosti procesa fotosinteze, odnosno o reakciji biljaka na stres (Lichtenhaler, 1996; Lichtenhaler i Babani, 2004). Hlorofil je izgrađen od porfirinskog pstena, metanola i fitola (Slika 10). Apsorbuje svetlost plavog i crvenog dela spektra, zelenu reflektuje (zbog toga su zeleni) dok pomoćni pigmenti, karotenoidi, apsorbuju ljubičasti i plavi deo spektra (Slika 11, Strasser i Butler, 1977). Faktori koji mogu uticati na proces fotosinteze se dele na: (1) abiotičke (uticaj čoveka, herbicidi, svetlost, temperatura, voda, CO₂ i dr.) i (2) biotičke (uzrast biljaka, količina hlorofila, položaj listova, lisna površina, uporedni procesi sinteze i razgradnje hlorofila i dr.) (Kastori, 1998). Karotenoidi proširuju spektar apsorpcije hlorofila (Armstrong i Hearst, 1996), a u uslovima stresa (npr. primena herbicida) dolazi do razgradnje hlorofila zbog peroksidacije lipida u njihovim membranama (Moreland, 1980; Fuerst i Norman, 1991). Karotenoidi su žuti, crveni i narandžasti organski pigmenti u biljkama i algama. Oni putem međusobnih konverzija molekula ksantofila štite fotosintetske centre (hlorofile) (Young i sar., 1997).



Slika 10: Molekul hlorofila *a* i *b*; Preuzeto sa ResearchGate (oktobar, 2020)

Slika 11: Spektri pigmenta fotosinteze; Preuzeto sa biolozi2012.files.wordpress.com (oktobar, 2020)

Zbog svega navedenog tokom eksperimenata pratili smo promene u sadržaju hlorofila i karotenoida, sa ciljem procene stanja procesa fotosinteze u biljkama korova i pšenice nakon primene herbicida i biljnih ekstrata. Pouzdanost metoda (merenje sadržaja relativnog hlorofila, ukupnog hlorofila, hlorofila *a*, *b* i karotenoida i fluorescencija hlorofila) smo potvrdili merenjem

efekta herbicida, a poređenjem rezultata sa efektima biljnih ekstrata procenjivali herbicidna svojstva istih (ekstrati AA i SH).

5.2.3.1. SPAD očitavanje

SPAD očitavanje je nedestruktivna metoda merenja relativnog sadržaja hlorofila (Salla i sar., 2007). Očitavanjem različitih apsorbanci svetlosti koju propušta list (zajednička proporcionalna vrednost u odnosu na sadržaj hlorofila *a*, *b* i karotenoida) na talasnim dužinama 650 nm (I pik) i 940 nm (II pik). U praksi je često korišćena ova metoda u različite svrhe: (1) determinisanje rezistentnosti korova na herbicide (Pavlović, 2010; Božić i sar., 2007), (2) određivanje sadržaja azota (Shafagh-Kolvanagh i sar., 2008), (3) određivanje sadržaja hlorofila (Jinwen i sar., 2009; Fanaei i sar., 2013), (4) praćenje delovanja herbicida (Vranješ, 2019) i drugo. U listovima tretiranih biljaka je izmeren pad relativnog sadržaja hlorofila kao posledica primene a.m. bentazon i piroksulam (osim 1 DNP piroksulam ulistovima *Avena fatua*, Tabela 11). Takođe, i primena ekstrata je dovela do smanjenja relativnog sadržaja hlorofila u listovima svih tretiranih korova (Tabela 11, 13). Uočeni rast relativnog sadržaja 1 DNP kod vrste *Avena fatua* se može objasniti činjenicom da su biljke doživele stres i da pokušavaju to stanje da prevaziđu (osim nakon 20% SH i 5% AA). Međutim, u funkciji vremena (3 i 6 DNP) meri se manji sadržaj (osim 3 DNP 1% AA i 10% SH i 6 DNP 10% SH) u poređenju sa kontrolom, što potvrđuje da ekstrati poseduju neko herbicidno delovanje. Takođe, i kod vrsta *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* u funkciji vremena meri se pad relativnog sadržaja hlorofila u poređenju sa kontrolom (Tabela 13). Na osnovu ovog parametra možemo izvesti zaključak da ekstrati AA i SH ispoljavaju slabo herbicidno delovanje. Promene relativnog sadržaja hlorofila nakon primene herbicida (atrazin) izmerili su Pavlović i saradnici (2006). Pratili su efekat različitih količina primene atrazina (2, 4 i 8 kg/ha) na jedinke *Chenopodium album* i *Amaranthus retroflexus*. Međutim, Vranješ (2019) u svojim ispitivanjima o delovanju a.m. mezotrion na promenu zelene boje kod biljaka konstatuje da SPAD očitavanje ne pokazuje promene u osetljivosti u skladu sa pojavom vizuelnih simptoma (3 DNP). Generalno rezultati SPAD merenja relativnog sadržaja hlorofila nakon primene biljnih ekstrata AA i SH u listovima korova su novi za naučnu zajednicu. Bouhaouel i sar. (2018) su sproveli slične oglede. Ispitivali su efekat eksudata korena *Hordeum vulgare* na relativni sadržaj hlorofila (SPAD merenje) kod *Bromus rigidus* (tokom rasta u istim saksijama). Konstatovali su redukciju sadržaja hlorofila zavisno od genotipa, supstrata i prisustva/odsustva aktivnog uglja. Pouzdanost

očitavanja SPAD metra se može potvrditi vrednostima koje su dobili drugi istraživači prilikom merenja sadržaja u listovima netretiranih biljaka. Izmerena prosečna vrednost kod *Avena fatua* 31,97 (Tabela 11) je uporediva sa vrednostima izmerenim kod gajenih vrsta *A. sativa* (47,84) i *A. strigosa* (48,83) u mlađim stadijumima razvoja (Kaspary i sar., 2019). Yan i saradnici (2015) su kod vrste *B. inermis* izmerili vrednost 29,90 što je vrlo slično vrednostima dobijenim u našim ogledima 27,72 (Tabela 11). Kada je upitanju vrsta *Convolvulus arvensis* izmerene vrednosti u kontroli (36,80; Tabela 11) su bile manje nego što su dobili drugi istraživači (45,31; Nekonam i sar., 2013). Dobijene razlike se mogu objasniti drugačijim uslovima gajenja i čuvanja biljaka pre merenja. Međutim, nakon sagledavanja svih izloženih rezultata konstatuje se limit za primenu ekstrata AA u kontroli korova u usevu pšenice. Najveća ispitivana koncentracija ekstrakta AA (20%) je statistički značajno uticala na smanjenje relativnog sadržaja hlorofila kod pšenice (Tabela 14).

5.2.3.2. Ekstrakcija hlorofila

Fotosintetski pigmenti su važan indikator kvaliteta fotosinteze. Takođe, njihove proporcije *a:b* i ukupan hlorofil:karotenoidi oslikavaju stres kroz koji biljke prolaze (Hobe i sar., 2003; Chen i sar., 2010). Suština je da biljke balansiranjem sadržaja pigmenata i njihovih proporcija pokušavaju da se adaptiraju na uslove sredine (stresa) i optimizuju proces fotosinteze (Li i sar., 2018). Promene u sadržaju hlorofila mogu biti vezane za temperaturu (optimalna T za sintezu hlorofila je 30⁰C, Nagata i sar., 2005), sadržaj vlage (utiče na biohemijske procese u hloroplastima, Zhou, 2003) i dr. Zbog toga smo pratili njihove vrednosti nakon primene herbicida i biljnih ekstrakata (izazivači stresa) (Tabela 15).

Neki usevi su osetljiviji od drugih na primenu herbicida mereno preko sadržaja fotosintetskih pigmenata i metabolitičkih procesa. Otpornost pšenice, kukuruza i travnih vrsta korova na a.m. bentazon se obezbeđuje metabolitičkim procesima, usvajanjem i transportom u biljkama (Retzlaff i Hamm, 1976). Istraživanja su pokazala da se biljke pšenice oporave 100% 20h nakon primene a.m. bentazona, mereno preko asimilacije CO₂ (Retzlaff i Hamm, 1976). Rezultati ovih istraživanja su u skladu sa našim ispitivanjima o uticaju a.m. bentazon i piroksulam na biljke pšenice. Elhakem i El-Salam (2018) su utvrdili osetljivost biljaka kukuruza na druge aktivne materije (metolahlor i izoproturon) na osnovu promena sadržaja hlorofila. Izmerili su (statistički

značajno) manji sadržaj hlorofil *a*, *b* i karotenoida u odnosu na kontrolu u različitim fazama razvoja kukuruza (4, 6, 8 i 10 nedelja nakon setve). U našim ogledima promene u sadržaju hlorofila kod ispitivanih korova se dovode u vezu sa biljnom vrstom, primenjenom aktivnom materijom i koncentracijom biljnih ekstrata (AA i SH) (Tabela 15-20). Herbicidne aktivne materije su smanjile sve merene parametre kod svih korovskih vrsta u poređenju sa kontrolom, osim *a:b* i UK chl:karotenoidi kod *Avena fatua* (nakon primene a.m. bentazon), *a:b* kod *Bromus rigidus* i UK chl:karotenoidi kod *Convolvulus arvensis* (nakon primene a.m. piroksulam) (Tabela 15). Statistička analiza dobijenih rezultata je pokazala da uticaj aktivnih materija na merene parametre kod biljaka *Avena fatua* nisu bile statistički značajne, za razliku od promene kod druge dve vrste (Tabela 16). Brojna istraživanja su pokazala različit uticaj različitih aktivnih materija na sadržaj hlorofila *a*, *b* i karotenoida. Daniell i saradnici (1981) konstatuju da se sadržaj hlorofila *a* više smanjuje nego hlorofila *b* u listovima biljaka *Echinochloa crus-galli* i pirinča nakon primene a.m. propanil, a da su se samo biljke pirinča oporavile 3 DNP. Sa druge strane, Kumar i saradnici (2019) konstatuju smanjenje sadržaja hlorofila *a*, *b*, karotenoida i ukupnog hlorofila 7 DNP a.m. propakvizalofop i glifosat kod širokolisnih (*Indigofera hirsuta*) i travnih (*Pennisetum pedicellatum*) vrsta. Navedene aktivne materije deluju na pigmente direktno (propanil) ili indirektno (glifosat, Pihakaski i Pihakaski, 1980) što govori o osetljivosti promena sadržaja pigmenata i mogućnost korišćenja tih promena u proceni fitotoksičnog delovanja.

Suština izvedenih ogleda o efektu herbicida različitog mehanizma delovanja (inhibitori acetolaktat sintetaze, inhibitori fotosinteze) na sadržaj fotosintetskih pigmenata imao je za cilj procenu efekta biljnih ekstrata na iste parametre. Uticaj drugih faktora nije uziman u obzir jer su ogledi izvedeni u kontrolisanim uslovima. Neki istraživači ukazuju da se u uslovima stresa biljka reorganizuje tako što smanjuje sadržaj hlorofila *b* u korist nadoknade sadržaja hlorofila *a* (Fang i sar., 1998; Eckardt, 2009). Ovu činjenicu potvrđuju istraživanja obavljena sa biljkama paprike. Vodeni ekstrat *Tithonia diversifolia* je statistički značajno smanjio sadržaj hlorofila *b* ($p < 0.05$), posebno u starijim biljkama paprike. Postoje istraživanja koja naglašavaju da se hlorofil *a* mnogo brže razara u uslovima stresa nego hlorofil *b* što dovodi do smanjenja vrednosti proporcije hlorofila *a:b* (Wolf, 1956).

Ogledi sa vodenim ekstraktima su pokazali da sve ispitivane koncentracije AA i SH kod vrsta *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* smanjenjuju sadržaj hlorofila *a* i uvećanja sadržaja hlorofila *b* (osim 20% AA kod *Convolvulus arvensis*) (Tabela 17, 18). Jedinke *Avena fatua* su nakon primene svih ekstrata AA reagovala povećanjem sadržaja hlorofila *a*, na štetu sadržaja hlorofila *b*, što je u skladu sa istraživanjima Fang i sar. (1998) i Eckardt-a (2009). Ali reakcija jedinki *Avena fatua* na rastvore SH je bila potpuno suprotna od reakcije svih drugih jedinki, izmereno je smanjenje sadržaja oba hlorofila (*a*, *b*) u odnosu na kontrolu (Tabela 18). Reakcija jedinki *Avena fatua* nakon primene rastvora SH se može objasniti herbicidnim delovanjem ekstrata SH. Takođe, uočeni rast sadržaja hlorofila *a* kod nekih vrsta se može objasniti stimulativnim delovanjem malih koncentracija vodenih ekstrata (npr. ekstrat *Prosopis juliflora*, Ismail i Chong, 2002). Ismail i Chong (2002) naglašavaju da male količine alelopatičkih supstanci jedne vrste mogu imati stimulatívno i inhibitorno delovanje, a velike isključivo inhibitorno delovanje na drugu vrstu. Slično našim rezultatima su i istraživanja Amani i saradnika (2015). Oni su utvrdili alelopatičko delovanje *Ambrosia* spp. na vrste *Convolvulus arvensis* i *Portulaca oleracea*. Navedene činjenice podržavaju istraživanja Kapoor i saradnika (2019). Autori su utvrdili inhibitorno dejstvo vodenih ekstrata *Artemisia absinthium* na fotosintetske pigmente biljaka *Parthenium hysterophorus*.

Sa druge strane uočeno je da je primena a.m. herbicida i vodenih ekstrata SH smanjila sadržaj karotenoida u listovima svih testiranih korova (osim kod *Bromus rigidus*), a različite koncentracije ekstrata AA su imale suprotan efekat (osim 5 i 10% kod *Convolvulus arvensis*). Karotenoidi u biljkama imaju zaštitnu ulogu, čuvaju fosfolipide, nezasićene masne kiseline, galaktolipide i dr. od svetlosti (Demming i sar., 1996). Takođe, Young i Britton (1990) smatraju da uvećanje sadržaja karotenoida u biljkama predstavlja važan indikator stresa.

Međutim, istraživanja nekih autora navode da bolji indikator stresa u biljkama predstavlja proporcija UK chl:karotenoidi, kao i proporcija hlorofil *a:b* (Pen˘uelas i sar., 1995; Féret i sar., 2008; Fillela i sar., 2009). Isti autori navode da se u uslovima stresa sadržaj hlorofila brže smanjuje nego sadržaj karotenoida. Istraživanja su pokazala da je proporcija *a:b* usko vezana za fotosistem I ili II i zbog toga je dobar indikator promena u biljkama nastalih zbog: promena parametara životne sredine i uticaja fitopatogenih izazivača bolesti, odnosno stresa uopšte (Hobe i sar., 2003; Chen i sar., 2010). Prema istraživanjima Streits i saradnika (2005) i Katayama i Shida (1970)

proporcija hlorofila *a:b* od 3 se smatra vrednošću koja indukuje normalan proces fotosinteze, a u uslovima stresa raste. Međutim, postoje i suprotna mišljenja, koja ističu da se u uslovima stresa ne menja vrednost proporcije *a:b* (Martin i Warner, 1984). U našim istraživanjima sve testirane koncentracije AA i SH su uticale na rast sadržaja proporcije *a:b* u odnosu na kontrolu (Tabela 17, 18).

Zbog lakšeg donošenja zaključaka o herbicidnoj aktivnosti ekstrata AA i SH, analizirali smo efekte samo najveće ispitivane koncentracije (20%) oba rastvora. Statistička analiza prikazana je u tabeli 28. Na osnovu analize konstatuju se statistički značajne promene kod *Avena fatua* i *Bromus rigidus* nakon primene 20% AA i kod *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* nakon primene 20% SH (Tabela 28). Generalno, najosetljivija vrsta se pokazala *Bromus rigidus* (Tabela 28). Slično našim istraživanjima, Shas i saradnici (2018) u svojim ogledima ukazuju da vodeni ekstrati *Prosopis juliflora* utiču na smanjenje sadržaj hlorofila (10-40%) u poređenju sa kontrolom.

Opravdanost primene ekstrata AA i SH u usevu pšenice je takođe analizirana preko promena u sadržaju parametara hlorofila nakon primene 20% rastvora. Ekstrati AA i SH su uvećali sadržaj hlorofila *a* (Tabela 28), što ukazuje da biljke tolerišu prisustvo rastvora. Takođe, sadržaj karotenoida nije rastao, što se opet može tumačiti da biljke pšenice nisu stresirane.

Tabela 27. Statistička analiza delovanja najvećih koncentracija AA i SH na parametre hlorofila u listovima korova i pšenice 6 DNP

	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	UK chl	karo	Chl <i>a:b</i>	UK chl/karo
<i>Avena fatua</i>						
AA 20%	0.025*↑	ns	0.037*↑	ns	0.018*↑	ns
SH 20%	ns	0.000**↓	0.016*↓	ns	ns	ns
<i>Bromus rigidus</i>						
AA 20%	0.000**↑	ns	0.000**↑	0.000**↑	0.000**↑	0.000**↓
SH 20%	0.000**↑	0.000**↓	0.000**↑	0.000**↑	0.000**↑	0.047*↓
<i>Convolvulus arvensis</i>						
AA 20%	0.002**↑	0.011*↑	0.001**↑	ns	ns	0.011*↑
SH 20%	ns	0.000**↓	0.031*↓	0.037*↓	0.026*↑	ns
<i>Pšenica</i>						
K	0.93	2.81	3.74	1.58	0.33	2.37
AA 20%	3.03↑	0	3.03↓	0.89↓	0	0.93↓
SH 20%	3.31↑	3.55↑	6.85↑	0.48↓	3.39↑	1.62↓
AA vs SH	0.034*	0.000**	0.000**	ns	0.000**	ns

K-kontrola, Chl *a*-hlorofil *a*, Chl *b*-hlorofil *b*, UK chl-ukupni hlorofil, AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*, karo-karotenoidi, ↑-porast u odnosu na kontrolu; ↓-smanjenje u odnosu na kontrolu.

Da bi potvrdile efekat ekstrata na biljke pšenice i korovske vrste poredili smo rezultate dobijene u dve metode: SPAD očitavanje i ekstrakcija sa metanolom (Tabela 29). Najveći koeficijent korelacije je dobijen kod biljaka pšenice i travnih korovskih vrsta (*Avena fatua* i *Bromus rigidus*), a najniži kod vrste *Convolvulus arvensis* (Tabela 29). Rigon i sar. (2012) ukazuju da postoji linearna zavisnost ($r^2=0,93$) SPAD očitavanja i sadržaja hlorofila *a* (dobijen ekstrakcijom). Pouzdanost poređenja rezultata ove dve metode su kod biljaka kukuruza i soje potvrdili Markwell i sar. (1995). Na osnovu SPAD očitavanja relativnog sadržaja hlorofila konstatovano je da 20% rastvor AA nije bezbedan za biljke pšenice. Na osnovu visokog koeficijenta korelacije za različite parametre (r^2 chl *a*=1 za 20% AA i 0,94 za 20% SH; r^2 *a:b*=0,95 za 20% AA i 0,96 za 20% SH, Tabela 30) potvrdili smo dobijene rezultate i zaključili da 20% rastvor AA nije bezbedan za biljke pšenice (sadržaj chl *b*=0; *a:b*=0, Tabela 29).

Tabela 29. Koeficijent korelacije između SPAD očitavanja i vrednosti dobijenih ekstrakcijom

	Ukupan hlorofil		Hlorofil <i>a</i>		<i>a:b</i>	
	AA	SH	AA	SH	AA	SH
Koeficijent korelacije r^2						
<i>A. fatua</i>	0.7	0.42	0.64	0.47	0.42	0.36
<i>B. rigidus</i>	- 0.92	-0.57	-0.93	-0.65	-0.48	-0.4
<i>C. arvensis</i>	- 0.42	-0.72	-0.03	-0.19	0.15	0.28
<i>pšenica</i>	0.97	0.59	1	0.94	0.95	0.96

AA-A. *artemisiifolia*, SH-S. *halepense*,

Tokom izvođenja ogleda smo se bazirali samo na utvrđivanju herbicidnog dejstva vodenih ekstrata, a ne na determinisanje odgovorne supstance u njima. Prema istraživanjima drugih autora odgovorne supstance za ispoljavanje negativnog delovanja mogu biti: tanini, kinoni, flavonidi i dr. (Nakano i sar., 2001).

5.2.3.3. Fluorescencija hlorofila

Fluorescencije hlorofila se smatra veoma važnom tehnikom za praćenje stanja biljaka u uslovima stresa (Govindjee i sar., 1981; Krause i Weis, 1991). Omogućava merenje aktuelne efikasnosti fotosistema u listovima u datim uslovima. Prema mnogim istraživanjima parametar F_v/F_m se uzima kao realan indikator stresa (abiotski i biotski) (Kraus i Weis, 1991; Schreiber i

sar., 1994). Ova tehnika je načešće korišćena za dokazivanje efekta herbicida, posebno inhibitora fotosinteze i acetolaktat sintetaze (Norsworthy i sar., 1998; Pavlović, 2005; Božić, 2006). Generalno primena herbicida kod osetljivih biljaka dovodi do smanjenja vrednosti Fv/Fm u odnosu na kontrolu. Suština postupka je merenje transporta elektrona nakon osvetljavanja listova koji su bili u mraku (DeVine i sar., 1993). U našim ogledima je potvrđena pouzdanost ove tehnike kod korovskih biljaka (*Avena fatua*, *Bromus rigidus*, *C. arvensis*) nakon primene a.m. bentazon i piroksulam (Grafik 3-8). Takođe, izvedeni zaključci o efektu na klijance pšenice i korova, u našim ogledima, se slažu sa rezultatima drugih istraživača (Ahrens i sar., 1981). Generalno promene u fotosintezi se prvo manifestuju u fotosistemu dva (FSII) i zbog toga merenje parametara Fv/Fm i Φ FSII predstavlja dobar prikaz stanja stresa u biljkama (Genty i sar., 1989; Maxwell i Johnson, 2000). Φ FSII parametar pokazuje proporciju apsorbovane svetlosti od strane hlorofila koji su vezani za FSII (koristi se u fotohemijским reakcijama). Promene Fv/Fm nastaju kao posledice nehemijškog gašenja fluorescencije, što opet ukazuje da je poremećen tok elektrona i da nem transformacije svetlosti u energiju. U suštini, metoda je zasnovana na osvetljavanju biljaka adaptiranih na mrak. Tada su reakcioni centri FSII zatvoreni. Nakon osvetljavanja dolazi do rasta fluorescencije (Fv/Fm) i potom dolazi do gašenja/transformacije svetlosti u energiju (veći udeo hemijškog gašenja, qP) ili usled stresa do gubljenja te energije (veći udeo nehemijškog gašenja, qN) (Johnson i sar., 1993). Isti autori navode da su vrednosti Fv/Fm od 0,83 vrednosti izmerene kod zdravih biljaka. Niže vrednosti ukazuju da su biljke bile izložene stresu (nedostatak vlage, visoke temperature, herbicidi i dr.), odnosno da je proces fotosinteze oštećen. Pouzdanost metode su potvrdili Norsworthy i sar. (1998) merenjem Fv/Fm kod biljaka *E. crus-galli* nakon primene a.m. propanil. U skladu sa njihovim rezultatima su i naši rezultati dobijeni merenjem nakon primene aktivnih materija bentazon i piroksulam. Kod kontrolnih biljaka fotohemijško gašenje (qP) je bilo veće u poređenju sa qN, što potvrđuje da fotosinteza u njima nije oštećena (Tabela 24-26). U tretiranim biljkama promene u fotosintezi su indukovane na osnovu rasta parametra qN. Najizraženije promene su izmerene kod biljaka *Convolvulus arvensis* nakon primene a.m. bentazon, biljke su potpuno propale (qP i qN su bili jednaki 0) (Tabela 24). Ovakav rezultat se objašnjava činjenicom da a.m. bentazon deluje na FSII kod širokolisnih vrsta. Kod drugih vrsta izmeren je rast qN, što može ukazati da je došlo do oštećenja i da se energija rasipa umesto potpuno transformiše u hemijsku (*Avena fatua* qN 0 DNP=0.014, qN 6 DNP=0.103 posle a.m. piroksulam; *Convolvulus arvensis* qN 0 DNP=0.016, qN 6 DNP=0.028 posle a.m. piroksulama; Tabela 24).

Male promene kod biljaka nakon primene a.m. piroksulam se dovode u vezu sa njegovim mestom delovanja. On spada u grupu herbicida koji primarno deluju na enzim acetolaktat sintetazu (Heap, 2020). Griffiths i Maxwell (1999) slab rast biljaka iz familije Bromeliaceae objašnjavaju niskim kapacitetom fotosinteze zbog ekstremno visokih vrednosti nehemijskog gašenja fluorescencije (qN). Analiza gašenja fluorescencije nakon primene biljnih ekstrata je pokazala da se promene mogu tumačiti samo uz promene Fv/Fm i Φ FSII jer su različite koncentracije uticale različito. Za očekivati je bilo da najveće ispitivane koncentracije dovedu do najvećih promena. Međutim, kod vrste *Avena fatua* koncentracija od 10% AA je smanjila qP (6.45%) i uvećala qN (više od sto posto) i time ukazala da se apsorbovana svetlost ne transformiše u hemijsku energiju već da se gubi odavanjem toplote ili na neki drugi način (Tabela 25). Kod vrste *Bromus rigidus* koncentracije 5 i 10% AA su smanjile qP za 4.37% u odnosu na merenje 0 DNP. Međutim, kod vrste *Convolvulus arvensis* svi ispitivani ekstrati AA su značajno uticali na smanjenje qP: 11.65 ekstrap 1%, 19.80 ekstrap 5%, 24.08% ekstrap 10% i 12.54% ekstrap 20% (Tabela 25). Međutim, ono što otežava zaključivanje su izmerene vrednosti qN manje nego u kontroli. Promene u fotosintezi korova na osnovu analize qP i qN nakon primene ekstrata SH su pokazale sledeće: kod vrste *Bromus rigidus* koncentracije 1 i 5% su dovele do rasta qN (preko 100%), 10% do smanjenja qP (5.87%), a koncentracija od 20% nije uticala na ove parametre (Tabela 26). Kod vrste *Convolvulus arvensis* sve ispitivane koncentracije su dovele do smanjenja qP (11.65, 22.41, 11.31 i 12.54%) a kod vrste *Avena fatua* 1 i 10% koncentracije do smanjenja qP (4.09% koncentracija 1% i 5.16% koncentracija 10%) i rasta qN (preko 100% nakon primene 1 i 10%) (Tabela 26), što opet ukazuje da ispitivani ekstrati remete proces fotosinteze. Nije uočen trend opadanja ili rasta merenih parametara sa porastom koncentracije ispitivanih ekstrata. Nivo promena nije bio visok ni nakon primene herbicida, tako da se praćenjem ovih parametara može diskutovati o stanju fotosinteze nakon primene biljnih ekstrata u kontroli korova.

Promene qP i qN nakon primene ekstrata AA i SH kod biljaka pšenice nisu zabeležene, što govori da su oni bezbedni za primenu u ovom usevu (Tabela 25, 26). Neznatno uvećane vrednosti qP nakon primene najvećih koncentracija AA (2,2% preko 100%; Tabela 25) i SH (4,2% preko 100%; Tabela 26) se mogu tumačiti kao stimulativno dejstvo ekstrata na pretvaranje apsorbovane svetlosti u hemijsku.

Kod vrsta *Avena fatua* i *Convolvulus arvensis* primena herbicida je postepeno narušavala proces fotosinteze u funkciji vremena (Grafik 3, 4, 7, 8). Kod vrste *Convolvulus arvensis* je konstatovana potpuna smrt biljaka nakon primene a.m. bentazon jer su 6 DNP Fv/Fm i Φ FSII imale vrednost 0 (Grafik 7, 8). Primena a.m. piroksulam nije drastično pokazala smrt biljaka ali vrednosti merenih parametara su pokazale značajno smanjenje u odnosu na kontrolu (6 DNP Fv/Fm=0.341, Φ FSII=0.281) iza čega nije bilo oporavka. Nasuprot ovim biljkama, biljke *Bromus rigidus* su pokušale da stanje stresa prevaziđu (Grafik 5, 6). Posebno se vidi nakon primene a.m. piroksulam. U prva 24h (1 DNP) biljke *Bromus rigidus* doživljavaju šok i vrednost Φ FSII naglo pada, 3 DNP uočava se blagi oporavak, ali statistički značajno smanjenje 6 DNP u odnosu na 0 DNP (kontrolu) potvrđuje problem u transportu elektrona.

Praćenje promene Fv/Fm nakon primene aktivnih materija herbicida je upućivalo da će se na takav način izmeriti i herbicidno dejstvo različitih koncentracija AA i SH ekstrata. Obzirom da je metoda fluorescencije hlorofila indikator stresa biljaka (abiotički, biotički, antropogeni i sl.) (Willman i sar., 1987) odlučili smo se za nju. Generalno su se u našim ogledima promene u procesu fotosinteze, nakon primene herbicida i biljnih ekstrata AA i SH, najbolje oslikale preko parametra Φ FSII (Grafik 10, 12, 14, 16, 18, 20). Primena ekstrata nije dovela do pojave vizuelnih simptoma i osetljiviji indikator promena se pokazao parametar Φ FSII. Takođe, uočene su oscilacije u reakciji biljaka u funkciji vremena. Kao primer se navode biljke *Avena fatua* koje su na ekstrate AA reagovale 3 DNP (Grafik 9, 10), a na ekstrate SH u prva 24h (Grafik 11, 12). Promene parametra Fv/Fm kod *Avena fatua* su bile izražene samo nakon primene najveće koncentracije ekstrata (20%). Ovakav rezultat se može dovesti u vezu sa potrebnim vremenom za ispoljavanje efekta ili nedovoljnom senzitivnošću parametra. Kod vrste *Bromus rigidus* se parametar Φ FSII takođe pokazao kao senzitivniji za merenje promena u procesu fotosinteze (posebno nakon primene SH ekstrata) iako se u funkciji vremena meri pad vrednosti oba parametra (Φ FSII: 0.741 0 DNP, 6 DNP 1%=0.681, 5 i 10%=0.687, 20%=0.678) (Grafik 14, 16). U uslovima polja se promene u procesu fotosinteze mogu dodatno objasniti na osnovu fiksacije CO₂ (Genty i sar., 1989). Međutim, kod vrste *Convolvulus arvensis* oba parametra jasno opisuju promene u procesu fotosinteze (Grafik 17-20). Generalno, metoda fluorescencije hlorofila je pokazala da su ekstrati AA i SH najefikasnije kontrolisali rast vrste *Convolvulus arvensis*, a parametar efikasnost fotosistema (Φ FSII) se izdvaja kao senzitivniji parametar za ispitivanje herbicidne aktivnosti

ekstrata AA i SH. Međutim, ispoljena efikasnost ispitivanih ekstrata na korovske vrste ima ograničenje za primenu u praksi. Ekstrati AA su se pokazali nebezbednim za primenu u usevu pšenice jer je nivo oštećenja bio preko 15% (na osnovu Fv/Fm 18,86%; na osnovu Φ FSII 16,00%; Grafik 32, Tabela 30).

Tabela 30. Promene parametara Fv/Fm i Φ FSII nakon primene biljnih ekstrata (%)

	Fv/Fm		Φ FSII	
	AA	SH	AA	SH
<i>A. fatua</i>	2.50 %	3.40 %	12.48 %	10.72 %
<i>B. rigidus</i>	1.82 %	4.72 %	3.57 %	7.89 %
<i>C. arvensis</i>	22.29 %	23.99 %	35.16 %	35.79 %
pšenica	18.86 %	6.45 %	16.00 %	0.86 %

Fv/Fm prinos fluorescencije, Φ FSII efikasnost fotosistema, AA-*A. artemisiifolia*, SH-*S. halepense*

Procena efekta različitih faktora se postiže visoko specifičnim metodama ili poređenjem više metoda. Zbog toga smo poredili rezultate dobijene merenjem fluorescencije hlorofila *a* sa SPAD očitavanjem relativnog sadržaja hlorofila i metodom ekstrakcije hlorofila *a* (Tabela 31). Poređenje je pokazalo da postoji značajna korelacija između vrednosti dobijenih SPAD očitavanjem i fluorescencije kod svih korova i pšenice nakon primene AA i SH ekstrata (osim kod pšenice nakon primene SH). Takođe, visoka korelacija je konstatovana između ekstrakcije hlorofila i fluorescencije kod svih korova i pšenice nakon primene AA ekstrata (osim kod *Convolvulus arvensis*). Nasuprot jako slaboj korelaciji kod korova nakon primene SH ekstrata (< 0.5, osim kod biljaka pšenice, -0.6; Tabela 31).

Na osnovu izvedenih poređenja može se konstatovati da su sve korišćene metode pouzdan način za determinisanje herbicidne aktivnosti vodenih ekstrata AA i SH.

Tabela 31. Koeficijent korelacije između različitih metoda praćenja sadržaja hlorofila

	SPAD/fluorescencija		Hlorofil <i>a</i> /fluorescencija	
	AA	SH	AA	SH
<i>A. fatua</i>	-0.63	-0.96	0.83	-0.44
<i>B. rigidus</i>	-0.83	-0.60	0.95	-0.40

<i>C. arvensis</i>	-0.50	0.75	0.07	0.30
pšenica	0.97	-0.29	0.98	-0.60

AA-A. *artemisiifolia*, SH-S. *halepense*

5.2.4. Sadržaj šikiminske kiseline

Mnoge supstance u biljkama mogu istovremeno posedovati i alelopatsko i stimulatívno dejstvo na biljke u okruženju, bilo da se izlučuju preko korena ili listova, ili se dobijaju ekstrakcijom iz različitih delova (Rice, 1987). Sa aspekta ekologa ovo su važne činjenice zbog bioloških invazija, a za poljoprivrednu praksu mogućnost smanjenja upotrebe herbicida (pesticida uopšte) (Chou, 1995). U našim ogledima praćen je efekat ekstrata AA i SH na sadržaj šikiminske kiseline kao mogućeg mesta njihovog delovanja (Grafik 26-31). Šikiminska kiselina je važna u putu šikimata. Do njenog nakupljanja dolazi usled blokiranja enzima 5-enolpiruvat-šikimat-3-fosfat sintetaze (EPSPS), a za posledicu ima nedostatak sinteze aminokiselina (Pittard, 1996). Izvedeni ogledi su pokazali da je primena a.m. bentazon dovela do većeg nakupljanja šikiminske kiseline kod sve tri korovske vrste nego a.m. piroksulam (Grafik 23-25), što se može dovesti u vezu sa sekundarnim delovanjem ovih aktivnih materija. Najveći sadržaj šikiminske kiseline je izmeren u listovima *Convolvulus arvensis*, 3x više nakon primene a.m. bentazon (0.197 mg/g sveže mase) nego a.m. piroksulam (0.068 mg/g sveže mase) (Grafik 25). Merenja nakon primene različitih koncentracija AA i SH ekstrata su pokazala da je došlo do nakupljanja šikiminske kiseline (6 DNP) kod korovskih biljaka (osim kod biljaka *Convolvulus arvensis* nakon primene ekstrata SH) (Grafik 26-31). Primetili smo da primena različitih koncentracija ekstrata AA i SH ne dovodi do linearnog povećanja sadržaja šikiminske kiseline sa rastom primenjene koncentracije, čak su vrednosti nekada bile i niže. Konstatovane su oscilacije tokom merenja (0, 3 i 6 DNP). Nakon primene biljke dožive stres, pokušavaju da prevaziđu to stanje. Većina primenejnih koncentracija oba rastvora su dovela do smanjenja sadržaja 3 DNP. To se može objasniti činjenicom da biljke normalno nastavljaju biohemijske procese (nema nakupljanja šikiminske kiseline) ili aktiviraju neke enzime. Međutim, kod svih vrsta se 6 DNP meri uvećanje sadržaja šikiminske kiseline u poređenju sa vrednostima izmerenim 3 DNP (osim kod *Bromus rigidus* 20% SH i sve koncentracije SH kod *Convolvulus arvensis*, Grafik 29, 31). Ovi rezultati potvrđuju da se biljke nalaze u uslovima stresa, a vrednosti izmerene 6 DNP ekstrata (veće od kontrole, osim kod vrste *Convolvulus arvensis* posle 5 i 10% AA; kod vrste *Bromus rigidus* posle 20% SH, Grafik 29, 30, 33) ukazuju na postojanje herbicidne

aktivnosti rastvora. Uvećanje sadržaja 6 DNP nije bilo veliko i statistički značajno ali je efekat ekstrata konstatovan nakon primene 20% AA kod *Avena fatua* 1,2x, kod *Bromus rigidus* 1,1x i *Convolvulus arvensis* 1,5x. Međutim, 6 DNP 20% SH vrednosti kod vrsta *Avena fatua* i *Convolvulus arvensis* su bile jednake kontroli, Grafika 27, 31, 33). Ovo se može dovesti u vezu sa činjenicom da su količine male za izazivanje jačih efekata ili da je biljka aktivirala mehanizme da bi prevazišla stanje stresa. Takođe, treba uzeti u obzir činjenicu da sadržaj šikiminske kiseline zavisi od faze razvoja biljaka u vreme ocene (Dinelli i sar., 2006) kao i da se ona iz tkiva vremenom gubi (Henry i sar., 2005). Postoje istraživanja koja ukazuju da sama šikiminska kiselina može biti alelohemikalija. Aniya i sar. (2020) su u svojim ogledima utvrdili inhibitorno delovanje šikiminske kiseline iz vrste *Illicium verum* Hook. na rast klijanjaca *Trifolium pratense* L., *T. repens* L., *Medicago sativa* L., and *Lotus corniculatus* L.

Na osnovu izmerenih vrednosti i njihove analize konstatuje se da metoda praćenje sadržaja šikiminske kiseline može da se koristi za determinisanje herbicidnog efekta vodenih ekstrata AA i SH. Iako je efekat 20% ekstrata SH uticao na neznatno nakupljanje šikiminske kiseline u biljkama pšenice 6 DNP (1,1x, Grafik 32) ovaj ekstrat se može smatrati bezbednim za priemenu u uslovima polja. Na osnovu poređenja sa drugim metodama (SPAD očitavanje i fluorescencija hlorofila) može se potvrditi bezbednost rastvora 20% SH za biljke pšenice. Slabo uvećanje sadržaja šikiminske kiseline (1,1x) u biljkama pšenice se može opravdati činjenicom da se ona vremenom gubi (Henry i sar., 2005). Takođe, istraživanja kažu da se otpornost pšenice na herbicide ostvaruje metaboličkim procesima, usvajanjem i transportom u njima i da se ona 100% oporavi već nakon 24h (Retzlaff i Hamm, 1976).

6.0.ZAKLJUČAK

Obavljena istraživanja i prikazani rezultati su uticali da se izdvoje sledeći zaključci:

Na osnovu ispitivanja efikasnosti herbicidnih a.m. konstatovana je slaba efikasnost a.m. piroksulam na vrstu *Convolvulus arvensis* i a.m. bentazon na vrste *Avena fatua* i *Bromus rigidus*. Takođe, parametar suva masa je potvrdio otpornost starijih biljaka u poređenju sa mlađim.

Analizom efekta herbicidnih a.m. bentazon i piroksulam na proces klijanja semena korovskih biljaka potvrđeno je slabo zemljišno delovanje istih. Uporednom analizom efikasnosti herbicidnih a.m. i ekstrata AA i SH na proces klijanja konstatuje se slaba aktivnost ekstrata na proces klijanja semena korova preko zemljišta.

Testiranje metode biotest u Petri posudama je pokazalo da se ona uspešno može koristiti za praćenje efekta ekstrata AA i SH na proces klijanja semena korova.

Tehnika SPAD očitavanje relativnog sadržaja hlorofila se takođe može uspešno koristiti za praćenje efekta ekstrata AA i SH u klijancima korova.

Rezultati SPAD merenja relativnog sadržaja hlorofila nakon primene biljnih ekstrata AA i SH u listovima korova: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis* su novi za naučnu zajednicu.

Praćenjem i merenjem promena unutar biljaka preko fluorescencije hlorofila je potvrđena mogućnost korišćenja ove metode u svrhu determinisanja efekta ekstrata AA i SH na proces fotosinteze u cilju definisanja herbicidne efikasnosti ekstrata na klijance korova.

Sve ispitivane koncentracije (1, 5, 10 i 20%) ekstrata AA i SH, kod svih testiranih korova, su statistički značajno smanjile vrednost parametra Φ_{FSII} 6 DNP, a najveća ispitivana koncentracija oba rastvora je smanjila oba merena parametra Fv/Fm (fluorescencija hlorofila) i Φ_{FSII} (efikasnost fotosistema) (osim Φ_{FSII} kod vrste *Bromus rigidus*).

Metoda fluorescencije hlorofila je pokazala da su ekstrati AA i SH najefikasniji u kontroli vrste *Convolvulus arvensis*, a parametar efikasnost fotosistema (Φ FSII) se izdvaja kao senzitivniji parametar.

Ispitivani ekstrati su determinisani kao nebezbedni za praktičnu primenu u usevima pšenice, jer je najveća ispitivana koncentracija (20%) AA ekstrata na osnovu parametara fluorescencije i prinosa fotosinteze pokazala određeni nivo oštećenja procesa fotosinteze (15%) u biljkama pšenice u odnosu na 20% rastvor ekstrata SH.

Analizom izmerenih vrednosti konstatuje se da metoda praćenje sadržaja šikiminske kiseline može da se koristi za determinisanje herbicidnog efekta ekstrata AA i SH.

Efekat 20% ekstrata SH je uticao na neznatno nakupljanje šikiminske kiseline u biljkama pšenice 6 DNP (1,1x) ali na osnovu poređenja sa drugim metodama merenja herbicidne aktivnosti ekstrata SH on se može smatrati bezbednim za primenu u uslovima polja.

Najefikasnija koncentracija 6 DNP kod svih korovskih vrsta na sadržaj šikiminske kiseline je 20% ekstrat AA.

Prilikom procene herbicidnog delovanja vodenih ekstrata AA i SH treba uzeti u obzir činjenicu da se njihovo delovanje ispoljava zavisno od načina primene.

Sve testirane koncentracije AA i SH su uticale na rast sadržaja proporcije $a:b$ hlorofila u odnosu na kontrolu, što je jasan indikator negativnih promena i slabe, ali prisutne, herbicidne aktivnosti ekstrata.

Najveća ispitivana koncentracija (20%) ekstrata AA je dovela do nemogućnosti merenja parametara chl b i $a:b$ (chl $b=0$; $a:b=0$) u biljkama pšenice što ukazuje na negativan efekat ovog ekstrata na process fotosinteze i limitiranost praktične primene ekstrata AA.

Nakon sagledavanja rezultata dobijenih svim korišćenim metodama može se zaključiti da 20% rastvor AA nije bezbedan za primenu u usevu pšenice iako ne ispoljava vizuelne simptome.

Testiranje metoda za utvrđivanje efikasnosti herbicida je pokazalo da se one mogu primeniti za ispitivanje herbicidne efikasnosti biljnih ekstrata *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense*. Nedvosmisleno kao najpouzdanije metode izdvojile su se: ekstrakcija hlorofila, fluorescencija hlorofila i merenje sadržaja šikiminske kiseline.

Na osnovu poređenja rezultata dobijenih različitim metodama konstatovana je visoka korelacija između rezultata dobijenih SPAD očitavanjem i fluorescencije hlorofila, kao i rezultata dobijenih ekstrakcijom i fluorescencije hlorofila.

Praćenjem i merenjem promena unutar biljaka, utvrđeno je da su: efikasnost fotosistema, sadržaj hlorofila i sadržaj šikiminske kiseline najpouzdaniji parametri za determinisanje herbicidne aktivnosti ekstrata *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense*.

Različite koncentracije ispitivanih ekstrata *Ambrosia artemisiifolia* i *Sorghum halepense* su ispoljile različit nivo efikasnosti na sve testirane korovske vrste: *Avena fatua*, *Bromus rigidus* i *Convolvulus arvensis*. Najefikasnija je bila najveća ispitivana koncentracija oba ekstrata, 20%. Ispitivani ekstrati su bolje delovali na testirane biljke nakon folijarne primene.

Na osnovu analize efekata ispitivanih ekstrata na različite parametre unutar biljaka konstatovano je da ekstrat jedne vrste najbolju efikasnost postiže u kontroli samo jedne (određene/ciljane) vrste.

7.0. LITERATURA

Abdelgaleil, S.A.M., Badawy, M.E.I., Suganuma, T., Kitahara, K.: Antifungal and biochemical effects of pseudoguaianolide sesquiterpenes isolated from *Ambrosia maritima* L. African Journal of Microbiology Research, 5, 3385-3392, 2011.

Abdul-Wahab, A.S.: The toxicity of Johnson grass excretions: A mechanism of root competition. Master's Thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, 1964.

Abdul-Wahab, A.S., Rice, E.L.: Plant inhibition by Johnson grass and its possible significance in old-field succession. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 486-497, 1967.

Ahrens, W.H., Arntzen, C.J., Stoller, E.W.: Chlorophyll Fluorescence Assay for the Determination of Triazine Resistance. Weed Science, 29, 316-322, 1981.

Al-Idrissi, M., Sbeita, A., Jebriel, A., Zintoni, A., Shreidi, A., Ghwawi, H.: Libya: Country report to the FAO international technical conference on plant genetic resources. Leipzig, 1996.

Al-Bitar, Z.B., Al-Omari, I.K., Sonbol, H.N., Al-Ahmad, H.T., Hamdan, A.M.: Mixed dentition analysis in a Jordanian population. Angle Orthod., 78, 670-675, 2008.

Amani, S., Rajabi, M., Chaechi, M.: Inhibitory effects of lavender, absinthium and walnut on germination and seedling growth of *Convolvulus arvensis*, *Portulaca oleracea* and *Triticum aestivum*. Pak. J. Weed Sci. Res., 21, 575-591, 2015.

Amri, I., Lamia, H., Mohsen, H., Bassem, J.: Review on the phytotoxic effects of essential oils and their individual components: News approach for weed management. Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol., 4, 96-114, 2013.

Anderson, R.L.: A Rotation Design That Aids Annual Weed Management in a Semiarid Region. In: Handbook of Sustainable Weed Management (ed.) Singh H.P., Batish R.D., Kohli K.R. Food Product Press, The Haworth Press, Inc., New York, London, Oxford, 159-177, 2006.

Aniya, Nomura, Y., Fuedeng, Appiah, K.S., Fujii, Y.: Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from *Illicium verum* Hook. f. *Plants*, 9(6), 684, 2020.

Anonymus: Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji, Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd, 2020.

Anwar, T., Khalid, S., Saeed, M., Mazhar, R., Qureshi, H., Rashidi, M.: Allelopathic Interference of Leaf Powder and Aqueous Extracts of Hostile Weed: *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae). Sci.Int., 4(3), 86-93, 2016.

Armstrong, G.A., Hearst, J.E.: Carotenoids 2: Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis. Faseb J., 10(2), 228-237, 1996.

Auld, B.A., Morin, L.: Constraints in the development of bioherbicides. Weed Technology, 9, 638-652, 1995.

Azzabi, T.: Food Self-Sufficiency and Agricultural Research in Libya. Etat de l'agriculture en Méditerranée: recherche agronomique et sécurité alimentaire, 1(5), 77–79, 1993.

Awal, M.A., Ahsan, A.K.M.A., Pramanik, M.H.R.: Effect of Aqueous Extract of Grass Weeds on Seed Germination and Seedling Growth of Vegetable Crops. Asian Journal of Research in Botany, 4(1), 1-10, 2020.

Bajwa, A.A., Akhter, M.J., Iqbal, N., Peerzada, A.M., Hanif, Z., Manalil, S., Hashim, S., Ali, H. H., Kebaso, L., Frimpong, D., Namubiru, H., Chauhan, B.S.: Biology and management of *Avena fatua* and *Avena ludoviciana*: two noxious weed species of agro-ecosystems. Environmental Science and Pollution Research, 24, 19465–19479, 2017.

Ball, D.A.: Weed seed-bank response to tillage, herbicides and crop rotation sequences. Weed Science, 40, 654-659, 1992.

Barberi, P.: Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Res., 42(3), 177–193, 2002.

Barton, J.: Infidelity ends hope of a passion-filled relationship. What's New in Biological Control of Weeds?, 34, 1-2, 2005.

Bashir, U., Javaid, A., Bajwa, R.: Allelopathic effects of sunflower residue on growth of rice and subsequent wheat crop. Chilean Journal of Agricultural Research, 72(3), 326-331, 2012.

Bayat, M., Zargar, M.: Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control and winter wheat response to post herbicides application. J. Crop Sci. Biotech., 23, 149- 55, 2020.

Becker, F.A.: Die Assimilatspeicherung nach der Blüte bei Sommerweizen unter dem Einfluss von Mehltreibbefall und –bekämpfung. Dissertation, Universität Bonn, 1980.

Beckie, H.J., Francis, A., Hall, L.M.: The Biology of Canadian Weeds. 27. *Avena fatua* L. Canadian Journal of Plant Science, 92, 2012.

Bellinder, R., Arsenovic, M., Shan, D., Rauch, B.: Effect of weed growth stage and adjuvant on the efficacy of fomesafen and bentazon. Weed Science, 51, 1016-1021, 2003.

Beres, I., Kazinczi, G., Narwal, S.S.: Allelopathic plants. Common ragweed (*Ambrosia elatior* L. Syn *A. artemisiifolia*). Allelopathy Journal, 9(1), 27-34, 2002.

Beyer, J.E.M., Duffy, M.J., Hay, J.V., Schluter, D.D.: Sulfonylureas. In: Herbicides Chemistry, Degradation and Mode of Action, (Kearney, P.C., Kaufman, D.D., Eds.), Marcel Dekker, New York, USA, 3, 117-189, 1987.

Björkman, O., Deming, B.: Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. Planta, 170, 489-504, 1987.

Black, I., Matic, R., Dyson, C.: Competitive effects of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) in wheat, barley and field peas. Plant Prot. Quart., 9, 12-14, 1994.

Blackshaw, R.E.: Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence affects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). Weed Science, 41, 551–556, 1993.

- Blackshaw, R.E., Hamman, W.H.: Control of downy brome (*Bromus tectorum*) in winter wheat (*Triticum aestivum*) with MON 37500. *Weed Technology*, 12, 421–425, 1998.
- Blackshaw, R.E., Molnar, L.J., Janzen, H.H.: Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Science*, 52, 614–622, 2004.
- Bouhaouel, I., Gfeller, A., Boudabbous, K., Fauconnier, M.L., Amar, H.S., du Jardin, P.: Physiological and biochemical parameters: new tools to screen barley root exudate allelopathic potential (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*). *Acta Physiol Plant*, 40(2), 38, 2018.
- Božić, D., Vrbnicanin, S., Barac, M.B., Stefanovic, L.: Determination of johnsongrass (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) level of sensibility to nicosulfuron. *Maydica*, 52(3), 271–275, 2007.
- Božić, D.: Ispitivanje rezistentnosti biljaka na herbicide ALS inhibitore. Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2006.
- Božić, D., Stevanović, S.: Uticaj različitih temperatura na klijanje divljeg ovsa (*Avena fatua* L.). XIV simpozijum o zaštiti bilja i IX kongres o korovima. *Zbornik rezimea radova*, 153, 2012.
- Božić, D., Vrbničanin, S., Pavlović, D., Anđelković, A., Sarić-Krsmanović, M.: Uticaj različitih temperature na klijanje semena *Avena fatua* L. i *Ambrosia artemisiifolia* L. *Zaštita bilja*, 64(3), 154–161, 2013.
- Brunckner, D.J.: The allelopathic effect of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) on the germination of cultivated plants. *Novenytermeles*, 47(6), 635–644, 1998.
- Buhler, D.D.: My view. *Weed Science*, 46, 389, 1998.
- Buhler, D.D.: Expanding the context of weed management. In: *Expanding the Context of Weed Management* (Buhler, D., ed.). The Haworth Press, Inc. NY, London, 1–7, 1999.
- Burkholder, P.R.: Cooperation and conflict among primitive organisms. *American Scientist*, 40, 601–631, 1952.
- Carrara, M., Comparetti, A., Febo, P., Orlando, S.: Spatially variable rate of herbicide application on durum wheat in Sicily. *Biosyst. Eng.*, 87, 387–392, 2004.
- Carlson, H.L., Hill, J.E.: Wild Oat (*Avena fatua*) Competition with Spring Wheat: Effects of Nitrogen Fertilization. *Weed Science*, 34 (1), 29–33, 1986.
- Cavaliere, A., Lewis, D.W., Gulden, R.H.: Residual weeds in winter wheat in Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science*, 93(6), 1195–1200, 2013.
- Cessna, A.: Gas chromatographic analysis of the herbicide bentazon in leeks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33, 108–110, 1985.
- Chaimovitsh, D., Shachter, A., Abu-Abied, M., Rubin, B., Sadot, E., Dudai, N.: Herbicidal Activity of Monoterpenes is associated with disruption of microtubule functionality and membrane integrity. *Weed Science*, 65, 19–30, 2017.

- Charudattan, R.: Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *BioControl*, 46, 229–260, 2001.
- Chaudhary, S.U., Hussain, M., Ali, M.A., Iqbal, J.: Effect of weed competition period on yield and yield components of wheat. *J. Agric. Res.*, 46, 47–53, 2008.
- Chauvel, B., Dessaint, F., Cardinal-Legrand, C., Bretagnolle, F.: The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. *J. Biogeogr.*, 33, 665–673, 2006.
- Chauvel, B., Guillemin, J., Gasquez, J., Gauvrit, C.: History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: Changes and evolution of herbicide molecules. *Crop Protection*, 42, 320–326, 2012.
- Chen, W.M., Jin, N., Shi, Y., Su, Y.Q., Fei, B.J., Li, W., Qiao, D.R., Cao, Y.: Coordinate expression of light-harvesting chlorophyll *a/b* gene family of photosystem II and chlorophyll *a* oxygenase gene regulated by salt-induced phosphorylation in *Dunaliella salina*. *Photosynthetica* 48, 355–360, 2010.
- Cheema, A.Z., Khaliq, A., Saeed, S.: Weed Control in Maize (*Zea mays* L.) Through Sorghum Allelopathy, *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(4), 73–86, 2004.
- Chou, C.H.: Allelopathy and sustainable agriculture. In *Allelopathy: Organisms, Processes and Applications*. (Inderjit, Dakshini, K.M.M., Einhellig, F.A., Eds.), ACS Symposium Series 582. Washington, DC, American Chemical Society, 211–223, 1995.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Ilharco, L.M., Pagliaro, M.: Herbicides based on pelargonic acid: Herbicides of the bioeconomy. *Biofuels Bioprod., Biorefining*, 13, 1476–1482, 2019.
- Clapham, A.R., Tutin, T.C., Warburg, E.F.: *Flora of the British Isles*. University Press, Cambridge, pp. 1591, 1952.
- Clark, J.H., Moss, S.R.: The distribution and control of herbicide resistant *Alopecurus myosuroides* (black-grass) in central and eastern England. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Weeds*, 301–308, 1989.
- Cooper, J., Moerkerk, M.: *Bromus diandrus*, *Bromus rigidus*. Weed ID/Management Australia, 2000.
- Comis, D.: Spray Weeds With Vinegar? ARS is the US Department of Agriculture’s chief scientific research agency, 2013. <https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2002/spray-weeds-with-vinegar/>
- Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C., Guillemin, J.P.: Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop Protection*, 87, 44–49, 2016.
- Cullen, J.M.: Bringing the cost benefit analysis of biological control of *Chondrilla juncea* up to date. In: E. S. Delfosse (ed), *Proceedings of the VI International Symposium on Biological Control of Weeds*, August 1984, Agriculture Canada, Vancouver, Canada, 145–152, 1985.
- Daniell, H., Kumarachinnayan, P., Kulandaivelu, G.: Action of propanil on *in vivo* chlorophyll *a* fluorescence in *Echinochloa crus-galli* and rice. *Weed Research*, 21, 171–177, 1981.
- Daniell, J.T., Templeton, G.E., Smith, R.J.Jr., Fox, T.W.: Biological control of northern jointvetch in rice with an endemic fungal disease. *Weed Science*, 21, 303–307, 1973.

- Dayan, F.E., Duke, S.O.: Natural compounds as next-generation herbicides. *Plant Physiol.*, 166, 1090–1105, 2014.
- Day, M.D., Witt, A.B.R.: Weed Biological Control: Challenges and Opportunities. *Weeds-Journal of Asian-Pacific Weed Science Society*, 1(2), 2019.
- DeBoer, G.J., Thornburgh, S., Her, R.J.: Uptake, translocation and metabolism of the herbicide florasulam in wheat and broadleaf weeds. *Pest Management Science*, 62, 316-324, 2006.
- DeGennaro, F., Weller, S.: Differential Susceptibility of Field Bindweed (*Convolvulus arvensis*) Biotypes to Glyphosate. *Weed Science*, 32, 472-476, 1984.
- Demmig, A.B., Gilmore, A.M., Adams, W.W.: Carotenoids. In vivo functions of carotenoids in higher plants. *Faseb. J.*, 10, 403–412, 1996.
- DeVine, M.D., Hall, J.C., Romano, M.L., Marales, M.A.S.: Diclofop and fenoxaprop resistance in wild oat in associated with an altered effect on the plasma membrane electrogenic potential. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 45, 167-177, 1993.
- Dillman, A. C.: The water requirement of certain crop plants and weeds in the northern great plains. *J Agric. Res.*, 42, 187-235, 1931.
- Dinelli, G., Marotti, I., Bonetti, A., Minelli, M., Catizone, P., Barnes, J.: Physiological and molecular insight on the mechanisms of resistance to glyphosate in *Conyza canadensis* (L.) Cronq. Biotypes. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 86, 30–41, 2006.
- Eckersten, H., Lundkvist, A., Torssell, B.: Comparison of monocultures of perennial sowthistle and spring barley in estimated shoot radiation-use and nitrogen-uptake efficiencies. *Acta Agr. Scand Section B-Soil Plant Sci.*, 60, 126–135, 2010.
- Eckardt, N.A.: A new chlorophyll degradation pathway. *Plant Cell*, 21, 700, 2009.
- Elhakem, H.A., ABD El-Salam, M.M.: Elimination of the Effect of Some Herbicides on the Growth of *Zea mays* and Accumulation in the Soil Using Urea. *Planta daninha*, 36, 2018.
- FAO Agribusiness Handbook: Wheat Flour. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 12–18, 2011.
- Fanaei, M., Aboutalebi, A., Hasanzadeh, H.: Allelopathic effects of Sweet basil (*Ocimum basilicum*) extract and essence on chlorophyll content of three weed species. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4, 1511-1513, 2013.
- Fang, Z., Bouwkamp, J.C., Solomos, T.: Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Exp. Bot.*, 49, 503–510, 1998.
- Faostat: www.fao.org/faostat, decembar 2020
- Féret, J.B., Francois, C., Asner, G.P., Gitelson, A.A., Martin, R.E., Bidet, L.P.R., Ustin, S.L., le Maire, G., Jacquemoud, S.: Advances in the leaf optical properties model separating photosynthetic pigments. *Remote Sens. Environ.*, 112, 3030–3043, 2008.

- Filajdić, N., Vukša, P., Ivanović, M., Rekanović, E.: Biološke mere zaštite bilja: problemi i perspektive. *Pesticidi*, 18(2), 69-75, 2003.
- Fischer, B.B., Lange, A.H., McCaskill, J.: *Growers Weed Identification Handbook*. University of California, Agricultural Extension Publication, 4030, 1978.
- Fragasso, M., Iannucci, A., Papa, R.: Durum wheat and allelopathy: toward wheat breeding for natural weed management. *Frontiers in plant science*, 4, 375, 1-8, 2012.
- Frank, J.H., Gillet-Kaufmann, J.L.: *Glossary of expressions in Biological Control*. IFAS Extensions, University of Florida, Florida, USA, 2012. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN67300.pdf>.
- Fuerst, P.E., Norman, A.M.: Interactions of Herbicides with Photosynthetic Electron Transport. *Weed Science*, 39, 458-464, 1991.
- Galon, L., Basso, J.M.F., Chechi, L., Pilla, T.P., Santin, C.O., Bagnara, M.A.M., Franceschetti, B.M., Castoldi, T.C., Perin, G.F., Forte, C.T.: Weed interference period and economic threshold level of ryegrass in wheat. *Bragantia*, 78, 409-422, 2019.
- Gavrilović, M., Rančić, D., Škundrić, T., Dajić-Stevanović, Z., Marin, P., Garcia-Jacas, N., Susanna, A., Janačković, P.: Anatomical characteristics of *Xeranthemum* L. (Compositae) species: Taxonomical insights and evolution of life form. *Pakistan Journal of Botany*, 51, 1007-1019, 2019.
- Geier, W.P., Stahlman, W.P., Peterson, E.D., Claassen, M.M.: Pyroxulam compared with competitive standards for efficacy in winter wheat. *Weed Technology*, 25(3), 316-321, 2011.
- Genty, B., Briantais, J.M., Baker, N.R.: The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochim. Biophys. Acta*, 990, 87-92, 1989.
- Gharde, Y., Singh, P.K., Dubey, R.P., Gupta, P.K.: Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. *Crop Protection*, 107, 12–18, 2018.
- Gooding, M.J., Thompson, A.J., Davies, W.P.: Interception of photosynthetically active radiation, competitive ability and yield of organically grown wheat varieties. *Aspects of applied biology/Association of Applied Biologists*, 34, 355–362, 1993.
- Govindjee, W., Dowton, J.S., Fork, D.C., Armond, P.A.: Chlorophyll *a* fluorescence transient as an indicator of the water potential of leaves. *Plant Sci. Lett.*, 20, 191-194, 1981.
- Griffits, H., Maxwell, K.: In memory of C. S. Pittendrigh: Does exposure in forest canopies relate to photoprotective strategies in epiphytic bromeliads? *Functional Ecology*, 13, 15–23, 1999.
- Gruenwald, J., Freder, J., Armbruester, N.: Vinamon and health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(9), 822-834, 2010.
- Guenzi, W.D., McCalla, T.M.: Phenolic acids in oats, wheats, Sorghum, and corn residues and their phytotoxicity. *Apron. J.*, 58, 303-304, 1966.
- Halford, C., Hamill, A.S., Zhang, J., Doucet, C.: Critical period of weed control in no-till soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 15(4), 737-744, 2001.

- Hamal, A., Benbella, M., Rzozi, S.B., Bouhache, M., Msatef, Y., Bulcke, R.: Sulfosulfuron used for chemical control of *Bromus rigidus* in wheat in the Sais area of Morocco. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent, 65(2a), 59-67, 2000.
- Hamal, A.: Concurrence entre le ble dur (*Triticum durum* Desf.) et une communauté d'adventices dominée par le brome (*Bromus rigidus* Roth.) dans le Sais (Maroc). Mémoire de 3ème Cycle, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 1993.
- Hashem, A., Adkins, S.W.: Allelopathic effects of *Triticum speltoides* on two important weeds of wheat. Plant Prot. Q., 13, 33–35, 1998.
- Have, H.: Autonomous weeders for Christmas tree plantations - a feasibility study, 2002. <http://unibots.co.uk/Papers/87-7972-135-4.pdf>
- Haynes, B., Koide, R.T., Elliott, G.: Phosphorus uptake and utilization in wild and cultivated oats (*Avena* spp.). Journal of Plant Nutrition, 14(10), 1105-1118, 1991.
- Heap, I.: The International Survey of Herbicide Resistant Weeds, 2020. <http://www.weedscience.org>
- Heemskerk, W.C.S., Koopmanschap, E.M.J.: Agribusiness development in Libya A fact-finding mission. Royal Tropical Institute, Centre for Development Innovation, Wageningen UR (University & Research centre), 2012.
- Henry, W.B., Koger, C.H., Shaner, D.L.: Accumulation of shikimate in corn and soybean exposed to various rates of glyphosate. Crop Manag, 2005, doi 1094/CM-2005-1123-01-RS
- Hensley, J.R.: A method for identification of triazine resistant and susceptible biotypes of several weeds. Weed Science, 29, 700-733, 1981.
- Hobe, S., Fey, H., Rogl, H., Paulsen, H.: Determination of relative chlorophyll binding affinities in the major light-harvesting chlorophyll a/b complex. J. Biol. Chem., 278, 5912–5919, 2003.
- Hristov, N., Jevtić, R., Lalošević, M., Franeta, F., Rajković, M.: Vodič za organsku proizvodnju pšenice. GIZ-Nemačka organizacija za internacionalnu saradnju GmbH, Beograd i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 2012.
- Hutchinson, M.C., McGiffen, M.: Cowpea Cover Crop Mulch for Weed Control in Desert Pepper Production. HortScience, 35(2), 196-198, 2000.
- Iannucci, A., Fragasso, M., Platani, C., Narducci, A., Miullo, V., Papa, R.: Dynamics of release of allelochemical compounds from roots of wild oat (*Avena fatua* L.). Agrochimica, 56, 185–192, 2012.
- IFOAM: The world of organic agriculture statistics & emerging trends 2006. International Federation of Organic Agriculture Movements, 2006. www.ifoam.org.
- Inderjit, Keating, K.I.: Allelopathy: Principles, procedures, processes, and promises for biological control. In: Sparks DL Advances in Agronomy. Academic Press, 67, 141-231, 1999.
- Inman, R.E.: A preliminary evaluation of *Rumex rust* as a biological control agent for curly dock. Phytopathology, 61, 102-107, 1971.

- Ismail, S.B., Chong, T.: Effects of aqueous extracts and decomposition of *Mikania micrantha* H.B.K. debris on selected agronomic crops. *Weed Biology and Management*, 2(1), 31-38, 2002.
- Jäck, O., Menegat, A., Gerhards, R.: Winter wheat yield loss in responses to *Avena fatua* competition and effect of reduced herbicide dose rates on seed production of this species. *Journal Plant Dis Prot.*, 124, 371-382, 2017.
- Jalis, A., Muhammad, G.: Post-Emergence Trial on Wheat. Annual Abridge Research Report (1979-1980), Plant Physiology Section, Ayub Agricultural Research Institute, Faisalabad, 1980.
- Janjić, V.: Sulfoniluree. Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija i Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Grafika Jureš, Čačak, 2002.
- Jinwen, L., Jingping, Y., Pinpin, F., Junlan, S., Dongsheng, L., Changshui, G., Wenyue, C.: Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply rates in paddy field. *Field Crop Research*, 114(3), 426-432, 2009.
- Jindrich, F., Hohnova, B., Moravcova, D., Lvončík, S., Lojkova, L., Formanek, P.: Root Exudation in Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), *Journal of Applicable Chemistry*, 5(5), 1034-1037, 2016.
- Johnson, B., Young, B.: Influence of Temperature and Relative Humidity on the Foliar Activity of Mesotrione. *Weed Science*, 50, 157-161, 2002.
- Johnson, E.N., Wang, Z., Geddes, C.M., Coles, K., Hamman, B., Beres, B.L.: Pyroxasulfone is Effective for Management of *Bromus* spp. in Winter Wheat in Western Canada. *Weed Technology*, 32, 739-748, 2018.
- Johnson, G.N., Young, A.J., Scholes, J.D., Horton, P.: The dissipation of excess excitation energy in British plant species. *Plant Cell Environment*, 16, 673-679, 1993.
- Jordan, N.R., Zhang, J., Huerd, S.: Arbuscular-mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. *Weed Research*, 40, 397-410, 2000.
- Jurado-Expósito, M., López-Granados, F., González-Andújar, J.L., García-Torres, L.: Spatial and temporal analysis of *Convolvulus arvensis* L. populations over four growing seasons. *Europ. J. Agronomy*, 21, 287-296, 2004.
- Kapoor, D., Rinzim, Tiwari, A., Sehgal, A., Landi, M., Brestic, M., Sharma, A.: Exploiting the Allelopathic Potential of Aqueous Leaf Extracts of *Artemisia absinthium* and *Psidium guajava* against *Parthenium hysterophorus*, a Widespread Weed in India. *Plants*, 8, 552, 2019.
- Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., Cruse, R.M.: Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy*, 53, 1-45, 1994.
- Karimmojeni, H., Pirbaloti, G.A., Kudsk, P., Kanani, V., Ghafari, A.: Influence of Postemergence Herbicides on Weed Management in Spring-Sown Linseed. *Agronomy Journal*, 105(3), 821-826, 2013.
- Kastori, R.: Fiziologija biljaka. Matica Srpska, Novi Sad, 1998.
- Kaspary, T.E., Cutti, L., Bellé, C., Casarotto, G., Growth, M.Z., Da Silva, G.B.P., De Aguiar, A.C.M.: Non-destructive analysis of photosynthetic pigments in *Avena strigosa* and *Avena sativa*. *Australian Journal of Crop Science*, 13(3), 354-359, 2019.

- Katayama, Y., Shida, S.: Studies on the Change of Chlorophyll *a* and *b* Contents Due to Projected Materials and Some Environmental Conditions. *Cytologia*, 35, 171–180, 1970.
- Kimber, R.W.L.: Phytotoxicity from plant residues. III. The relative effect of toxins and nitrogen immobilisation on germination and growth of wheat. *Plant and Soil*, 38, 543-555, 1973.
- Kleemann, S.G.L., Gill, G.S.: Population Ecology and Management of Rigid Brome (*Bromus rigidus*) in Australian Cropping Systems. *Weed Science*, 57(2), 202-207, 2009.
- Khan, M., Haq, N.: Wheat crop yield loss assessment due to weeds. Agricultural Research Inst., Tarnab (Pakistan), 2002.
- Kovačević, D., Momirović, N.: Uloga integralnih sistema suzbijanja korova u konceptu održive poljoprivrede. Zbornik radova 6th kongresa o korovima, Banja Koviljača, 116-15, 2000.
- Kovačević, D., Momirović, N.: Uloga agrotehničkih mera u suzbijanju korova u savremenim konceptima razvoja poljoprivrede. *Acta herbologica*, 17(2), 23-38, 2008.
- Kovačević, V., Rastija, M.: Cereals (University textbook), University J. J. Strossmayer in Osijek, Faculty of Agriculture in Osijek, 2014.
- Knežević, S.Z., Stepanović, S., Datta, A., Nedeljković, D., Tursun, N.: Soybean yield and yield components as influenced by the single and repeated flaming. *Crop Protection*, 50, 1–5, 2013.
- Knezevic, Z.S., Evans, P.S., Blankenship, E.E., VanAcker, C.R., Lindquist, L.J.: Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed Science*, 50(6), 773-786, 2002.
- Krause, G.H., Weiss, E.: Chlorophyll fluorescence as a tool in a plant physiology. II Interpretation of fluorescence signals. *Photosynth. Res.*, 5, 139-157, 1984.
- Kumar, P., Komal, S.R.D., Yomso, J., Siddique, A.: Effect of polyamines and endo-mycorrhiza on chlorophyll a, b ratio and total carotenoids in leaves of Sorghum grown under cadmium toxicity. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 2402-2406, 2019.
- Lairon, D.: Nutritional quality and safety of organic food. A review. In *Agron. Sust. Dev.*, 30, 33–41, 2010.
- Latković, D., Marinković, B., Crnobarac, J., Jaćimović, G., Berenji, J., Sikora, V.: Gajenje alternativnih njivskih biljaka. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 114-125, 2015.
- Lavoie, C., Jodoin, Y., De Merlis, A.G.: How did common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) spread in Québec? A historical analysis using herbarium records. *J. Biogeogr.*, 34, 1751-1761, 2007.
- Laytimi, A.: Market and Trade Policies for Mediterranean Agriculture: The case of fruit/vegetable and olive oil MEDFROL PROJECT, Policy - Oriented Research, Integrating and strengthening the European Research Area, 2002.
- Levitt, G., Ploeg, H.L., Weigel, R.C.Jr., Fitzgerald, D.J.: 2-chloro-*N*-[(4-methoxy-6-methyl-1,3,4-triazin-2-yl) aminocarbonyl] benzene-sulfonamide, a new herbicide. *J. Agric. Food Chem.*, 29, 416–418, 1981.
- Lichtenthaler, H.K., Wellburn, A.R.: Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transaction*, 11(5), 591-592, 1983.

- Lichtenhaler, H.K., Babani, F.: Light Adaption and Senescence of the Photosynthetic Apparatus: Changes in Pigment Composition, Chlorophyll Fluorescence Parameters and Photosynthetic Activity. In: Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. (Papageorgiu E., Govindjee, G.C., Eds.). The Netherlands: Springer, Dordrecht, 713-736, 2004.
- Lindquist, J.L., Dielman, J.A., Mortensen, D.A., Johnson, G.A., Pester, D.Y.: Economic importance of managing spatially heterogeneous weed populations. *Weed Technology*, 12, 7-13, 1998.
- Lisek, J.: Possibilities for effective control of *Convolvulus arvensis* with bentazon in black currant Integrated Plant Protection in Orchards – Soft Fruits IOBC/wprs Bull., 26(2), 193-195, 2003.
- Lyubenov, Y.: Plevelite – vragove i priyateli na choveka. (Weeds: Enemies and friends of man). Sofia, Bulgaria: Zemizdat Press, 1984.
- McDade, M.C., Christians, N.E.: Corn gluten meal-a natural preemergence herbicide: Effect on vegetable seedling survival and weed cover. *Am J Alternative Agr.*, 15(4), 189, 2009.
- Machado, S.: Allelopathic potential of various plant species on Downy Brome: Implications for weed control in wheat production. *Agron. J.*, 99(1), 127-132, 2007.
- Maire, R.: Flore de l'Afrique du Nord. Volume III. Encyclopedie Biologique, Lechevalier editeur, Paris VI, 1955.
- Manbir, K., Kalia, N.A.: *Convolvulus arvensis*-a useful weed. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 38-40, 2012.
- Manea, D.N., Ștef, R., Pet, I., Ienciu, A.A., Grozea, I., Cărăbet, A.: Control of *Avena fatua* Species (Wild Oat) - a Weed in Expansion in Banat Area. *Bulletin UASVM Agriculture*, 73(1), 2016.
- Martin, C.E., Warner, D.A.: The effects of desiccation on concentrations and a/b ratios of chlorophyll in *Leucobryum glaucum* and *Thuidium delicatulum*. *The New Phytologist*, 96, 545-550, 1984.
- Markwell, J., Osterman, J.C., Mitchel, J.L.: Calibration of the Minolta SDAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46(3), 467-472, 1995.
- Maxwell, K., Johnson, N.G.: Chlorophyll fluorescence a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659-668, 2000.
- Meyer, W., Förty, W.: Sulfonylurea herbicide for broadleaf weeds. EP 44808; US 4514212, Ciba-Geigy, 1982.
- Meyer, E.G., Neto, C.J.: Erification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63(2), 282-293, 2008.
- Mijatović, A., Tomaš-Simina, M., Vukoje, V.: Ekonomičnost proizvodnje žitarica u organskom sistemu gajenja. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*, 42 (2), 49-57, 2018.
- Miller, G.C., Miller, W.W., Hanks, L., Warren, J.: Soil Sorption and Alfalfa Uptake of Strychnine. *Journal of Environmental Quality*, 12(4), 526-529, 1983.

- Mirecki, N., Wehinger, T., Jaklič, M.: Priručnik za organsku proizvodnju. Biotehnički fakultet, Podgorica, 2011.
- Monaco, A.T., Creech, E.J.: Sulfosulfuron effects on growth and photosynthesis of 15 range grasses. *J. Range Manage.*, 57, 490-496, 2004.
- Morrow, L.A., Gealy, D.R.: Studies on the biology of wild oat. *Proceedings of the Western Society of Weed Science*, 35, 85-86, 1982.
- Morrow, L.A., Stahlman, P.W.: The history and distribution of downy brome (*Bromus tectorum*) in North America. *Weed Science*, 32(1), 2-6, 1984.
- Moreland, D.E.: Mechanisms of action of herbicides. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31, 597-638, 1980.
- Moss, S.R.: Techniques for determining herbicide resistance. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Weeds*, 547-556, 1995.
- Mueller, T.C., Massey, J.H., Hayes, R.M., Main, C.L., Stewart, C.N.Jr.: Shikimate accumulates in both glyphosate-sensitive and glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis* L. Cronq.). *J Agric Food Chem.*, 51(3), 680-684, 2003.
- Nagata, N., Tanaka, R., Satoh, S., Tanaka, A.: Identification of a vinyl reductase gene for chlorophyll synthesis in *Arabidopsis thaliana* and implications for the evolution of *Prochlorococcus* species. *Plant Cell*, 17, 233-240, 2005.
- Nakano, H., Fujii, Y., Suzuki, T., Yamada, K., KOsemura, S., Yamamura, S., Suzuki, T., Hasegawa, K.: A growth inhibitory substance exuded from freeze-dried mesquite (*Prosopis juliflora*) leaves. *Plant Growth Regulation*, 33, 165-168, 2001.
- Nekonam, M.S., Razmjoo, J., Sharifnabi, B., Karimmojeni, H.: Assessment of allelopathic plants for their herbicidal potential against field bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Australian Journal of Crop Science*, 7(11), 1654-1660, 2013.
- Nisha, C., Harpal, S., Tripathi, H.P., Chopra, N., Singh, H.: Critical period of weed crop competition in wheat (*Triticum aestivum* L). In *Indian Journal of Weed Science*, 31, 151-154, 1999.
- Norsworthy, J.K., Talbert, R.E., Hoagland, R.E.: Chlorophyll fluorescence for rapid detection of propanil resistant barhyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, 46, 163-169, 1998.
- Oehrens, E.: Biological control of blackberry through the introduction of the rust, *Phragmidium violaceum*, in Chile. *FAO Plant Protection Bulletin*, 25, 26-28, 1977.
- Oerke, E.C.: Crop losses to pests. *J Agric Sci.*, 144(1), 31-43, 2006.
- Oishimaya, S.N.: Top Wheat Producing Countries, 2019. <https://www.worldatlas.com/articles/top-wheat-producing-countries.html>
- Ortiz-Ribbing, L., Williams, M.M.: Potential of *Phomopsis amaranthicola* and *Microsphaeropsis amaranthi*, as bioherbicides for several weedy *Amaranthus* species. *Crop Protection*, 25, 39-46, 2006.

- Pannwitt, H., Westerman, P.R., De Mol, F., Gerowitt, B.: Using panicle dry weight to estimate seed production in *Echinochloa crus-galli*. *Weed Research*, 59(6), 437-445, 2019.
- Pavlović, D., Vrbnicanin, S., Elezovic, I., Jovanovic, L., Marisavljevic, D.: Alterations in amount of chlorophyll as indicator of resistance for *Chenopodium album* L. and *Amaranthus retroflexus* L. to atrazine. *J. Plant Dis. Protect.*, 20, 131-138, 2006.
- Pavlović, D.: Odredjivanje rezistentnosti korova prema herbicidima -inhibitorima fotosinteze. Magistarska teza. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2005.
- Pavlović, D.: Osetljivost biljaka na glifosat: Morfo-anatomski, fiziološki i biohemijski aspekt. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2010.
- Petrović, M., Kastori, R.: Ishrana biljaka-fizioloske osnove. Nauka, Beograd, 1992.
- Pe´rez, F.J.: Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena sativa* and *A. fatua*. *Phytochemistry*, 29, 773-776, 1990.
- Pihakaski, S., Pihakaski, K.: Effects of glyphosate on ultrastructure and photosynthesis of *Pellia epiphylla*. *Annals Bot*, 46, 133-141, 1980.
- Pittard, A.J.: Biosynthesis of aromatic amino acids. In: *Escherichia coli* and *Salmonella*. Cellular and Molecular Biology. (Neidhardt, F.C., Curtiss, R. III, Ingraham, J.L., Lin, E.C.C., Low, K.B., Magasanic, B., Reznikoff, W.S., Riley, M., Schaechter, M., Umberger, H.E., Eds.). American Society of Microbiology; Washington, DC, USA, 458-484, 1996.
- Pushak, S., Peterson, D., Stahlman, P.W.: Field bindweed control in field crops. New York. John Wiley and Sons, INC Qian, 1999.
- Qasem, J.R., Foy, C.L.: Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review. *Journal of Crop Production*, 4(2), 43-119, 2001.
- Qian, X.: A survey on the existence of competition from wild oat in fields of winter cereals in north Jiangsu province. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 19(3), 17-22, 1996.
- Radosevich, S., Holt, J., Ghersa, C.: *Weed Ecology Implications for Management*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc., NY, 1997.
- Radwan, M.E.D., Mohamed, K.A., Fayez, K.A., Bdelrahman, M.A.: Oxidative stress caused by Basagran® herbicide is altered by salicylic acid treatments in peanut plants. *Helyon*, 5(5), 2019.
- Rajković, M., Malidža, G., Vrbničanin, S.: Suzbijanje korova plamenom u usevu soje. X Savetovanje o zaštiti bilja, Zbornik rezimea radova, 81, 2010.
- Rajković, M.: Suzbijanje korova primenom plamena u usevima kukuruza i soje. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2018.
- Rajcan, I., Swanton, C.J.: Understanding Maize-Weed Competition: Resource Competition, Light Quality and the Whole Plant. *Field Crops Res.*, 71, 139-150, 2001.

- Rasmussen, J.A., Einhellinga, A.F.: Allelopathic effects of leaf extracts of *Ambrosia trifida* (Compositae). *The Southwestern Naturalist*, 24(4), 637-644, 1979.
- Ray, T.B.: Site of action of chlorsulfuron, inhibition of valine and isoleucine biosynthesis in plants. *Plant Physiology*, 75, 827-831, 1984.
- Reddy, S.S., Stahlman, P.W., Geier, P.W.: Downy Brome (*Bromus tectorum* L.) and Broadleaf Weed Control in Winter Wheat with Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicides. *Agronomy*, 340-348, 2013.
- Retzlaff, G., Hamm, R.: The relationship between CO₂ assimilation and the metabolism of bentazone in wheat plants. *Weed Research*, 16, 163, 1976.
- Rice, E.L.: Allelopathy. Academic Press, 1984.
- Rice, E.L. Allelopathy: An overview. In: Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry. (Waller, G.R., Ed.), American Chemical Society, Washington, DC, USA, 9–22, 1987.
- Rice, E.L.: Biological Control of Weeds and Plant Diseases: Advances in Applied Allelopathy. University of Oklahoma Press, Norman, 1995.
- Rigon, J.P.G., Capuani, S., Beltrão, M.N.E., Neto, J.F.B., Sofiatti, V., Fabíola, V.F.: Non-destructive determination of photosynthetic pigments in the leaves of castor oil plants. *Acta Sci., Agron.*, 34(3), 325-329, 2012.
- Roush, M.L., Radosevich, S.R.: Relationships between growth and competitiveness of four annual weeds. *Journal of Applied Ecology*, 895-905, 1985.
- Rugutt, K.J., Fronczek, F.R., Franzblau, S.G., Warner, I.M.: Dihydroparthenolide diol, a novel sesquiterpene lactone. *Acta Crystallographica*, E 57, 323-325, 2001.
- Saad, G.M.M., Abdelgaleil, M.A.S., Sukanuma T.: Herbicidal potential of pseudoguaninolide sesquiterpenes on wild oat, *Avena fatua* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 44, 333-337, 2012.
- Saad, G.M.M., Gouda, N.A.A., Abdelgaleil, S.A.M.: Bioherbicidal activity of terpenes and phenylpropenes against *Echinochloa crus-galli*. *J. Environ. Sci. Health B*, 54, 954–963, 2019.
- Safdar, E.M., Aziz, A., Farooq, U., Hayat, M.S., Rehman, A., Qamar, R., Ali, A., Awan, T.H.: Germination and growth of some summer crops as affected by allelopathicity of different waste-land weeds. *Journal of Research in Weed Science*, 2, 358-371, 2019.
- Salla, L., Rodrigues, J.C., Marenos, R.A.: Teores de clorofila em árvores tropicais determinados com SPAD-502. *R. Bras. Bioci.*, 5(1), 59-161, 2007.
- Satorre, E.H., Snaydon, R.W.: A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research*, 32, 45-55, 1992.
- Seefeldt, S.S., Ogg, A.G.Jr., Hou, Y.: Near-Isogenic Lines for *Triticum aestivum* Height and Crop Competitiveness. *Weed Science*, 47(3), 316-320, 1999.
- Schweizer, E.E., Dexter, A.G.: Weed control in sugar beets (*Beta vulgaris*) in North America. *Reviews of weed Science*, 3, 113-13, 1987.

- Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C.: Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: Ecophysiology of Photosynthesis. (Shulze, E.D., Caldwell, M.M., Eds.), Springer, New York, 49–70, 1994.
- Scursoni, J.A., Martín, A., Catanzaro, M.P., Quiroga, J., Goldar, F.: Evaluation of postemergence herbicides for the control of wild oat (*Avena fatua* L.) in wheat and barley in Argentina. *Crop Protection*, 30, 18-23, 2011.
- Shajie, E., Saffari, M.: Allelopathic effects of Cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) on germination and seedling growth of some crops. *Allelopathy Journal*, 19(2), 501-506, 2007.
- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Moghaddam, M., Nasab, A.: Effects of nitrogen and duration of weed interference on grain yield and SPAD (chlorophyll) value of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6, 368-373, 2008.
- Shafer, W.E., Garrison, S.A.: Allelopathic effects of soil incorporated asparagus roots on lettuce and asparagus seedling emergence. *HortScience*, 21, 82-84, 1986.
- Shoeb, H.A., El-Emam, A.M.: The molluscicidal properties of natural products from *Ambrosia maritima*. *Egyptian Journal of Bilharziasis*, 3, 157-167, 1976.
- Smeda, R.J., Barrentine, W.L., Snips, C.E., Rippee, J.H.: Identification of Johnson grass resistance to graminicides and alternative control methods. International Symposium on Weed and Crop resistance to Herbicides. Cordoba, Spain, April, 1995.
- Souissi, T., BelhadjSalah, H., Latiri, K.: Brome in cereal crops: infestations and management. *L'Investisseur Agricole*, 42, 29–32, 2001.
- Spasić, M.: Problem divljeg ovsa u Jugoslaviji i u svetu sa poljoprivrednog i ekonomskog stanovišta. *Fragmenta herbologica Jugoslavica*, 9(2), 7-14, 1980.
- Stojanović, M., Cvetković, R.: Rezultati proučavanja uticaja dugotrajnog gajenja pšenice u monokulturi na prinos. Zbornik radova Simpozijuma "Unapređenje proizvodnje pšenice i drugih strnih žita", Kragujevac, 209-222, 1989.
- Stougaard, N.R., Xue, Q.: Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference. *Weed Science*, 52, 133-141, 2004.
- Strasser, J.R., Butler, L.W.: Fluorescence emission spectra of Photosystem I, Photosystem II and the light-harvesting chlorophyll *a/b* complex of higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 462(2), 307-313, 1977.
- Swanton, C.J., Shrestha, A., Roy, R.C., Bali-Coelho, B.R., Knezevic, S.Z.: Effect of tillage systems, N and cover on the composition of weed flora. *Weed Science*, 47, 454-461, 1999.
- Taiz, L., Zeiger, E.: *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., 111-170, 2002.
- Tamang, D., Nath, R., Sengupta, K.: Effect of herbicide application on weed management in green gram (*Vigna radiata* L.) Wilczek. *Advance in Crop Science and Technology*, 3(2), 1-4, 2015.

- Thurston, J.M., Phillipson, A.: Distribution. In Wild oats in World Agriculture. (Price Jones, D., Ed.), London. Agricultural Research Council, 19-64, 1976.
- Tomlin, C.D.S.: The Pesticide Manual, 12th edition, British Crop Protection Council Publications, 2000.
- Yakle, G.A., Cruse, R.M.: Effects of fresh and decomposing corn plant residue extracts on corn seedling development. Soil Science Society of America Journal, 48, 1143-1146, 1984.
- Yan, L., Penttinen, P., Simojoki, A., Stoddard, F.L., Lindström, K.: Perennial crop growth in oil-contaminated soil in a boreal climate. Science of The Total Environment, 532, 752-761, 2015.
- Ye, H., Shen, S., Xu, J., Lin, S., Yuan, Y., Jones, G.S.: Synergistic interactions of cinnamaldehyde in combination with carvacrol against food-borne bacteria. Food Control, 34, 619-623, 2013.
- Yenish, P.J.: Winter wheat competition against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) as influenced by wheat plant height, seeding rate, and seed size. Weed Science, 52, 996-1001, 2009.
- Yenish, J.P., Fry, T.A., Durgan, B.R., Wyse, D.L.: Establishment of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in corn, soybean, and wheat. Weed Science, 45(1), 44-53, 1997.
- Young, A., Phillip, D., Savill, J.: Carotenoids in higher plant photosynthesis. In: Handbook of Photosynthesis. (Pessaraki, M., Ed.), Marcel Dekker, NY, 575-596, 1997.
- Young, A., Britton, C.: Carotenoids and stress. In: Stress responses in plants: Adaptation and acclimation mechanisms. (Alscher, R.G., Gunning, J.R.Jr., Eds.) Willey-Liss, NY, 87-112, 1990.
- Yu, J.Q., Matsui, Y.H.: Effects of root exudates of cucumber and allelochemicals on uptake by cucumber seedling. Journal of Chemical Ecology, 23, 817-827, 1997.
- Yu, J.Q.: Autotoxic potential of vegetable crops. In Allelopathy Update: Basic and Applied Aspects. (Narwal, S.S., Ed.), NY, Science Publishers Inc., 149-162, 1999.
- Yussefi, M.: Organic farming worldwide 2006. Overview and main statistics. In: The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. (Wiiler, H., Yussefi, M., Eds.), International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn Germany and Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, Switzerland, 23-37, 2006.
- Wang, D., Xinru, Z.: Research on allelopathy of *Ambrosia artemisiifolia*. Acta Ecologica Sinica, 16(1), 11-19, 1996.
- Warwick, S.I., Black, L.D.: Relative fitness of herbicide-resistant and susceptible biotypes of weeds. Phytoprotection, 75, 37-49, 1994.
- Wayne, P., Foster, S., Connolly, J., Bazzaz, F., Epstein, P.: Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO₂-enriched atmospheres. Ann. Allergy Asthma Immunol., 88, 279-282, 2002.
- Wellburn, A.: The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. J. Plant Physiol., 144, 307-313, 1994.

- Weaver, S.E., Riley, W.R.: The biology of Canadian weeds. 53. *Convolvulus arvensis* L. Can. J. Plant Sci., 62, 461-472, 1982.
- Westra, P., Chapman, P., Stahlman, P., Miller, S., Fay, P.K.: Field Bindweed (*Convolvulus arvensis*) Control with Various Herbicide Combinations. Weed Technology, 6(4), 949-955, 1992.
- Whab, A., Wali, M.: The importance of agricultural infrastructure to transformation to organic farming in Libya. Doctoral, Sheffield Hallam University (United Kingdom), 2012.
- Wiese, A.F., Phillips, W.M.: Field bindweed. Weeds Today, 7, 22-23, 1976.
- Winston, R.L., Schwarzländer, M., Hinz, H.L., Day, M.D., Cock, M.J.W., Julien, M.H.: Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds, 5th edition. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. FHTET-2014-04, 2014.
- Willer, H., Yussefi, M.: The World of organic agriculture statistics and emerging trends, 2007. www.orgprints.org/10506
- Willman, M.R., Below, F.E., Lambert, R.J., Howey, A.E., Mies, D.W.: Plant traits related to productivity of Maize. I. Genetic variability, Environmental Variatio, and Corellation with Grain Yield and Stalk Lodging. Crop Science, 27, 1116-1121, 1987.
- Wicks, G.A., Nordquist, T.P., Baenziger, P., Klein, R.N., Hammons, R.H., Watkins, J.E.: Winter Wheat Cultivar Characteristics Affect Annual Weed Suppression. Weed Technology, 18(4), 988-998, 2004.
- Uludag, A., Uremis, I., Arslan, M.: Chapter 7 - Biological Weed Control, In: Non-Chemical weed control. (Jabran, K., Bhagirath, I., Chauhan, S., Eds.), Academic Press, Elsevier, London, 115-132, 2015.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. World Population Prospects, the 2015 Revision. <http://esa.un.org/unpd/wpp/> accessed, november 2020.
- USDA ERS. The Profit Potential of Certified Organic Field Crop Production. 2015. http://www.ers.usda.gov/media/1875176/err188_summary.pdf, maj 2019.
- VanDermeer, J.H.: The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, 1989.
- Vasilakoglou, I., Dhima, K., Paschalidis, K., Christos, R.: Herbicidal potential on *Lolium rigidum* of nineteen major essential oil components and their synergy. J. Essent. Oil Res., 25, 1–10, 2013.
- Vencill, W.K., Prostko, E.P., Webster, T.E.: Is Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) resistant to ALS and dinitroaniline herbicides? Proceedings Southern Weed Science Society, 55,189, 2002.
- Vidotto, F., Tesio, F., Ferrero, A.: Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L. in the invasive process. Crop Protection, 54, 161-167, 2013.
- Vincenzo, T., Carolina, G., Margot, S., Adriano, M.: Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch. IMBIO, 28(3), 397-401, 2008.

Vogl, G., Smolik, M., Stadler, L.M., Leitner, M., Essl, F., Dullinger, S., Kleinbauer, I., Peterseil, J.: Modelling the spread of ragweed: effects of habitat, climate change and diffusion. *Eur. Phys. J. Spec. Top.*, 161,167-173, 2008.

Vos, R., Bellù, L.G.: Global trends and challenges to food and agriculture into the 21st century. In *Sustainable Food and Agriculture: An Integrated Approach*. (Campanhola, C., Pandey, S., Eds.), Academic Press, London, UK, 11–30, 2019.

Vranješ, F.: Uloga morfo-anatomske gradje u osetljivosti *Chenopodium album* L. i *Abutilon theophrasti* Medik. prema mezotrionu. Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2019.

Vrbničanin, S.: *Avena fatua* L. – divlji ovas. *Acta herbologica*, 26(2), 75-86, 2017.

Vrbničanin, S., Šinžar, B.: *Elementi herbologije sa praktikumom*. Poljoprivredni fakultet i Zavet, Beograd, 2003.

Zhang, J., Weaver, S.E., Hamill, A.S.: Risks and reliability of using herbicides at below-labeled rates. *Weed Technology*, 14, 106-115, 2000.

Zhou, G.S.: Effect of water stress on photochemical activity of chloroplast from wheat. *J. Beijing Agric. College*, 18, 188–190, 2003.

Zimdahl, R.L.: The concept and application of the critical weed-free period. In *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. (Altieri, M.A., Liebman, M., Eds.), Boca Raton, FL, CRC Press, 145–155, 1988.

Zimdahl, R.L.: In *Weed–Crop Competition: A Review*. Blackwell Publishing Oxford, UK. 109-130, 2004.

www.fao.org.