

UNIVERZITET METROPOLITAN
Fakultet za primenjenu ekologiju “Futura”

Mohamed Elahmer

**Utvrdjivanje efekta prirodnih i sintetičkih đubriva: na otpornost korova i
useva i životnu sredinu**

Doktorske disertacija

Beograd, 2022.

Komisija za pregled i odbranu:

Mentor:

dr Snežana Janković, naučni savetnik, Institut za primenu
nauke u poljoprivredi, Beograd

Članovi komisije:

dr Mirjana Bartula, vanredni profesor, Univerzitet
Metropolitan, Fakultet za primenjenu ekologiju „Futura“,
Beograd

dr Danijela Šikuljak, naučni savetnik, Institut za zaštitu bilja i
životnu sredinu, Beograd

Izvod

Konvencionalna poljoprivredna proizvodnja podrazumeva postizanje visokih prinosa uz primenu, mehanizacije, pesticida i đubriva. Međutim, savremeni pristup proizvodnje “zdrava i bezbedna hrana u očuvanoj životnoj sredini” otvara brojna pitanja o dosadašnjoj poljoprivrednoj praksi. Brojne analize su pokazale štetnost primene pesticida sa svih aspekata. Međutim, na primenu đubriva se još uvek gleda kao na meru koja će doneti dobrobit samo gajenoj biljci. Ali ako se posmatra kvalitet zemljišta i razvoj korova, primena đubriva kao mera treba da se analizira sa svih aspekata. U suprotnom, nekontrolisana primena će direktno uticati na životnu sredinu, kvalitet zemljišta i kompetitivnu sposobnost korova, a indirektno na klimatske promene, ljude i životinje. Gajene biljke aktivnošću sekundarnih metabolita ostvaruju svoj potencijal u pogledu prinosa. Sa druge strane, čovek načinom gajenja useva i primenom đubriva može uticati na sadržaj sekundarnih metabolita u biljkama. Međutim, primenjena đubriva utiče i na metabolite u korovima. Najvažnija grupa sekundarnih metabolita predstavljaju polifenoli. Njihova uloga je vezana za proces fotosinteze, aktivnost enzima, aktivaciju mehanizama za odbranu u uslovima stresa, zaštitu od UV zračenja i dr. Zaštitna uloga u uslovima stresa zasniva se na antioksidativnoj sposobnosti, odnosno na ublažavanju dejstva štetnih slobodnih radikala. Zbog toga je pravilna ishrana useva u toku vegetacione sezone od izuzetnog značaja sa aspekta povećanja koncentracije prirodnih antioksidanasa i proizvodnje hrane poboljšanih nutritivnih karakteristika. Zbog toga je i predmet disertacije bio da se ispita: nivo polifenola u korovima (*Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*), nivo konkurentnosti između korova i useva na osnovu sadržaja polifenola, kvalitet zemljišta u kome su biljke gajene nakon primene đubriva i efekat đubriva na klijanje semena korova i gajenih biljaka. Različitim metodama je utvrđen sadržaj pojedinačnih i ukupnih polifenola, njihova antioksidativna aktivnost i sadržaj makro i mikro elemenata u zemljištu nakon primene organskog (F1) i sintetičkih đubriva (F2 i F3) u korovskim i gajenim biljkama. Na osnovu sadržaja polifenola i različitih uslova gajenja (monokultura, kompeticija) definisana je kompetitivna sposobnost biljaka i efekat primenjenih đubriva. Statističkom analizom dobijenih rezultata zaključeno je sledeće: (1) u uslovima monokulture sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina nije bio veći u odnosu na kontrolu nakon primene sintetičkih i organskih đubriva kod svih ispitivanih vrsta; (2) u uslovima gajenja u kompeticiji sadržaj pojedinačnih

polifenolnih kiselina u listovima je bio različit u odnosu na kontrolu kod *Abutilon theophrasti* gajenog sa biljkama kukuruza, nakon primene sintetičkih i organskih đubriva (osim za sadržaj cimetne kiseline); (3) sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina u uslovima gajenja u kompeticiji je bio veći/manji nego u biljkama gajenim u uslovima monokulture; (4) u uslovima monokulture sadržaj ukupnih polifenola nije bio statistički značajno veći u odnosu na kontrolu nakon primene đubriva kod *Avena fatua*, kukuruza i pšenice i manji kod *Abutilon theophrasti*; (5) u uslovima gajenja u kompeticiji sadržaj ukupnih polifenola u listovima je bio statistički značajno veći u odnosu na kontrolu kod *Avena fatua* gajene sa biljkama pšenice, kod pšenice gajene sa *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*, *Abutilon theophrasti* gajenog sa biljkama pšenice i kukuruza; (6) u uslovima monokulture antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima nije bila statistički značajno različita u odnosu na kontrolu nakon primene organskih i sintetičkih đubriva kod *Avena fatua*, *Abutilon theophrasti*, kukuruza i pšenice (samo nakon primene đubriva F1 (organsko)); (7) u uslovima gajenja u kompeticiji antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima u odnosu na kontrolu je bila statistički značajno veća kod *Avena fatua* gajene sa biljkama pšenice, kod pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* i kod biljaka gajenih sa *Abutilon theophrasti* samo nakon primene đubriva F3 (sintetičko), kod *Abutilon theophrasti* gajenog sa biljkama pšenice i kukuruza i manja kod kukuruza gajenog sa biljkama *Abutilon theophrasti*; (8) sadržaj ukupnih polifenola u listovima biljaka, iz uslova kompeticije u odnosu na iste varijante u uslovima monokulture, bio je statistički značajno: veći u biljkama *Avena fatua* i kukuruza i manji u biljkama *Abutilon theophrasti* i pšenice; (9) antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima, iz uslova kompeticije u odnosu na iste varijante u uslovima monokulture, je bila statistički značajno veća u biljkama *Avena fatua*, *Abutilon theophrasti* gajenim sa biljkama pšenice, a manja u biljkama gajenim sa biljkama kukuruza i veća u biljkama pšenice gajenim sa biljkama *Abutilon theophrasti*, a manja u biljkama gajenim sa biljkama *Avena fatua* u kontroli i nakon primene đubriva F1 (organsko); (10) u zemljištu nakon primene ispitivanih đubriva detektovana je samo cimetna kiselina; (11) sadržaj cimetne kiseline u zemljištu u uslovima monokulture je bio statistički značajno manji u svim varijantama nakon primene đubriva, a u uslovima kompeticije razlike u odnosu na kontrolu nisu bile statistički značajne; (12) ukupni polifenoli su detektovani samo u uzorcima zemlje gde je gajen *Abutilon theophrasti* u monokulturi i sa biljkama kukuruza; (13) sadržaj cinka u zemljištu je bio veći nego u kontroli u skoro svim uzorcima, olovo je detektovano samo u uzorku zemljišta u kom je gajen *Abutilon theophrasti* tretiran sintetičkim

đubrivom, mangan je detektovan u svim uzorcima bez obzira na biljnu vrstu i primenu đubriva u količinama manjim ili jednakim od kontrole, nikl je detektovan u količinama većim od kontrole u 14 uzoraka, hrom je detektovan u 8 uzoraka u količinama većim od sadržaja u kontroli, a u 16 uzoraka nije ga bilo kao ni u kontroli; (14) nije utvrđena pravilnost u akumulaciji sadržaja određenih metala vezano za vrstu primenjenih đubriva, (15) klijavost semena svih ispitivanih vrsta je bila najbolja u rastvoru đubriva F1 (organsko), a najslabija u rastvoru đubriva F3 (sintetičko) i (16) sintetička đubriva su usporila i sprečila klijanje semena svih vrsta u poređenju sa kontrolom.

Determining the effect of natural and synthetic fertilizers: on weed and crop tolerance and the environment

Abstrakt

Conventional agricultural production meant achieving high yields by using safe tools, pesticides and fertilizers. However, the modern approach to the production of "healthy and safe food in a preserved environment" raises many questions about the current agricultural practice. Numerous analyzes have shown the harmfulness of pesticide application from all aspects. However, the application of fertilizers is still seen as a measure that will bring benefits only to the cultivated plant. But if the quality of the soil and the development of weeds are observed, the application of fertilizers as a measure should be analyzed from all aspects. Otherwise, uncontrolled application will directly affect the environment, soil quality and competitive ability of weeds, and indirectly on climate change, human population and animals. Cultivated plants realize their potential in terms of yield through the activity of secondary metabolites. On the other hand, man can influence the content of secondary metabolites in plants by growing crops and applying fertilizers. However, the applied fertilizers also affect the metabolites in weeds. The most important group of secondary metabolites are polyphenols. Their role is related to the process of photosynthesis, enzyme activity, activation of defense mechanisms under stress, protection from UV radiation, etc. The protective role in stress conditions is based on antioxidant ability, ie on mitigating the effects of harmful free radicals. Therefore, proper crop nutrition during the growing season is extremely important from the aspect of increasing the concentration of natural antioxidants and food production with improved nutritional characteristics. Therefore, the subject of the dissertation was to examine: the level of polyphenols in weeds (*Avena fatua* and *Abutilon theophrasti*), the level of competition between weeds and crops based on polyphenol content, soil quality in which plants were grown after fertilizer application and the effect of fertilizers on seed germination weeds and cultivated plants. The content of individual and total polyphenols, their antioxidant activity and the content of macro and micro elements in the soil after the application of organic (F1) and synthetic fertilizers (F2 and F3) in weeds and cultivated plants were determined by various methods. Based on the content of polyphenols and different growing conditions (monoculture, competition), the competitive ability of plants and the effect of applied

fertilizers were defined. Statistical analysis of the obtained results concluded the following: (1) in monoculture conditions the content of individual polyphenolic acids was not higher compared to the control after the application of synthetic and organic fertilizers in all tested species; (2) under competitive growing conditions, the content of individual polyphenolic acids in the leaves was different from the control of *Abutilon theophrasti* grown with maize plants, after application of synthetic and organic fertilizers (except for cinnamic acid content); (3) the content of individual polyphenolic acids under growing conditions in competition was higher / lower than in plants grown under monoculture conditions; (4) in monoculture conditions, the content of total polyphenols was not statistically significantly higher compared to the control after application of fertilizers in *Avena fatua*, corn and wheat and lower in *Abutilon theophrasti*; (5) under competitively grown conditions, the content of total polyphenols in leaves was statistically significantly higher compared to controls in *Avena fatua* grown with wheat plants, in wheat grown with *Avena fatua* and *Abutilon teophrasti*, *Abutilon teophrasti* grown with wheat and corn plants; (6) under monoculture conditions, the antioxidant activity of total polyphenols in leaves was not statistically significantly different from the control after application of organic and synthetic fertilizers in *Avena fatua*, *Abutilon theophrasti*, maize and wheat (only after application of fertilizer F1 (organic)); (7) under competitive growing conditions, the antioxidant activity of total polyphenols in leaves compared to control was statistically significantly higher in *Avena fatua* grown with wheat plants, in wheat grown with *Avena fatua* plants and in plants grown with *Abutilon teophrasti* only after fertilizer application F3 (synthetic), in *Abutilon teophrasti* grown with wheat and maize plants and less in maize grown with *Abutilon teophrasti* plants; (8) the content of total polyphenols in plant leaves, from the conditions of competition in relation to the same variants in monoculture conditions, was statistically significant: higher in *Avena fatua* and maize plants and lower in *Abutilon theophrasti* and wheat plants; (9) antioxidant activity of total polyphenols in leaves, from the conditions of competition in relation to the same variants in monoculture conditions, was statistically significantly higher in *Avena fatua*, *Abutilon teophrasti* grown with wheat plants, and lower in plants grown with corn and higher in wheat plants grown with *Abutilon teophrasti* plants, and less in plants grown with *Avena fatua* plants in control and after application of fertilizer F1 (organic); (10) only cinnamic acid was detected in the soil after the application of the tested fertilizers; (11) the content of cinnamic acid in the soil in monoculture conditions was statistically significantly lower in all variants after fertilizer

application, and in the conditions of competition the differences in relation to the control were not statistically significant; (12) total polyphenols were detected only in soil samples where *Abutilon theophrasti* was grown in monoculture and with maize plants; (13) the zinc content in the soil was higher than in the control in almost all samples, lead was detected only in the soil sample in which *Abutilon teophrasti* was grown treated with synthetic fertilizer, manganese was detected in all samples regardless of plant species and fertilizer application. quantities less than or equal to the control, nickel was detected in quantities greater than the control in 14 samples, chromium was detected in 8 samples in quantities greater than the content in the control, and in 16 samples it was not as in the control; (14) no regularity was found in the accumulation of certain metals in relation to the type of fertilizers used, (15) seed germination of all tested species was the best in the fertilizer solution F1 (organic), and the weakest in the fertilizer solution F3 (synthetic) and (16) synthetic fertilizers slowed down and prevented the germination of seeds of all kinds compared to the control.

Sadržaj

1.0.	UVOD	1
2.0.	PREGLED LITERATURE	2
2.1.	Đubriva	5
2.2.	Metode za utvrđivanje sadržaja makro i mikro elemenata u zemljištu	7
2.3.	Polifenoli u biljkama	10
2.3.1.	<i>Flavonidi</i>	11
2.3.2.	<i>Polifenolne kiseline</i>	12
2.4.	Polifenoli u zemljištu	14
2.5.	Efekat đubriva na aktivnost polifenola u biljkama	14
2.6.	Efekat đubriva na sposobnost klijanja semena korova i useva	17
2.7.	Efekat đubriva na biljne populacije	19
2.7.1.	<i>Korisni hranljivi elementi za biljke</i>	21
2.7.2.	<i>Štetni elementi za biljke, životinje i čoveka</i>	24
3.0.	MATERIJAL I METODE	28
3.1.	Biljni materijal	28
3.2.	Korišćena đubriva	28
3.3.	Korišćene hemikalije i aparatura	29
3.4.	Metode rada	30
3.4.1.	<i>Ekstrakcija polifenola iz biljnog materijala i zemljišta</i>	30
3.4.2.	<i>Razaranje zemlje za određivanje sadržaja teških metala</i>	31
3.4.3.	<i>Određivanje sadržaja ukupnih fenola u biljnom materijalu i zemljištu</i>	31
3.4.4.	<i>Određivanje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u biljnom materijalu i zemljištu</i>	32
3.4.5.	<i>Određivanje antioksidativne aktivnosti polifenola u biljnom materijalu</i>	33
3.4.6.	<i>Određivanje sadržaja mikroelemenata i teških metala u zemljištu</i>	34
3.5.	Analiza energije klijanja semena nakon primene đubriva	34
3.6.	Statistička analiza	34
4.0.	REZULTATI	35
4.1.	Polifenoli i antioksidativna aktivnost	35

4.1.1.	<i>Efekat đubriva na sadržaj polifenolnih kiselina kod Avena fatua gajene u monokulturi i sa biljkama pšenice</i>	35
4.1.2.	<i>Efekat đubriva na polifenole kod pšenice gajene u monokulturi, sa biljkama Avena fatua i sa biljkama Abutilon teophrasti</i>	39
4.1.3.	<i>Efekat đubriva na polifenole kod Abutilon teophrasti gajene u monokulturi, sa biljkama pšenice i kukuruza</i>	49
4.1.4.	<i>Efekat đubriva na polifenole kod kukuruza gajenog u monokulturi i sa biljkama Abutilon teophrasti</i>	59
4.2.	Efekat đubriva na sadržaj polifenola u zemljištu	64
4.3.	Efekat đubriva na sadržaj teških metala i mikroelemenata u zemljištu	67
4.4.	Efekat đubriva na klijanje semena korova i useva	70
5.0.	DISKUSIJA	72
5.1.	Polifenoli i antioksidativna aktivnost	72
5.1.1.	<i>Efekat đubriva na sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina</i>	72
5.1.2.	<i>Efekat đubriva na sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativnu aktivnost</i>	77
5.1.3.	<i>Efekat đubriva na sadržaj polifenola u zemljištu</i>	81
5.1.4.	<i>Efekat đubriva na sadržaj teških metala u zemljištu</i>	84
5.1.5.	<i>Efekat đubriva na klijanje semena korova i useva</i>	87
6.0.	ZAKLJUČAK	88
7.0.	REFERENCE	91

1.0.Uvod

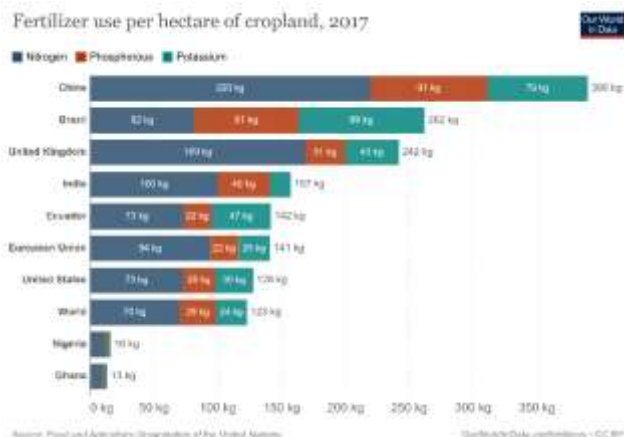
Uspešna poljoprivredna proizvodnja i obezbeđivanje dovoljne količine hrane su osnova za opstanak. Savremeni pristup proizvodnje “zdrava i bezbedna hrana u očuvanoj životnoj sredini” je otvorio brojna pitanja. Dosadašnja konvencionalna poljoprivredna proizvodnja je podrazumevala siguran prinos primenom mehanizacije, pesticidi i đubriva. Međutim, takav koncept je kroz vreme pokazao brojne negativne posledice. Zbog toga se počelo sa analizom: Da li cilj opravdava sredstvo? U tom smislu se, deceniju unazad, počelo sa analizom dobrih i loših strana konvencionalne poljoprivredne proizvodnje i implementiranjem smernica organskog pristupa proizvodnje hrane. Organska i konvencionalna poljoprivredna proizvodnja su po konceptu veoma razaličiti sistemi. Razlike se zasnivaju na više osnova, na primer prema izboru i primeni agrotehničkih mera, finansijskim ulaganjima, ostvarenim prinosima, dobiti, brizi o zdravlju ljudi, domaćih i gajenih životinja, zaštiti životne sredine i dr. Sa aspekta bezbednosti i kvaliteta organski proizvedena hrana sadrži manje nitrata, pesticida ali i manje proteina. Međutim, veći sadržaj minerala i vitamina u hrani proizvedenoj u sistemu organske proizvodnje je manje značajan u poređenju sa hranom proizvedenom u konvencionalnom sistemu (Brandt i Moglaard, 2001; Winter i Davis, 2006). S druge strane, hrana proizvedena u konvencionalnom sistemu proizvodnje sadrži manje sekundarnih metabolita odgovornih za odbrambene mehanizme biljaka, životinja i ljudi (Winter i Davis, 2006). Navedene razlike se uočavaju npr. u proizvodnji pšenice, kao jednog od najvažnijih useva za ishranu ljudi. Dobar kvalitet zrna pšenice i mekinja pojačava odbrambeni sistem ljudi, koji se lakše bore sa obolenjima kardiovaskularnog i digestivnog sistema (Meyer i sar., 2000). Nosioci odbrambenog sistema biljaka, time i ljudi, su sekundarni metaboliti karotenoidi, fitosteroli, polifenoli i dr. (Moore i sar., 2005; Naczki i Shahidi, 2006). Zbog toga je radna hipoteza ove disertacije bila da se načinom gajenja useva može uticati na sadržaj sekundarnih metabolita u biljkama, odnosno na prinos. S obzirom da se u agrofitocenoza, kao obavezni pratilac gajenog useva, javljaju korovi, veći deo istraživanja je bio usmeren na prednosti i mane primene đubriva kao osnove za jačanje kompetitivne prednosti korova.

Cilj istraživanja ove disertacije bio je da se ispita efekat organskih i sintetičkih đubriva na sledeće osobine biljaka i zemljišta pod uticajem različitih đubriva upotrebljenih za ishranu biljaka. To su:

- količine polifenolnih kiselina u korovskim (*Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*) i gajenim vrstama (pšenica i kukuruz),
- nivo konkurentnosti među ispitivanim vrstama na osnovu sadržaja polifenolnih kiselina,
- kvalitet zemljišta u kome su biljke gajene nakon primene đubriva i
- efekat đubriva na klijanje semena korova i gajenih biljaka.

2.0. Pregled literature

Cilj svake poljoprivredne proizvodnje je da bude organizovana na način koji obezbeđuje princip “dugoročno održiva”. U tom smislunega useva (primena đubriva i druge agrotehničke mere) moraju biti u skladu sa očuvanjem zdravlja ljudi i životne sredine. Danas je javnost zaokupljena brigom oko klimatskih promena na planeti. Brojni faktori, posebno ljudski faktor, utiču na globalno zagrevanje i zagđenje. Istraživanja naučnika NASA-e ukazuju da se prosečna globalna temperature na zemlji uvećava (1 °C, mereno od 1880. godine) (Observatori, 2022) i da se može očekivati štetan efekat na živi svet (globalno uvećanje temperature od 2 °C) (Richardson i sar., 2012). Među brojnim faktorima koji doprinose negativnom trendu klimatskih promena su industrija i poljoprivreda. Negativan efekat na životnu sredinu se meri emisijom gasova: CO₂, CH₄ i N₂O (EPA, 2020) i sadržajem polutanata u zemljištu i vodama. Jedan od čestih izvora štetnih gasova predstavljaju komercijalna đubriva koja se primenjuju za ishranu useva. Istraživanja su istakla da bi se smanjenom upotrebom đubriva smanjila i pojava štetnih gasova za oko 20% (Scialabba i Müller-Lindenlauf, 2010). Generalno, neadekvatna primena đubriva direktno utiče na poljoprivredno zemljište, indirektno na klimatske promene, ljude i domaće životinje i plemenitu divljač. Analiza potrošnje đubriva po jedinici površine u nekim zemljama je prikazana na slici 1. Na osnovu ovih podataka se može preračunati koja količina štetnih gasova se emituje u atmosferu. U prilog pojavi štetnih gasova ide i činjenica da gajene biljke usvajaju oko 50% azota iz primenjenih đubriva, dok preostali deo završi u podzemnim vodama ili kao N₂O gas u atmosferi (Hirel i sar., 2011; Erisman i sar., 2015).



Slika 1. Analiza potrošnje đubriva po jedinici površine u Svetu, <https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use>

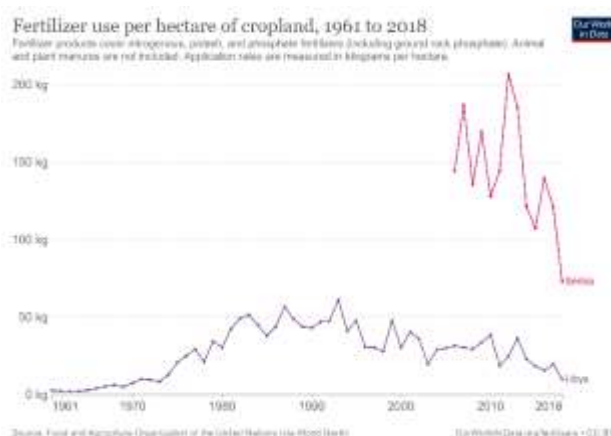
Cilj poljoprivrednog proizvođača (dostizanje visokih prinosa i profita) je uzrokovao neracionalnu upotrebu đubriva i pesticida. Neracionalna primena se zasniva na činjenici da većina proizvođača ne radi analizu hemijskog sastava i kvaliteta zemljišta i ne poznaje stvarne potrebe gajenih biljaka. Takođe, na kraju vegetacionog perioda, žetvom useva se iznose ogromne količine biogenih i drugih elemenata iz zemljišta, a analiza zemljišta pre osnovne obrade i primene osnovnog djubrenja izostaje i nije uobičajena praksa kod poljoprivrednih proizvođača. Pravilnom primenom đubriva nastali disbalans se u narednoj sezoni može popraviti. Međutim, intenzivna i neadekvatna primena đubriva različitog porekla dovodi do suprotnih efekata, zagađenja zemljišta i podzemne vode. Posebno je opasna nekontrolisana primena azotnih i fosfornih đubriva. Neadekvatna primena đubriva može dovesti do nagomilavanja sadržaja anjona u zemljištu čak i do toksičnog nivoa za ljude i životinje (Kovačević i sar., 2010). Poznato je da visoka koncentracija nitrata u vodi za piće utiče na razvoj karcinoma, dok u rekama pospešuju razvoj algi (cvetanje vode) i smanjuju procenat kiseonika i dr. Takođe, preterana upotreba đubriva povećava koncentraciju soli (zaslanjivanje) i pojačava alaklizaciju poljoprivrednog zemljišta. Često nekontrolisana primena i organskog đubriva (stajnjaka) može izazvati slične negativne promene u životnoj sredini (promene hemijskog sastava zemljišta, aktivnost i prisustvo mikroorganizama, zagađenje podzemnih voda, itd.).

Poljoprivredni proizvođači sve više postaju svesni negativnih efekata nekontrolisane primene đubriva i traže da budu više informisani i edukovani. Zbog toga sve češće primenu đubriva na

svojim njivama baziraju na agrohemskim analizama zemljišta i količinama koje su neophodne za određene biljne vrste. Na slikama 2 i 3 je prikazana primena đubriva po jedinici površine na osnovu kojih se zaključuje da se svest proizvođača menja u pravcu kontrolisane primene ovih sredstava u zemljama širom Evrope, Libiji i Srbiji.



Slika 2. Razlika u potrošnje đubriva po hektaru poljoprivrednog zemljišta u Evropi 1961 vs 2018, <https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use>



Slika 3. Potrošnja đubriva po hektaru poljoprivrednog zemljišta u Libiji i Srbiji u period od 1961. do 2018. godine, <https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use>

Sa druge strane poljoprivredna proizvodnja je nezamisliva bez primene đubriva. Istraživanja, koja su u Nemačkoj obavili Schmitz i Hartmann (1994.) pokazala su da bi smanjena primena azotnih đubriva prouzrokovala opadanje prinosa zrna pšenice i do 50% (kratkoročno 22% i 25-30% dugoročno). Prihod proizvođača smanjio bi se do 40%, zatim bi se uvećale cene pšenice do 5%, a ulaganja u proizvodnju oko 12%.

Sagledavajući ove podatke jasno je da se biljna proizvodnja ne može izvesti bez upotrebe azota. Najvažnija karika održive poljoprivredne proizvodnje je kvalitetno poljoprivredno zemljište. Dobar kvalitet zemljišta se postiže održavanjem nivoa organske supstance koja će sačuvati njegove hemijske osobine i mikrobiološku aktivnost, kao i obezbediti konkurentnost gajenih biljaka u odnosu na korove. U tom pravcu se danas razvija organska poljoprivredna proizvodnja. Ona podržava osnovni princip: zdrava životna sredina, zdravlje humana populacija. Nasuprot ovome komercijalna proizvodnja, koja je u početku bila zasnovana na istom principu, narušila je kvalitet životne sredine i hrane. Negativne promene komercijalne proizvodnje se reflektuju na biotope i biocenozu (Altieri, 1995). Negativne promene biotopa su: (1) ostaci pesticida i teških metala u vodi, vazduhu i zemljištu; (2) emisija štetnih gasova; (3) degradacija zemljišta; (4) promene hemijskog sastava zemljišta; (5) degradacija mikrobiološkog sastava zemljišta, itd. Ovi činioci vode ka globalnim klimatskim promenama. Promene u biocenozi se reflektuju na genetičke resurse (biljke, životinje), a mere se hemijskim zagađenjem i uništavanjem prirodnih načina samoodržanja i ravnoteže.

2.1. Đubriva

Pojam đubrivo podrazumeva biljne asimilative koji se unose u zemljište sa ciljem poboljšanja prehrambenih potreba gajenih biljaka. Ona popravljaju kvalitet zemljišta i njegovu biološku aktivnost. U prethodnim decenijama primena đubriva se odvijala prema različitim teorijama. Tvorac najstarije takozvane azotne je Boussingoult. Ova teorija od 1838. godine je i danas zastupljena kako ističu Li i sar. (2018.) i Brunetti i sar. (2019). Svaka država danas, ima definisane pravilnike o primeni đubriva na osnovu sadržaja azota. Neretko se primenjuje i teorija koju je uveo Justus von Liebig 1840. godine “Zakon minimuma” kojom se količina primene određuje prema hemijskom elementu koji je u deficitu. Liebig je isticao da nedostatak nekog elementa sprečava da drugi asimilativi ostvare svoj pun efekat na prinose.

Sva đubriva (biljna hraniva) mogu se podeliti na organska (prirodna), mineralna (iz prirode) i sintetička (industrijska). Najzastupljenija organska đubriva su čvrsti i tečni stajnjak ili osoka. Prema Pravilniku o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje (Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede RS, 2021.) količine primene

đubriva se određuju količinom azota. Do sada je ustanovljeno da se količinom od 170 kg/ha ostvaruje balans unosa i potrošnje i obezbeđuje adekvatna kontrola širenja korova, ispiranja azota u podzemne vode i zagađenja zemljišta. Azotna đubriva se primenjuje u oba sistema gajenja useva.

Prirodna organska đubriva. Naziv govori o njihovom poreklu, a najčešće su to ekeskrementi domaćih i gajenih životinja. Najpoznatije i najšire primenjivano prirodno đubrivo je stajnjak, koji, pored azota, sadrži i ostale makro i mikro elemente neophodne za životni ciklus useva, ali i korova. Sadržaj organske supstance u stajnjaku zavisi od vrste domaćih životinja (Tabela 1).

Tabela 1. Sadržaj glavnih elemenata ishrane i njihova pristupačnost biljkama

Vrsta	Azot (N %)	Fosfor (P ₂ O ₅ %)	Kalijum (K ₂ O %)	Pristupačnost
Goveđi	0,25-2,0	0,15-0,9	0,25-1,5	Srednja
Konjski	0,3-2,5	0,15-2,5	0,5-3,0	Srednja
Živinski	1,1-2,8	0,5-2,8	0,5-1,5	Srednje-brza
Svinjski	0,3	0,3	0,3	Srednja

Izvor: (www.organicnet.co/en/info-enter/resource/show/organska-dubriva)

Mineralizacija stajnjaka u zemljištu traje 3-5 godina. Na razlaganje organskih jedinjenja značajan uticaj imaju poreklo i kvalitet stajnjaka, kao i agroekološki uslovi (tip zemljišta i osobine klime). Prema dosadašnjim saznanjima biljke u prvoj godini iskoriste 20-35% azota, 20-35% fosfora i 67% kalijuma iz upotrebljenog stajnjaka.

Mineralna đubriva predstavljaju biljna hraniva koja nisu dobijena određenim hemijskim procesima. Pored hemijskih jedinjenja uzetih direktno iz prirode ona mogu da sadrže i dodate supstance neophodne biljkama za životni ciklus. Prema tome, svi elementi koji se nalaze u ovim mineralnim đubrivima mogu naći u prirodi. Svi hemijski elementi iz ovih biljnih hraniva mogu se koristiti direktno tako da njihovo usvajanje korenovima biljaka ne zavisi od mikroorganizama u zemljištu. Prednost primene ove vrste đubriva je u tome što se ona mogu upotrebiti u periodu najveće potrebe od strane biljaka, konkretno u svim fazama rastenja. Pored niza prednosti u odnosu na organska imaju i jedan nedostatak, jer sadrže natrijum u koncentraciji koja može izazvati štete na korenovom sistemu. Čilska šalitra (KNO₃) je bilo prvo mineralno đubrivo. Ono

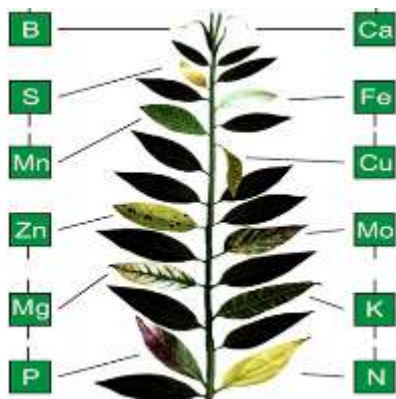
je prvi put upotrebljeno u ishrani biljaka krajem XIX veka. U počecima savremene dopunske ishrane biljaka glavni izvor fosfora bile su mlevene kosti životinja, dok je kasnije dobijan ekstrakcijom iz minerala. Prema FAO podacima za 2022. godinu primenom mineralnih đubriva može se osigurati uvećanje prinosa ratarskih useva za 40-50%. Međutim, efekat upotrebljenih mineralnih đubriva zavisi od sledećih činilaca, a to su: pH vrednost zemljišnog rastvora, vlažnost zemljišta, vrsta useva i gustina setve, nega i zaštita useva od štetočina, patogena i korova.

Sintetička đubriva (veštačka) nastaju u industriji nizom hemijskih procesa. Ona sadrže različite hemijske elemente potrebne za rastenje biljaka. Najzastupljeniji su glavni elementi ishrane azot, fosfor i kalijum, ali mogu se dodati i sekundarni (magnezijum, sumpor, kalcijum, gvožđe), kao i mikroelementi. Pri neadekvatnoj upotrebi sintetičkih mineralnih đubriva najveće štete po životnu sredinu uzrokuju azotna jedinjenja. Čista azotna jedinjenja pojačavaju aktivnost mikroorganizama koji se hrane humusom (organskom supstancom iz zemljišta). Intenzivnim razlaganjem organskih jedinjenja smanjuje se sposobnost zemljišta da zadrži azot i on se delom ispire u dublje slojeve, a delom ili isparava u atmosferu kao gas (NO_x). Drugo mesto po važnosti za biljke zauzima element kalijum. Njega u prirodi ima u malim količinama (0,2-3%, u humusu u poljoprivrednom zemljištu 0,1%) ali nije direktno pristupačan biljkama (Scheffer i Schachtschabel, 1989). Biljke najviše akumuliraju kalijum u listu i stablu, te se žetvom dosta kalijuma iznosi iz zemljišta. Takođe, veliki deo kalijuma se ispira u dublje slojeve (od unesenih 180 kg K/ha u dublje slojeve se ispere 133 kg K/ha na peskovitom zemljištu, Wulff i sar., 1998).

2.2. Metode za utvrđivanje sadržaja makro i mikro elemenata u zemljištu

Biljke imaju različite potrebe za određenim hranljivim (biogenim) elementima i njihova upotreba je opravdana ukoliko se sprovodi na osnovu agrohemiske analize zemljišta i stvarnih i potreba biljke. Svrha analize i definisanja količina primene određenih biogenih elemenata u vidu đubriva je određivanje optimalnih uslova za razvoj useva i postizanja balansa utrošenih i unetih količina u zemljište (Kastori, 1997). U tu svrhu razrađen je veliki broj metoda: ogledi u polju, metode biljaka indikatora, Neubauerova metoda, biofizičke, biohemijske i druge. Neubauerovom metodom se detektuju količine lako pristupačnog kalijuma i fosfora za biljke u zemljištu. Biofizičkim metodama se prate promene u biofizičkim procesima preko sadržaja hlorofila ili

njegove fluorescencije usled nedostatka nekog hranljivog elementa. Takođe, veoma su značajne metode koje se baziraju na praćenju građe i izgleda pojedinih organa biljaka. Na osnovu uočenih deformacija ili promena u boji organa donosi se zaključak o nedostatku hranljivog elementa. Na slikama 4 i 5 je prikazan uticaj nedostatka pojedinih biogenih elemenata na izgled listova (<https://seljak.me/savjetuje/uocite-nedostatak-visak-hemijskih-elemenata-na-vasim-biljkama>).



Slika 4. Vizuelni simptomi nedostatka biogenih elemenata u listovima



Slika 5. Simptom nedostatka cinka u listovima pšenice

Nedostatak svakog biogenog elementa dovodi do pojave specifičnih vizuelnih simptoma, dok visok/toksičan nivo stvara manje jasne simptome (Kastori, 1997). Takođe, visoka koncentracija nekog biogenog elementa utiče na pojavu simptoma koji su vezani za nedostatak drugog elementa (koji se nije adekvatno usvojio zbog visoke koncentracije prvog) i može dovesti do pogrešnog zaključivanja. Kao dobar primer se navodi negativan efekat velikih količina azota i kalijuma kod biljaka paprika i krastavca. Visoke količine ovih elemenata otežavaju usvajanje kalcijuma. Zbog toga se na vrhovima ploda paprika vide simptomi slični truleži, a na listovima krastavca se uočava plavozelena boja duž nerava starijih listova i talasast izgled mlađih (Kastori i sar., 2013).

Bazične metode za određivanje sadržaja biogenih elemenata u zemljištu su: hemijske, biološke i mikrobiološke. Hemijske metode su najšire primenjivane metode. Ovim metodama se biogeni elementi iz zemljišta ekstrahuju hemijskim rastvaračima (amonijum-acetat, sona kiselina,

kalcijum-acetat-laktat) nakon čega se koncentracija određuje analitičkim metodama. Ove metode su lako ponovljive i može se obraditi puno uzoraka odjednom. Na osnovu dobijenih vrednosti određuju se potrebne količine kao i odnos pojedinih asimilativa za svaku biljnu vrstu i visinu planiranog prinosa. Istovremeno, mogu se odrediti i količine koje biljke prinosom iznesu iz zemljišta, kao i definisati kvalitet zemljišta (Tabele 2 i 3).

Tabela 2. Nivo kalijuma i klasifikacija zemljišta (Manojlović, 1986).

Ocena nivoa	Sadržaj K u zemljištu mg K ₂ O/100 g
Vrlo nizak-meliorativni	<5
Nizak-siromašno	5-10
Srednji-srednje siromašno	10-15
Optimalan-dobro obezbeđeno	15-25
Visok-preterano obezbeđen	25-40
Vrlo visko-ekstremno obezbeđen	40-50
Štetan	>50

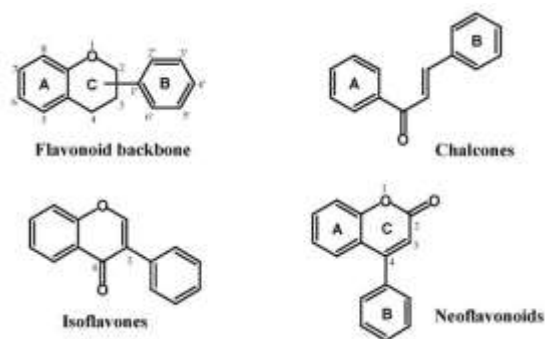
Tabela 3. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja kalijuma (Kastori i sar., 2013)

Klasa obezbeđenosti	mg K ₂ O/100 g vazdušno suvog zemljišta		
	Glinovito	Ilovasto	Peskovito
Nizak	<15	<12	<8
Srednje	15-24	12-20	8-12
Visok	>24	>20	>12

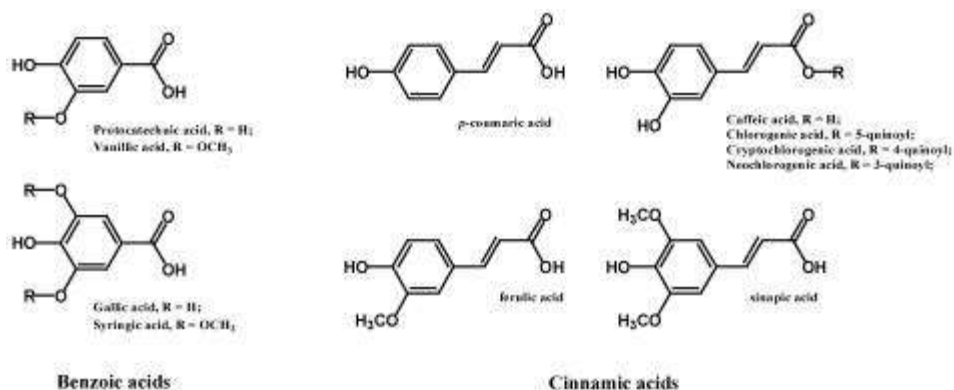
Biogeni elementi u biljkama (gajenim, korovskim) putem biohemijskih procesa regulišu rast i razviće (direktno) i nivo odbrane u uslovima stresa (indirektno). Biohemijski procesi su visoko regulisani procesi i na njih utiče veliki broj biotskih (čovek i sama biljka,) i abiotskih faktora (agroekološki uslovi). Tokom biohemijskih procesa sintetišu se primarni (ugljeni hidrati, aminokiseline) i sekundarni metaboliti (polifenolne kiseline, flavonidi, antocijani itd.). Veliki broj istraživanja se bavio efektom različitih faktora (primena herbicida, suša, vodni deficit) na proces biosinteze sekundarnih metabolita. Najvažniju grupu sekundarnih metabolita predstavljaju polifenoli. Oni pomažu biljkama da prevaziđu uslove stresa i da ostvare određenu prednost u konkurentskim odnosima prema korovima.

2.3. Polifenoli u biljkama

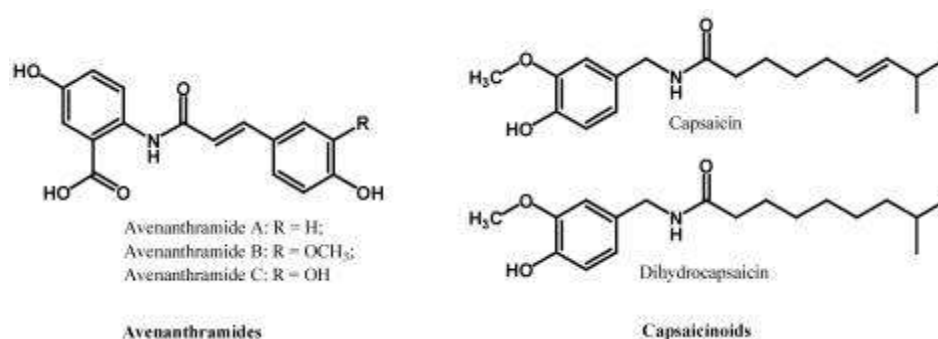
Polifenoli se nalaze u životinjama, mikroorganizmima i najviše u biljkama (list, stablo, koren, seme) (Robbins, 2003; Mattila i sar., 2006). Mogu se naći u dva osnovna oblika: 1) vezani/nerastvoreni fenoli u ćeliskom zidu i 2) slobodni/rastvoreni unutar ćelijskih vakuola (Naczki i Shahidi, 2004). Njihovu osnovnu strukturu čini aromatični prsten i za njega vezane hidroksilne grupe (minimalno jedna) (Mattila i sar., 2006). Oni mogu imati malu molekulsku masu ili postojati kao kompleksni polimeri velike molekulske mase (Ignat i sar., 2011). Podeljeni su u četiri osnovne grupe prema broju konstitutivnih ugljenikovih atoma: flavonidi (60% od ukupnih polifenola), polifenolne kiseline (30% od ukupnih polifenola), polifenolni amidi i drugi polifenoli (Kozłowska i sar., 1983; Shahidi i Naczki, 2004). Flavonidi sadrže ugljenikovu konstrukciju C6-C3-C6 (Slika 6), polifenolne kiseline se dele u dve grupe derivata: benzojeve kiseline (C1-C6 konstrukcija) i cimetine kiseline (C3-C6 konstrukcija) (Slika 7) i polifenolni amidi koji sadrže funkcionalni N susptituent (Slika 8) (Heinonen i sar., 2001; Thompson i sar., 1991).



Slika 6. Građa flavonida



Slika 7. Građa polifenolnih kiselina



Slika 8. Građa polifenolnih amida

Sinteza polifenola se odvija u pentoza-fosfatnom ciklusu. Dolazi do kondenzacije 7-fosfat-fosfoenol-piruvat kiseline i 4-fosfat eritroze koje se dalje nizom transformacija u ciklusima “šikiminske kiseline” i “sirćetne kiseline” pretvaraju u polifenole (Dragičević i sar., 2010; Robards i sar., 1999). U ciklusu šikiminske kiseline nastaju L-fenilalanin i L-tirozin koje se dalje transformišu i nastaju različite grupe polifenolnih jedinjenja (Herrmann i Weaver, 1999). Biosinteza flavonida se vezuje za primarni metabolizam u plastidima i mitohondrijama i nastaju metaboliti koji se izlučuju u citoplazmu i ugrađuju u različite molekule (Tsao i sar., 2009). Generalno svi procesi biosinteze polifenola su katalizovani multienzimskim kompleksom (Dixon i Paiva, 1995; Winkel-Shirley, 1999).

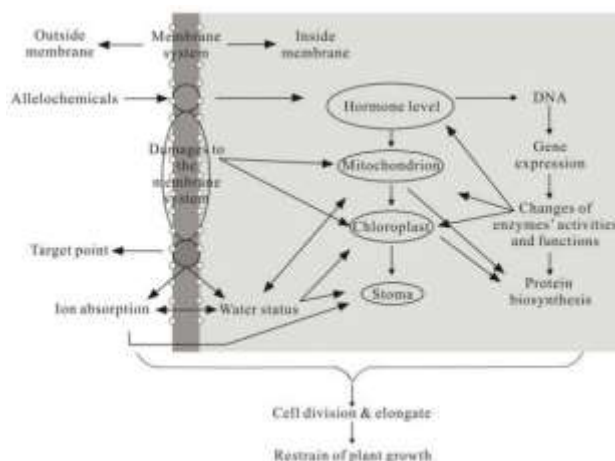
2.3.1. Flavonidi

Najveća grupa polifenolnih jedinjenja su flavonidi: antocijanidi, flavoni, flavanoni, flavonoli, flavanoli i izoflavoni (Giada i sar., 2013). Njihova najvažnija uloga u biljkama je zaštita u

uslovima stresa, odnosno njihova antioksidativna aktivnost. Oni vezuju slobodne kiseonikove radikale tokom procesa fotosinteze koji su visoko štetni za samu biljku. Takođe, učestvuju u odbrani biljaka od insekata, u metabolizmu gvožđa, dobri su katalizatori različitih procesa tokom fotosinteze itd. (Madhujith i Shahidi, 2006). U organizmu čoveka deluju: antimikrobno, imunostimulativno, antifugalno, antikancerogeno, diuretički, analgetski, antialergijski itd. (Milenković, 2013).

2.3.2. Polifenolne kiseline

Uloga polifenola u biljkama je raznolika (asimilacija hranljivih materija, fotosinteza, aktivnost enzima, sinteza proteina, fotoreceptori, zaštita od UV zračenja itd.) (Wu i sar., 1999; 2001; Liu i sar., 2004), a posebno važna u procesu biosinteze aromatičnih aminokiselina (Waksmundzka, 1998). Prisustvo polifenola je višestruko važno i u organizmu čoveka (zaštita od patoloških obolenja), kao i u svetu industrije (u proizvodnji boja, kozmetike, papira) (Ignat i sar., 2011). Polifenoli kao neenzimski antioksidansi sprečavaju/smanjuju oksidaciju lipida, ugljenih hidrata, proteina i DNK (Halliwell, 1990). Njihova aktivnost se ispoljava na više načina: (1) direktnim vezivanjem slobodnih kiseonikovih i azotovih radikala i davanja vodonikovog atoma, (2) aktivacijom antioksidativnih enzima, (3) heliranjem metalnih jona, (4) inhibicijom nekih enzima itd. (Lobo i sar., 2010). Generalno antioksidativna aktivnost zavisi od toga šta je vezano za fenolni prsten, metoksi ili hidroksilna grupa. Derivati cimetine kiseline (C3–C6 konstrukcija) su jači antioksidansi nego derivati benzojeve kiseline (C1–C6 konstrukcija). Takođe, polifenolne kiseline predstavljaju alelohemikalije kojima biljke regulišu nivo kompeticijskih odnosa u agrofitocenozama (usev vs korov). Putem regulacije semipermeabilnosti ćelijskih membrana utiču na izlučivanje alelohemikalija u rizosferu. Susednim biljkama ometaju usvajanje hranljivih elemenata iz zemljišta, odnosno normalan rast (Politycka, 1997). Istraživanja su pokazala da polifenoli (npr. kumarna polifenolna kiselina) oštećuju korenov sistem biljaka *Phaseolus vulgaris* i *Lactuca sativa* (Li i sar., 1993; Cruz i sar., 1998). Alelopatsko dejstvo se može videti i preko inhibicije sadržaja hlorofila u biljkama *Glycine max* (Paterson, 1981). Autor je zaključio da količine od 10-30 µmol/L polifenolnih kiselina: kafena, kumarna, cimetna, ferulna i vanilna značajno utiču na sadržaj hlorofila. Najznačajniji efekat polifenolnih kiselina (npr. ferulna, cimetna) tokom alelopatskih odnosa se može izmeriti biosinteze proteina (He i Lin, 2001). Mehanizam alelopatskog delovanja polifenola se može videti na slici 9 (Wang i sar., 2006).



Slika 9. Mehanizmi delovanja polifenola

Najzastupljenije polifenolne kiseline su: (1) hidroksi derivati benzojeve kiseline: siringinska, vanilinska, hidroksibenzojeva i galna i (2) hidroksi derivati cimetine kiseline: ferulna, kafena, p-kumarina, sinapinska i hlorogena (Lafay i Gli-Izquierdo, 2008; Herrmann, 1989).

Hlorogena kiselina je prirodno prisutna u višim biljkama. Pretstavlja estar kvinske i trans-cimetine kiseline (Clifford i sar., 2006). Sadrži 16 atoma ugljenika. Otkrio ju je botaničar Famintsynym 1893. godine u kotiledonima suncokreta. Biljke je sintetisao kao odgovor na stresne uslove (Farah i Donangelo, 2006). Detektovan je 71 oblik hlorogene kiseline (Kweon i sar., 2001; Rakesh i sar., 2010).

Ferulna kiselina je otkrivena u biljkama *Ferula foetida* Reg. (Umbelliferae) i tako dobila ime (Von Hlasiwetz i Barth, 1866). Igra važnu ulogu u odbrambenom sistemu biljaka (Dixon i Paiva, 1995). U biljkama nastaje u procesu biosinteze fenilalanina i tirozina (Graf, 1992). Važnu ulogu ima u zaštiti od UV zračenja zbog svoje antioksidativne sposobnosti (Graf, 1992). Najviše je prisutna u zrnu žita, zatim u spanaću, paradajzu itd. Adom i sar. (2002) su utvrdili da se ferulna kiselina najvećim delom nalazi u vezanom stanju i to u tkivu kukuruza (98,9%), pšenice (98,8%), ovsa (97,8%) i pirinča (93,0%).

Kumarna kiselina sadrži 9 ugljenikovih atoma. Prvi put je ekstrahovana iz biljke *Coumarouna odorata* 1820. godine. Utiče na brojne fiziološke procese u različitim fazama razvoja biljaka

(Pergo i sar., 2008). U tkivu se nalazi u slobodnom ili vezanom obliku (glikozid). Često ispoljava alelopatski potencijal na klijanje semena. Istraživanja su pokazala da i male količine mogu inhibirati klijanje semena npr. salate (Berrie i sar., 1968) i *Sorghum sudanese* (Wang i sar., 2017).

Cimetna kiselina je najviše prisutna u vrstama roda *Cinnamomum* iz porodice Lauraceae, na osnovu kojih je i dobila ime (Guzman, 2014). Postoji u obliku cis i trans-izomera. U biohemijskim procesima nastaje od L-fenilalanina a tokom hidroksilacije nastaju derivati: p-kumarna, ferulna, kafena i sinapinska kiselina (De i sar., 2011).

2.4. Polifenoli u zemljištu

Polifenoli se u zemljištu nalaze u humusnim materijama kao: vezani, slobodni i reverzibilno vezani (Capasso i sar., 1992). Slobodni polifenoli se akumuliraju uglavnom u rizosferi, posebno u delu zemljišta koji je zasićen otpadnim vodama (razlaganje biljnog materijala). Vezani polifenoli su često apsorbovani mineralima gline u obliku helatnih kompleksa. Uloga polifenola u zemljištu se uglavnom ogleda u regulisanju alelopatskih odnosa (kompeticija) i ređe u odbrani biljaka od napada štetočina. Kao primer repelentske uloge navodi se delovanje katehina i protokatehinske kiseline u biljkama luka u odbrani od *Colletotrichum circinaus* (Capasso i sar., 1992)

2.5. Efekat đubriva na aktivnost polifenola u biljkama

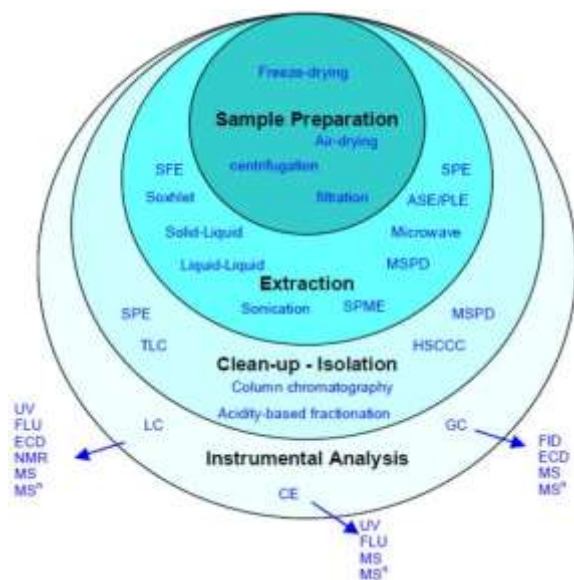
Sagledavši značaj polifenolnih kiselina u zaštiti gajenih biljaka u uslovima stresa, postavlja se pitanje primene đubriva i njihovog uticaja na sadržaj polifenola u korovskim biljkama. Đubriva (abiotski faktor) sadrže biogene elemente koji mogu uticati na sadržaj i biosintezu polifenola u biljkama (biotski faktor). Istraživanja su pokazala da veće količine azota negativno utiču na sadržaj polifenola (Stefanelli i sar., 2010) i obrnuto (Bènard i sar., 2009). Do sličnih zaključaka su došli Hamouz i sar. (2010) analizirajući efekte mineralnih đubriva. Konstatovali su da veće količine mineralnih đubriva smanjuju sintezu polifenola. Suprotno njima, Ma i sar. (2015.) su utvrdili da se smanjenjem količine azota smanjuje količina polifenola u tkivu biljaka. Obrnuto

korelaciju između količine sumpora i sadržaja polifenola su konstatovali Zhou i sar. (2013). Uočili su da se povećanjem sadržaja sumpora pojačava biosinteza polifenola u biljkama *Raphanus sativus*. Suprotno ovome ispitivanja o uticaju sistema gajenja useva (organski, konvencionalni) nije pokazalo različite efekte na sadržaj polifenola. Rezultati ogleda su pokazali da gajenje useva u organskom sistemu u odnosu na konvencionalni ne pojačava sintezu polifenola, odnosno kompeticijsku prednost useva (Dixon i Pavia, 1995; Lombardo-Boccia i sar., 2004). Balans između količine primene đubriva i sadržaja polifenola je bitan u proizvodnji nekih useva gde je cilj dobijanje visokih sadržaja polifenola (u smislu kriterijuma zdrava hrana). Kao primer se može navesti proizvodnja čaja. U listovima biljaka čaja je utvrđeno da 30% suve mase predstavljaju polifenolne kiseline i flavonidi (Hara, 2001). Okemwa i Silvanuss (2020) su sproveli istraživanja o uticaju različitih količina NPK đubriva na sadržaj ukupnih polifenola u listovima različitih vrsta čaja. Konstatovali su da različite količine đubriva stvaraju maksimalnu količinu polifenola zavisno od vrste biljke. Količina od 75 kg NPK/ha je bila jednako efikasna kod jedne vrste kao i količina od 375 kg NPK/ha, uz dodatak molibdena kod druge. Generalno primena đubriva (azot, fosfor, mikroelementi) poboljšavaju sintezu polifenola u biljkama (Ibrahim i sar., 2013), ali se uočavaju razlike između različitih vrsta. Cojocar i sar. (2020) su ispitivali uticaj različitih vrsta đubriva (hemijska, biološka i organska) na sadržaj polifenola i njihovu antioksidativnu aktivnost u biljkama *Rheum rhabarbarum*. Konstatovali su da su sadržaj polifenola ($1605.03 \text{ mg GAE} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.w}$) i njihova antioksidativna aktivnost ($877.07 \text{ mmol Trolox} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.w}$) u biljkama bili najveći nakon primene bioloških đubriva. Daljom analizom sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina utvrđeno je da nakon primene svih vrsta đubriva sadržaj ferulne kiseline bio veći u odnosu na sadržaj kumarne. Takođe, sadržaj kumarne i ferulne kiseline u biljkama je bio veći nakon primene bioloških đubriva u odnosu na organska i hemijska đubriva (kumarna: $15,46 > 11,03 > 9,86$ i u kontroli $11,58$; ferulna: $31,45 > 22,23 > 21,67$ i u kontroli $27,06$) (Cojocar i sar., 2020).

Ekstrakcija polifenola

U praksi se koristi veliki broj metoda za određivanje sadržaja polifenola u biljnom tkivu i zemljištu (Haddock i sar., 1982; Schuster i Herrmann, 1985; Harborne i Grayer, 1988). Zbog mogućnosti da se fenoli nalaze u slobodnom i vezanom obliku ne postoji jedinstvena metoda za

njihovu ekstrakciju. Istovremeno, zbog velike raznolikosti polifenola ne postoji univerzalni rastvarač za ekstrakciju. Najčešće se koriste rastvarači: aceton, metanol, etilacetat i njihove kombinacije (Haddock i sar., 1982; Schuster i Herrmann, 1985; Harborne i Grayer, 1988). Vrsta rastvarača se određuje prema željenom ekstratu i njegovoj upotrebi. Pri ekstrakciji vezanih fenola treba da se uradi priprema uzorka: enzimska, kisela ili bazna hidroliza (Kim i sar., 2006; Fazary i Yu, 2007). Sigurnijom i lakšom metodom se smatra bazna hidroliza jer umanjuje gubitak polifenola. Za enzimске hidrolize (specifičniji način) koriste se različiti enzimi, na primer, celulaze, amilaze, pektinaze itd. za oslobađanje polifenola (Landbo i Meyer, 2001; Zheng i sar., 2009). Savremene metode ekstrakcije koriste infracrveno zračenje, mikrotalase, subkritične vode i fluide, ultrazvuk itd. Najčešće korišćena metoda za određivanje sadržaja ukupnih polifenola u farmaceutskim, poljoprivrednim i prehrambenim proizvodima se bazira na Folin Čokalteovom reagensu. Antioksidativna sposobnost polifenola se uglavnom određuje spektrofotometrijskim metodama: FRAP metoda (Ferric Ion Reducing Antioxidant Power Assay; Benzie i Strain, 1996; Szöllősi i Varga, 2002), ORAC metoda (Oxygen Radical Absorbance Capacity; Cao i sar., 1993; Prior i sar., 2003) i najviše korišćena metoda DPPH test (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil; Brand-Williams i sar., 1995; Gil i sar., 2002). Za detekciju oslobođenih i slobodnih polifenola se koriste hromatografske metode (tečna i gasna hromatografija, Shahidi i Naczk, 2004). Velika prednost tečne hromatografije je što se istovremeno mogu detektovati veći broj različitih komponenti (Sakakibara i sar., 2003; Downey i Rochfort, 2008). Očitavanje pojedinačnih polifenolnih kiselina se vrši na različitim talasnim dužinama: galna na $\Lambda=271$ nm, derivati hidroksicimetne kiseline u intervalima $\Lambda=225-235$ nm i $\Lambda=290-330$ nm, derivati cimetine kiseline na $\Lambda=320$ nm i derivati benzojeve kiseline u intervalu $\Lambda=246-262$ nm (Torres i sar., 1987; Pussayanawin i Wetzel, 1987). Gasna hromatografija takođe zauzima značajno mesto u grupi visoko osetljivih metoda jer može da detektuje mikrogramske količine uzorka čak i u kompleksnim smešama. Na slici 10 su prikazani koraci koje treba uraditi prilikom određivanja polifenola i vrste metode koje se mogu primeniti (Stalikas, 2007).



Slika 10. Faze detekcije polifenola i izbor mogućih metoda

2.6. Efekat đubriva na sposobnost klijanja semena useva i korova

Kompeticija između biljaka na jednom staništu (npr. agroflocenoza) zavisi od energije klijanja semena i njegovoj dormantnosti, kao i od meteoroloških uslova (toplota i vlažnost), primenjenih agrotehničkih mera, od obrade zemljišta, ishrane biljaka, do mera nege i zaštite useva. Agroflocenoze su već navedene kao primer sredine u kojoj brojni faktori utiču na odnos između korova i useva, odnosno sredina koja izaziva stres jednoj ili drugoj vrsti. Primenom đubriva poboljšavaju se uslovi za porast i razviće gajenih biljaka sa ciljem da im se obezbedi prednost u odnosu na korovske vrste i postignu visoki prinosi. Međutim, neke korovske vrste su prirodno jači kompetitori i dodavanje đubriva pospešuje njihovu prednost. Prisustvo mikroorganizama olakšava dostupnost pojedinih biogenih elemenata za biljke (Syers i sar., 2008). Primena đubriva i rezistentnost korova na herbicide su dva faktora koja mogu negativno uticati na kompetitivnu sposobnost useva, posebno u sistemu organske proizvodnje (Heap, 2022). Neki biotički faktori (dormantnost i dugovečnost semena, sadržaj alelohemikalija) predstavljaju važan faktor za opstanak korovskih vrsta. Semena korovskih vrsta imaju bolju životnu sposobnost u poređenju sa semenima useva. Seme *Avena fatua* ima primarnu i sekundarnu dormantnost, ali su dugovečna u banci semena zemljišta (4-5 godina) (Šinžar i Vrbničanin, 2003). Istraživanja su pokazala da prisustvo semena pšenice ne ometa klijanje semena i razvoj klice *Avena fatua*. Međutim, uočen

je značajan inhibirajući efekat semena pšenice na klijanje semena vrsta *Kochia scoparia* i *Brassica napus* (Geddes i sar., 2015). Biljke *Abutilon theophrasti* u uslovima monokulture proizvode više semena i veći procenat dormantnih semena u poređenju sa uslovima gajenja u kompeticiji (sa biljkama kukuruza). Međutim, biljke kukuruza ne utiču na količinu semena po biljci *Abutilon theophrasti* ali smanjuje (30%) procenat dormantnih semena po biljci u poređenju sa uslovima monokulture (Nurse i DiTommaso, 2005). Sa druge strane kompetitivnost *Abutilon theophrasti* u odnosu na gajene biljke se prvenstveno bazira na sposobnosti maksimalnog iskorišćavanja svetlosti (Zanin i Sattin 1988; Begonia i sar., 1991). Brojna istraživanja su kao zaključak istakla štetnu ulogu primenjenih đubriva na sposobnost klijanja semena biljaka (Copeland i McDonald, 1995; Dornbos Jr., 1995; Toledo i sar., 2011). Posebno se štetan efekat na klijanje semena i porast klijanaca primećuje nakon primene sintetičkog đubtiva urea (Beaton, 1978). Ispoljavanje štetnog dejstva se dovodi u vezu sa prisutnim nečistoćama u đubrivu (biuret, cijanat koji nastaje izomerizacijom uree), pojavom visokih koncentracija amonijum jona (tokom hidrolize uree u zemljištu), amonijaka ili nitrata (zbog nitrifikacije uree od prisustva mikroorganizama) i slično (Willkinson i Ohlorgge, 1960; Court i sar., 1964). Takođe, istraživanja su pokazala štetan efekat azota iz svežeg ili kompostiranog đubriva na klijanje semena (Egle i Duke, 2018). Neke korovske vrste bolja usvajaju azot nego gajena biljka (Qasem, 1992; Hans i Johnson, 2002). Utvrđeno je da seme korova travnih vrsta može da prekine dormanciju u prisustvu amonijaka (Cairns i de Villiers, 1986) ali nije utvrđena korelacija između količine primenjenog azota i stimulacije klijanja semena. Međutim, generalno ispitivanja klijanja semena korova i useva (npr. kukuruza) su pokazala da najveće upotrebljene količine azota izazivaju najmanji procenat klijanja semena. Zaključak se objašnjava stresom koji se stvara zbog zaslanjivanja. Razvoj klijanaca kukuruza u tim uslovima je oštećen (od viška azota) zbog poremećaja aktivnosti i razvoja korenovog sistema (Hoeft i sar., 2000). Sa druge strane, veće količine azota (20 kg/ha) u takvim uslovima pogoduju razvoju korova. Neka istraživanja su pokazala da azot povećava brojnost biljaka *Avena fatua* po jedinici površine u odnosu na jedinke pšenice, dok veće količine fosfora imaju suprotan efekat (Taner i sar., 1993).

2.7. Efekat đubriva na biljne populacije

Za postizanje punog efekta primenjenih đubriva u agrofitocenoza neophodno je poznavati potrebe biljaka za pojedinim biogenim elementima, zatim njihove količine u zemljištu u lako pristupačnom obliku, kao i cilj proizvodnje. Pored toga, neophodno je znati kakav je uticaj svakog od biogenih elemenata u uslovima povećane i smanjene koncentracije u zemljišnom rastvoru. Na osnovu ovih činjenica i sastava korovske zajednice mogu se predvideti efekti upotrebljenih đubriva na gajene biljke i korove, kao i intenzitet njihove kompeticije prema usevu. U celini, najveći uticaj na životne funkcije biljaka imaju hraniva koja sadrže azot jer ovaj element učestvuje u brojnim fiziološkim procesima i da ulazi u sastav belančevina i amino kiselina. Nitratni oblik azota utiče na akumulaciju drugih biogenih elemenata u biljkama, na primer kalijuma, kalcijuma i magnezijuma. Neadekvatno izbalansirana količina azotnih đubriva često pogoduje intenzivnijem porastu korovskih vrsta. Kako ističu Agenbag i Villiers (1989.) i Di Tommaso (1995), obilnijom ishranom azotom u usevu će biti više korova. Prema dosadašnjim saznanjima biljkama (Becker-Dillingen, J., 1934) pšenice je za prinos od 100 kg zrna uz odgovarajući prinos vegetativne biomase potrebno 2-5,5 kg azota, 1,2-1,8 kg fosfora i 1,8-3,0 kg kalijuma. Korovske vrste, na primer *Chenopodium album* usvoji 7,6 kg azota i 1,6 kg fosfora (Balasubramanian i Palaniappan, 2004). Navedene činjenice potvrđuju i rezultati istraživanja koja su obavili Turk i sar. (2003), Blackshaw i Brandt (2008), Patel i sar. (2011) i El-Metwally i sar. (2011). Povećane količine NPK đubriva utiču na veću brojnost korova i prinos suve biomase. Takođe, vreme i način primene đubriva mogu uticati na brojnost korovskih populacija. Blackshaw i sar. (2004) ističu da se, nakon jesenje upotrebe azotnih đubriva u ozimim usevima povećava brojnost korova *Avena fatua*, *Setaria viridis*, *Brassica kaber*, u odnosu na prlečno prihranjivanje. Unošenjem fosfornih đubriva u zemljište smanjuje biomasu korova, dok folijarnom ishranom ovim elementom ona se povećava (Blackshaw i Molnar, 2009). Pored različitog efekta biogenih elemenata na biljke (useva i korova) važan regulator kompetitivnih odnosa su i njihove potrebe za pojedinim biogenim elementima. Istraživanja su pokazala da dodavanje azota pojačava kompetitivnu sposobnost *Avena fatua* (Ross i Van Aker, 2005; Callow i sar, 1999), smanjuje energiju klijanja semena *Abutilon theophrasti* (Sardi i Beres, 1996) i u uslovima zajedničkog rasta *Avena fatua* i pšenice ukupna dužina korenovog sistema pšenice se smanjuje sa 90 m (u monokulturi) na 48,6 m (Pavlychenko i Harrington, 1935).

Generalno se korovske biljke na osnovu potreba za azotom dele u dve grupe. Prvu grupu čine vrste (*Trifolium repens* i *Medicago falcate*, koje imaju male potrebe, a drugu *Hyosciamus niger*, *Solanum nigrum*, *Chenopodium* sp. i *Amaranthus* sp. koje imaju velike potrebe za azotom. U tabeli 4 su prikazane korovske vrste i pojedini usevi kojima je prisustvo određenih biogenih elemenata veoma bitno za njihov razvoj (Malizia i sar., 2012; Chandra i sar., 2017; Petrović, 2019).

Tabela 4. Biogeni elementi značajni za razviće useva i korova

Usev osetljiv na nedostatak	Biogeni element	Korovska vrsta kojoj pogoduje prisustvo
Pšenica, ječam	bakar	<i>Pennisetum purpureum</i> <i>Cynodon dactylon</i>
Krompir	mangan	<i>Urtica dioica</i>
Salata	azot	
Paradajz	fosfor	
Šećerna repa	kalcijum	
Duvan	magnezujum	
Kukuruz	sumpor	
Ovas, ječam	gvožđe	
Suncokret	bor	
Soja	cink	<i>Chenopodium album</i> <i>Cynodon dactylon</i>
Vinova loza	molibden	
		<i>Basella alba</i>
		<i>Saccharum munja</i> <i>Poa annua</i>
	hrom	<i>Polygonum aviculare</i>

Ispitivanja o efektu đubriva na unutrašnju građu biljaka nisu pokazala značajne promene u tkivu nakon njihove primene. Količine makro i mikroelemenata u đubrivima nisu značajne da bi uticale na građu mezofila, palisada, stoma itd.). Međutim, njihov uticaj se ogleda u intenzivnijem funkcionisanju fizioloških i biohemijskih procesa (fotosinteza, sinteza proteina i slično).

2.7.1. Korisni hranljivi elementi za biljke

Azot u biljkama pospešuje porast i razviće vegetativnih organa (biomase). U nedostatku azota najpre propadaju vršni delovi listova, zatim ivice i na kraju celi listovi. Pojavom hloroze smanjuje se broj i veličina stoma i ubrzava transport hranljivih supstanci iz starijih listova u mlađe. Zbog toga se promene na mlađim listovima uočavaju kasnije, iako i oni dobijaju bledo zelenu boju i zaostaju u porastu. Biljke lako usvajaju azot u obliku NO_3 i NH_4 . Posledice većih količina azota se vide kao bujanje biljaka, neujednačenom sazrevanju, slabijem kvalitetu ploda i smanjenjem tolerancije na patogene i stres izazvan sušom. Povećana koncentracija nitrata oblika azota ima negativne posledice na životnu sredinu, jer se štetni nitriti pojavljuju u zemljištu i podzemnim vodama. Negativan uticaj nitrita na zdravlje ljudi i domaćih životinja koje se hrane krmnim biljkama ogleda se u povećanoj akumulaciji, kako u stočnoj hrani, tako i u povrću, na primer u rotkvi, spanaću, cvekli, salati. Stoga su u nekim državama zakonskim propisima regulisane dozvoljene količine azotnih soli (nitrita i nitrata) u prehrambenim proizvodima. U svežem povrću 400 mg/kg, a u dečjoj hrani 250 mg/kg.

Fosfor je, po važnosti, drugi element u ishrani biljaka. Njegova uloga u biljkama se vezuje za važne biološke/fiziološke procese (disanje, sintezu sekundarnih metabolita, fotosintezu) i građu ćelijskih membrana (u fosfolipidima) i nukleinskih kiselina. Najveće količine fosfora (85-95%) su u vakuolama (Pratt i sar., 2009). Međutim, praktična primena đubriva retko podrazumeva praćenje stvarnih potreba biljaka u pogledu fosfora. U zemljištu je fosfor slabo mobilan i prisutan u malim količinama. Stoga se mora voditi računa da u obradivom sloju zemljištu bude prisutan u lako rastvorljivom obliku i u optimalnim količinama za biljke. Rezultati istraživanja, koje navode Shen i sar. (2011) pokazali su da se redovnom upotrebom fosfornih đubriva količina fosfora na poljoprivredni zemljištima Kine povećala sa 1,18 Mt na 4,80 Mt u periodu istraživanja od 1985. do 2005. godine. Značajan unos fosfora u lanac kruženja u prirodi beleži se i putem ishrane domaćih životinja (3,7x uvećana od 1985-2005). Međutim, analize količina fosfora unete ishranom životinja i vraćene u zemljište stajnjakom ipak su bile manje za 1,57 Mt (smanjenje sa 78% na 41%). Ova razlika je pokazala da se određene količine fosfora izgube najverovatnije prelaskom u sekundarne i tercijalne fosfate sa površinskim vodama dospevaju u dublje slojeve povećavajući mogućnost kontaminacije životne sredine.

Biljke lako usvajaju fosforu u obliku H_2PO_4^- i HPO_4^{2-} (Shen i sar., 2011). Promene usled nedostatka fosfora se prvo uočavaju na starijem lišću (ljubičasta nijansa), a mlađi listovi u funkciji vremena poprimaju zeleno-sivu boju. Ljubičasta nijansa se ponekad može videti na stablu i peteljka listova. Višak fosfora remeti usvajanje drugih biogenih elemenata (cinka, gvožđa, kalcijuma i mangana) i izaziva pojavu simptoma nedostatka kalcijuma.

Kalijum je takođe važan biogeni element u tkivu biljaka. Optimalne količine kalijuma povećavaju tolerantnost biljaka u uslovima stresa izazvanog sušom, zatim povećanim salinitetom zemljišta, utiču na čvrstinu stabla i štite ih od sunčeve radijacije. Vizuelni simptomi su uočavaju na najstarijim listovima koji imaju uveli izgled i žutu boju duž ivica koje se savijaju se na dole. Žuta boja vremenom prelazi u nekrotičnu i širi se prema osnovi lista između nerava, dok oni ostaju zeleni. U celini list dobija naboranu strukturu. Biljke usporeno rastu pa su vršni listovi dosta manji u poređenju sa donjim. Promene se dešavaju i u unutrašnjem tkivu, stvara se manji broj tilakoida u hloroplastima i menja građa nekih organela (npr. mitohondrija, kako ističu Kastori i sar. (2013). Suprotno nedostatku, simptomi viška kalijuma su retki jer biljke mogu da ga akumuliraju u većim količinama bez štetnih posledica. Međutim, višak kalijuma je retka pojava, kako u biljakama, tako i u zemljištu, jer se on dobro vezuje za njegove čestice i ne dolazi do akumulacije štetnih koncentracija za biljke (Kastori i sar., 2013).

Kalcijum i njegove potrebe u ishrani biljaka trebalo bi pažljivo analizirati. Joni kalcijuma igraju važnu ulogu u sintezi biljnih ćelija prilikom stvaranja deobnog vretena, zatim u funkciji ćelijskih membrana, u komunikaciji ćelije sa okruženjem i tako dalje. Prvi simptomi nedostatka kalcijuma uočavaju se na mladim listovima i drugim organima u vidu nekroze. Mladi listovi duž ivica dobijaju smeđu i žutu boju na pojedinim delovima, dok izostaje formiranje cvetova. U uslovima kratkotrajnog nedostatka uočavaju se promene na vrhovima listova (hloroza) i nekroza između nerava, a u toku dužeg trajanja vremena listovi postepeno potpuno odumiru. Suprotno jasnim promenama usled nedostatka, višak kalcijuma izaziva simptome koji odgovaraju nedostatku kalijuma (ili magnezijuma).

Uloga **magnezijuma** se ogleda u normalnoj aktivnosti enzima u važnim fiziološkim procesima, kao što su disanje, fotosinteza, sinteza molekula RNK i DNK, kao i u građi hloroplasta. Prvi simptomi nedostatka magnezijuma su pojava hlorotičnih polja na najstarijim listovima. Znaci hloroze su žuta boja, koja se pojavljuje između nerava pri osnovi lista, dok nervi i ivice liske ostaju zeleni. Suprotno jasnim promenama usled nedostatka, višak magnezijuma izaziva simptome koji odgovaraju nedostatku kalcijuma i/ili kalijuma.

Prisustvo i važnost optimalnih količina **sumpora** u biljkama vezano je za građu aminokiselina cisteina i metionina, zatim acetil koenzim A i vitamina B₁. Nedostatak sumpora se manifestuje kao hloroza na listovima cele biljke pri čemu nervi ostaju zeleni. Ponekad se sa naličja listova mogu uočiti ljubičaste pege. Količine sumpora veće od optimalnih mogu uticati na suviše rano starenje i sazrevanje listova. Pri tome oni zauzimaju uspravan položaj ili se uvijaju i postaju krti.

Gvožđe pripada grupi važnih biogenih elemenata jer učestvuje u biosintezi hlorofila, kao i u procesima fotosinteze i disanja. Njegova uloga se ogleda u redukciji štetnih jedinjenja nitrata i sulfata i olakšanom procesu usvajanja elementarnog azota. U nedostatku gvožđa listovi postaju svetliji i uočava se hloroza između nerava počevši od osnove lista. Nedostatak tokom dužeg perioda izaziva prelazak žute boje tkiva u belu i pojavu nekroze na glavnim lisnim nervima i drškama.

Bakar, odnosno njegova uloga u biljkama se vezuje za građu proteina i enzima koji regulišu oksido-redukционе procese, metabolizam ugljenih hidrata i mehanizam otpornosti na niske temperature i mrazeve. U nedostatku bakra mladi listovi biljke gube turgor, menjajući boju u žutu. Lisne peteljke se na dole, a liske na gore. U uslovima izraženog deficita javlja se nekroza i belosivi sjaj na mladim listovima. Prekomerne koncentracije bakra sprečavaju akumulaciju gvožđa i porast biljke.

Molibden biljkama olakšava vezivanje azota iz vazduha i transport gvožđa. Kao važan deo hloroplasta predstavlja jedan od bitnijih faktora za normalno funkcionisanje fotosinteze. Takođe, njegovo prisustvo je bitno za redukciju nitrata. U uslovima deficita na listovima se pojavljuje

hloroza između nerava, a lisna ploča formira kupasti oblik. Molibden se retko ili nikada **ne** može javiti u količinama štetnim za biljke (jer ga u zemljištu ima jako malo).

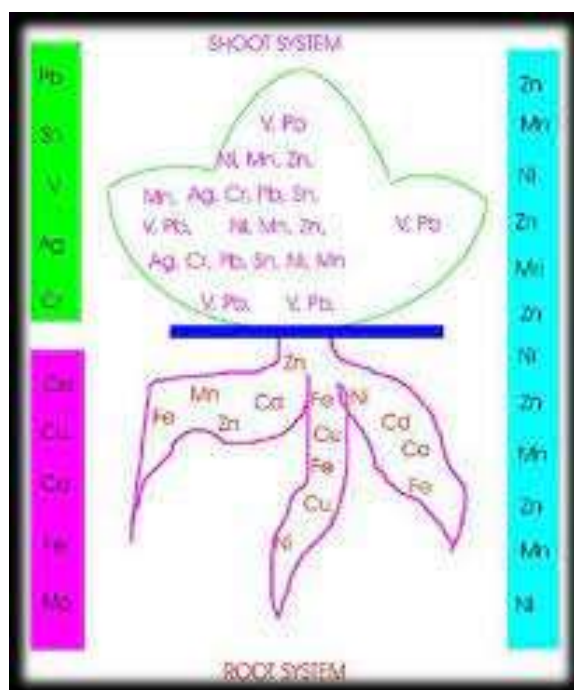
Mikroelement **bor** u biljnim tkivima ima važnu ulogu u generativnim fenofazama, jer potpomaže formiranje polena, kao i u fazi oplodnje cvetova. Nedostatak utiče na rast polenove cevčice i slabije klijanje polena. Pored toga, bor ima važnu ulogu u tačkama rasta biljaka tako da se prvi simptomi nedovoljne ishrane biljaka zapažaju pojavom nekroze na vrhovima izdanka i korenova. Dugotrajni deficit usporava porast biljke, otežano cvetanje i plodonošenje (plodovi se deformišu) i usporavanje transporta ugljenih hidrata. Bor u velikim koncentracijama izaziva sušenje i nekrozu vršnih delova sa meristemskim tkivom, a kasnije i celih biljaka.

Optimalne količine **cinka** u biljkama obezbeđuju adekvatno formiranje hormona auksina, sintezu proteina i nukleinskih kiselina, fotosintezu i dr. Biljke nedostak cinka mogu zameniti sa drugim elementom, na primer manganom, kalcijumom, pa čak i olovom. Međutim, u uslovima većeg deficita javlja se izbeljivanje listova. Biljke sporije rastu, internodije postaju kraće, a lisne peteljke poprimaju rozetasti izgled. Nekrotične promene se prvo uočavaju na srednjim listovima. U većim koncentracijama cink ometa usvajanje gvožđa.

2.7.2. Štetni elementi za biljke, životinje i čoveka

U prirodi se, pored biogenih, nalaze i drugi hemijski elementi koje biljke mogu usvajati iz zemljišnog rastvora, ali njihovim prisustvom u vegetativnim i generativnim organima imaju više štete nego koristi. To su elementi nikl, olovo, hrom, kadmijum, astat, živa, kobalt, mangan, aluminijum, bakar i cink, koji pripadaju grupi teških metala. Oni su definisani kao zagađivači životne sredine jer veće količine ovih elemenata akumulisanih u biljnom tkivu dospevaju u proizvode za ishranu čoveka i životinja. Uzimanjem dekontaminirane hrane mogu dospeti u telo čoveka i životinja. Protekom vremena u organima ljudi i domaćih životinja, kao i plemenite divljači izazivaju pojavu teških oboljenja. Za nabrojane elemente pravilnicima su definisane granice za njihovo prisustvo u hrani, vodi, zemljištu i vazduhu. U cilju smanjenja mogućnosti da korenovi gajenih biljaka dođu u kontakt sa ovim elementima, trebali bi izbegavati nekvalitetna sintetička mineralna đubriva u kojima se nalaze neki od navedenih. Na slici 11 prikazani su

raspored hemijskih elemenata (korisnih i manje korisnih) u biljnom tkivu i moguća mesta njihove akumulacije.



Slika 11. Hemijski elementi u stablu i korenu biljaka (preuzeto sa www.ucg.ac.me)

Teški metali u biljkama mogu izazvati problem u građi tkiva i normalnom funkcionisanju fizioloških i biohemijskih procesa. Promene se mogu primetiti u strukturi karboksilnih kiselina, u kojima štetni slobodni radikali mogu da istisnu korisne biogene elemente. Prisustvo teških metala u biljnim tkivima remeti semipermeabilnost ćelijskih membrane i transport elektrona, apsorpciju vode i sintezu proteina (Jaishankar i sar., 2014). Biljke se različitim mehanizmima bore protiv štetnog efekta visokih koncentracija teških metala, na primer vezivanjem metala za ćelijski zid ili supstance koje izlučuje putem korena, stvaranjem helata, selektivnom propustljivošću membrane, sekvencijom metala u vakuolama, simbiozom sa gljivama koje apsorbuju metale u hifama i na druge načine (Yu i sar., 2019). Međutim, iako ovi mehanizmi akumulacije delom štite biljku od negativnog uticaja teških metala, prehrambeni biljni proizvodi predstavljaju izvor štetnih metala za čoveka i životinje. Prema osetljivosti na prisustvo teških metala biljke možemo podeliti u sledeće kategorije: osetljive, rezistentne i hiperakumulatori (tolerantne i hipertolerantne). U svrhu procene zagađenosti životne sredine na osnovu prisustva pojedinih biljaka one se dele na biljke akumulatori i biljke indikatori. Kako navodi Boyd (2007)

hiperakumulatori u svom tkivu mogu da akumuliraju količine koje su i do 100 puta veće od količina normalno prisutnih u tkivu. Merenja su pokazala da ove biljke mogu akumulirati nikl, hrom, bakar, aluminijum i olovo do 0,1% svoje suve mase, a kadmijum i selen do 0,01% suve mase (Boyd, 2007; Begum i Gurijala, 2015).

Fahr i sar. (2013) ističu da biljke lako usvajaju organski oblik olova i talože ga u korenovom sistemu. Velika koncentracija ovog metala usporava porast korenovog sistema, zatim listova i, na kraju i proces fotosinteze. Unošenjem olova u organizam čoveka (hronično izlaganje) oštećuje se centralni nervni sistem, organi za varenje i izazivaju promene na srcu i kostima (Vukadinović i Lončarić, 1998).

Agencija za zaštitu životne sredine Amerike je metal **kadmijum** definisala kao jedan od 126 najvećih zagađivača životne sredine. Toksičnost u biljkama se vezuje za njegov afinitet prema SH (tiol grupi) grupi u proteinima i poremećaju u metabolizmu gvožđa (pojava hloroze). U čoveku i životinjama negativan efekata se ispoljava tokom akumulativnog izlaganja i utiče na oštećenje nervnog sistema, zatim kostiju i respiratornih organa (Bernard, 2008). Najčešći izvor kadmijuma u zemljištu su mineralna đubriva (Bigalke i sar., 2017; Quaswar i sar., 2017). Posebno se negativan efekat kadmijuma se ispoljava zbog njegovog vezivanja za makro i mikroelemente (kalcijum, gvožđe, bakar i cink) koji su biljkama potrebni (Xu i sar., 2017).

Hrom u agrofitocenozi najčešće dospeva upotrebom fosfornih đubriva. Njegova uloga u biljkama nije sasvim razjašnjena (Ferranti i sar., 2016). Međutim, problemi koje on izaziva u većim koncentracijama mogu biti značajni: promene ultrastrukture hloroplasta i ćelijskih membrana. Ali i sar. (2015); Farooq i sar. (2016) i Ferranti i sar. (2016) naglašavaju da su negativne posledice su često vidljive, a to su hloroza listova i oštećenja korenovog sistema (otežano usvajanje vode i biljnih asimilativa, posebno je otežan metabolizam azota). Postoje i mišljenja da se upotrebom mineralnih hraniva nikada ne može dostići nivo hroma koji bi bio toksičan za biljke (Adriano, 1986; McGrath, 1995). Nasuprot ovim tvrdnjama, Zhang i sar. (2010) i Ali i sar. (2015.) su evidentirali oštećenja u biljkama pšenice nakon primene đubriva koja sadrže hrom (peroksidacija ćelijskih membrane, uvećanje sadržaja malondialdehida). Pored unošenja kontaminirane hrane, za čoveka izvor toksičnog hroma za čoveka može biti u pijaćoj

vodi i u zemljištu. I pored toga, hrom je u organizmu čoveka koristan, kao mikroelement jer reguliše rad insulina, odnosno sprečava pojavu dijabetesa i zbog toga se mora voditi računa.

Toksičan nivo **nikla** za biljke su koncentracije 10-50 ppm. U biljkama reguliše usvajanje gvožđa, aktivnost ureaze i proces klijanja semena (Vukadinović i Lončarić, 1998), dok neki istraživači smatraju da uloga nikla u biljkama nije sasvim razjašnjena (Mengel i Kirkby, 1982). Međutim, posledice visokih koncentracija su veoma jasne i manifestuju se u pretankom porasta korenova, listovi dobijaju žutu boju sa nekrozom između nerava (Uren, 1992). Istraživanja su pokazala da godišnje u zemljište dospeva od 106 do 544×10^3 tona nikla (Nriagu i Pacyna, 1988). Izvori nikla u prirodi su atmosfera i otpadni mulj, ali i poljoprivredni materijal. Nikl se često nalazi u sastavu fosfornih đubriva zajedno sa hromom (u proseku 30 mg/kg, a obogaćena đubriva i do 1.000 mg/kg) (Boyle i sar., 1988). U slučaju hroničnog izlaganja niklu kod ljudi može doći do oštećenja pluća, bubrega i pojave karcinoma.

Elementarna **živa** je pet puta otrovnija od olova, a metil-živa 50 puta od elementarne žive.

3.0. MATERIJAL I METODE

Ogledi su urađeni tokom 2019-2021. godine u laboratorijama Fakulteta „Futura“ i Instituta za zaštitu bilja i životnu sredinu.

3.1. Biljni materijal

Test biljke su bile samonikli ovas (*Avena fatua* - AV), abutilon (*Abutilon theophrasti* - AB), pšenica (PŠ) i kukuruz (KK) koje su gajene u kontrolisanim uslovima (fotoperiod 12^h/12^h). Prosečna dnevna temperatura vazduha bila je 25°C dan i 22°C noć. U saksije zapremine 1litar stavljano je po 6 semena svake vrste u različitim kombinacijama. Saksije sa semenom jedne vrste simuliraju gajenje u monokulturi (čistom usevu) (AV, AB, PŠ i KK), a saksije sa po 6 semena različitih vrsta (KK vs AB, KK vs AV, AB vs AV, PŠ vs AV, PŠ vs AB) simuliraju gajenje u uz ispoljavanje konkurentnosti (smeši). Biljke su zalivane po potrebi. Seme korovskih vrsta je skuljeno na poljima, a gajenih vrsta je kupljeno. Setva biljaka je izvedena u zemljištu sertifikovanom za gajenje rasada Floragard TKS 1. Tretiranje biljaka različitim đubrivima je urađeno 25 dana nakon nicanja.

3.2. Korišćena đubriva

Cilj istraživanja je bio da se ispita efekat đubriva na sadržaj polifenola i kvalitet zemljišta. Zbog toga su korišćena folijarna organsko F1 i sintetička: F2 i F3 đubriva. F1 je primenjen u količini 15 µl/100 ml vode (30 ml/ha preporučena količina), F2 i F3 u količini 1,5 ml/100 ml vode (3 l/ha preporučena količina). Primena đubriva je obavljena ručnom prskalicom zapremine 500 ml. Nakon tretiranja saksije su vraćene u kontrilsane uslove (fitotron) do uzimanja uzoraka.

F1

Organsko đubrivo dobijeno iz lekovite biljke *Echinacea purpurea*. Ono predstavlja smešu hidroksi kiselina (hlorogena, kafena i cihorična kiselina) i pomaže biljkama da prevaziđu stanje stresa izazvano sušom, UV zračenjem, primenom pesticida itd. Pored toga ono olakšava

ukorenjavanje biljaka, zatim poboljšava procese klijanja, oplodnje i cvetanja biljaka i podstiče sintezu polifenola, šećera i ulja u biljkama. Takođe, olakšava biljkama da se bore protiv patogena i insekata.

F2

Osnovni sastav đubriva su 2% aminokiseline (alanin, serin, izoleucin, histidin itd.), 2% organski ugljenik, vitamini, 1,7% azota i mikroelementi u obliku helatnog kompleksa (gvožđe, magnezijum, cink, kalcijum, molibden itd.). Ono povećava produktivnost gajenih biljaka, pojačava grananje i stvaranje izdanaka biljaka, poboljšava apsorpciju hranljivih elemenata itd.

F3

Neorgansko NPK đubrivo koje sadrži izbalansiran sadržaj makro i mikroelemenata u helatnom obliku (bakar, gvožđe, cink, molibden itd.) olakšava formiranje vegetativnih i generativnih organa biljaka. Ovo NPK đubrivo sadrži i sekundarni element kalcijum (Ca) koji pomaže biljkama da prevaziđu stanje stresa.

3.3. Korišćene hemikalije i aparatura

Hemikalije

Pored pomenutih organskih i sintetičkih đubriva, u radu su korišćene i sledeće hemikalije:

Tečni azot (Mesar);

Voda HPLC čistoće (Sigma Aldrich, St. Louis, SAD);

Metanol, HPLC čistoće $\geq 99,9\%$ (Sigma-Aldrich St. Louis, SAD);

Natrijum-karbonat, (Lach-Ner, Neratovice, Republika Češka);

Galna kiselina 97,5% (Sigma-Aldrich St.Louis, SAD);

Folin-Čokalteov reagens (na engl. *Folin-Ciocalteu*) (Reagecon, Irska);

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) (Sigma Aldrich, St. Louis, SAD);

TROLOX (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilhroman-2-karboksilna kiselina), 97% (Sigma Aldrich, St. Louis, SAD);

Trans-cimetna kiselina 97% (Sigma-Aldrich St.Louis, SAD);

P-kumarna kiselina $\geq 98\%$ (Sigma Aldrich, St.Louis, SAD);

Hlorogena kiselina 99,5% (Chromadex, SAD);

Ferulna kiselina 99% (Sigma-Aldrich St.Louis, SAD);

Mravlja kiselina 98% (Lach-Ner, Neratovice, Republika Češka);

Hlorovodonična kiselina p.a., min 35% (Lach-Ner, Neratovice, Republika Češka);

Aparatura:

UV/Vis spektrofotometar UV-2100 (Shimadzu, Japan);

pH-metar, 340i (WTW, Nemačka);

Tečni hromatograf Nexera XR (Shimadzu, Japan);

Analitička vaga AE-240 (Mettler, Švajcarska);

Vodeno kupatilo (HHS-1RM Kina);

Sušnica IP 20 (BINDER Nemačka);

Ultrazvučno kupatilo (ASonic Pro 4P, Srbija);

Vortex MX-S (Amtast, SAD);

Avio 200, ICP-OES (Perkin Elmer, SAD).

3.4.Metode rada

Biljni materijal je za sve analize uzorkovan 20 dana nakon primene đubriva.

3.4.1. Ekstrakcija polifenola iz biljnog materijala i zemljišta

Nakon uzorkovanja odmereno je po 3 grama svežeg biljnog materijala i usitnjeno u avanu pomoću tečnog azota. Uzorci zemljišta u kom su biljke gajene odmereni su na količinu od 2,5 g. Ekstrakcija je izvršena sa po 10 ml 70% metanola u ultrazvučnom kupatilu (ASonic Pro 4P, 40 kHz) (2x po 30 min sa pauzom od 15 minuta). Nakon ekstrakcije uzorci su profiltrirani kroz

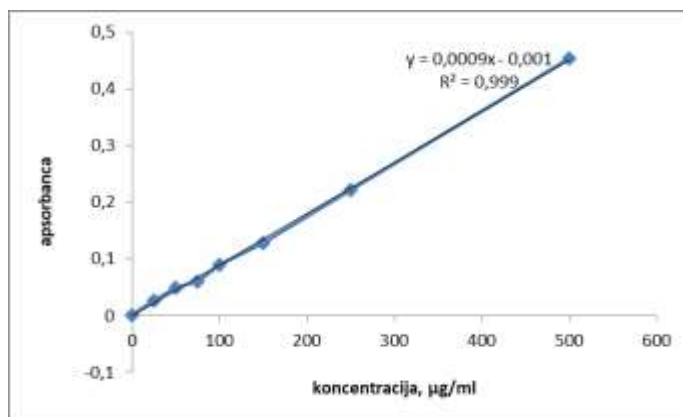
PTFE filter od 45 μm i čuvani u zamrzivaču do analize. Iz ovako dobijenih ekstrakata biljnog materijala određen je sadržaj tri (četiri) polifenolne kiseline, sadržaj ukupnih fenola i antioksidativna aktivnost, a iz ekstrakata uzoraka zemlje sadržaj ukupnih fenola i antioksidativna aktivnost.

3.4.2. Razaranje zemlje za određivanje sadržaja teških metala

Za određivanje sadržaja teških metala, odmereno je po 1 gram usitnjene i prosejane zemlje u kojoj su gajene biljne vrste, kako pojedinačne, tako i njihove kombinacije. Razaranje je izvršeno koncentrovanom azotnom kiselinom (20 ml) u trajanju od 1čas, na temperaturi od 80°C. Zatim je dodato 5 ml vodonik-peroksida, nastavljeno zagrevanje 30 minuta na 60-70°C, pa 5 ml hlorovodonične kiseline i nastavljeno sa zagrevanjem još 1 čas. Nakon hlađenja, uzorci su dopunjeni destilovanom vodom do 100 ml i profiltrirani. Iz ovako dobijenih rastvora određen je sadržaj teških metala prema proizvođačkoj metodi Meeting the Challenges of Soil Analysis with the Avio 200 ICP-OES (Author: Nick Spivey PerkinElmer, Inc. Shelton, CT).

3.4.3. Određivanje sadržaja ukupnih fenola u biljnom materijalu i zemljištu

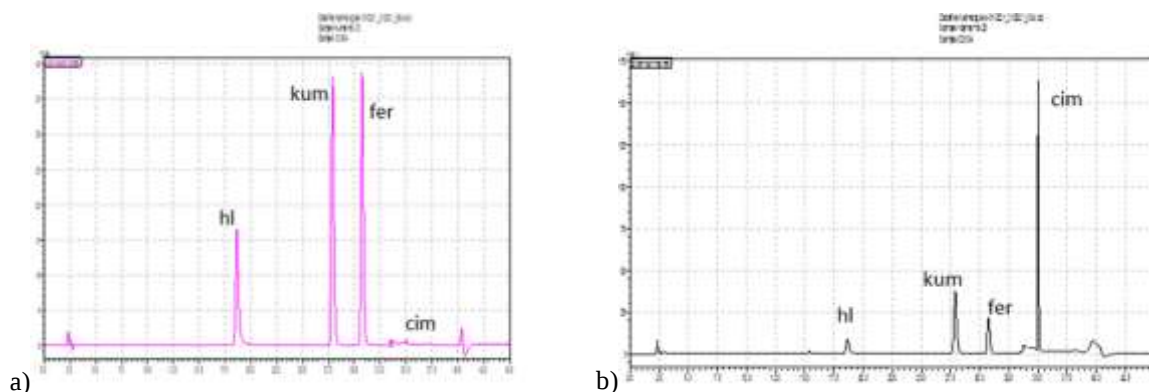
Sadržaj ukupnih fenola je određivan spektrofotometrijski prema modifikovanoj metodi Folin-Ciocalteu (Singleton i sar., 1999). 50 μl biljnog ekstrakta (vidi 3.4.1), pomešano je sa 250 μl Folinovog reagensa (pripremljenogu u odnosu 1:1 sa destilovanom vodom), 750 μl 20% Na_2CO_3 i 3 ml vode. Sadržaj je posle mešanja ostavljen na sobnoj temperaturi 8 min. Nakon toga u uzorke je dodato po 950 μl vode i ostavljeni su u mraku 2 časa. Standardna kriva je definisana preko galne kiseline u opsegu koncentracija 0-500 $\mu\text{g/ml}$ (Grafik 1). Napravljen je standard galne kiseline u 70% metanolu koncentracije 1 mg/ml i daljim razblaživanjem dobijene su koncentracije 25, 50, 75, 100, 150, 250 i 500 $\mu\text{g/ml}$. Po završenoj inkubaciji uzoraka očitavanje sadržaja ukupnih fenola je obavljeno spektrofotometrijski na $\lambda=765\text{ nm}$ (UV/Vis spektrofotometar UV-2100, Shimadzu, Japan). Sadržaj ukupnih fenola je preračunat kao miligram ekvivalent galne kiseline po gramu suve supstance.



Grafik 1. Kalibraciona kriva galne kiseline

3.4.4. Određivanje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u biljnom materijalu i zemljištu

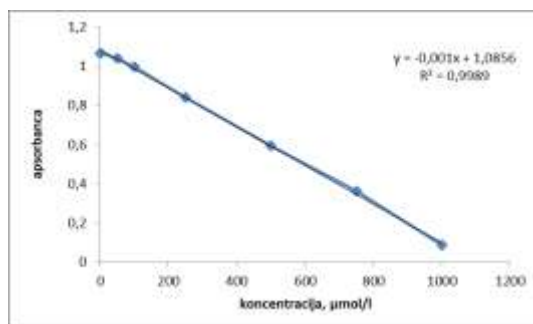
Sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina je određivan metodom tečne hromatografije visokih performansi (HPLC), prema metodi (Robbins, 2003). Postupak pripreme uzoraka za analizu je opisan u delu 3.4.1. Režim eluiranja je prilagođen dužini kolone. Korišćena je kolona Zorbax SB C18 4,6×250 mm, prečnika pora 5 µm, termostatisana na 25°C. Protok mobilne faze je podešen na 1 ml/min, a količina injektiranog uzorka je iznosila 10 µl. Injektiranje je vršeno automatski, korišćenjem autosampler-a. Pripremljen je mešani rastvor hlorogene, *p*-kumarne, ferulne, i *trans*-cimetne kiseline koncentracije 1 mg/ml u 70% metanolu i od njega su pravljena razblaženja u mobilnoj fazi u odnosu 1:1. Kalibracione krive polifenolnih kiselina konstruisane su u opsegu 25-250 µg/ml. Praćenje sadržaja polifenolnih kiselina vršeno je na dve talasne dužine, 280 nm (cimetna) i 325 nm (hlorogena, kumarna i ferulna) (Grafik 2). Koncentracija pojedinačnih polifenolnih kiselina u uzorcima izračunata je korišćenjem softvera LabSolutions, Shimadzu i izražena u µg/g s.m.



Grafik 2. Hromatogram četiri polifenolne kiseline koncentracije 25 µg/ml na talasnoj dužini: a) $\lambda=325$ i b) $\lambda=280$ nm (hl=hlorigena, kum=kumarna, fer=ferulna, cim=cimetna).

3.4.5. Određivanje antioksidativne aktivnosti polifenola u biljnom materijalu

Antioksidativna aktivnost polifenola određena je DPPH metodom (Brand-Williams i sar., 1995; Gil i sar., 2002). Od pripremljenih uzoraka (vidi 3.4.1.) napravljeno je razblaženje 10x. Od razblaženog uzorka otpipetirano je po 200 µl i u njega dodato 3,8 ml 0,1 mM DPPH reagensa. Reagens je napravljen tako što je izmereno 0,0039 g DPPH u 100 ml vode i stavljeno u ultrazvučno kupatilo pola časa. Uzorci sa reagensom su inkubirani u uslovima mraka na sobnoj temperaturi pola časa. Očitavanje antioksidativne aktivnosti je urađeno na spektrofotometru UV-2100 (Shimadzu, Japan) na talasnoj dužini od $\lambda=517$ nm i izraženo kao µmol TE/g s.m. Standardna kriva je napravljena od rastvora TROLOX-a u intervalu koncentracija 0-1000 µmol/l (Grafik 3). Osnovni rastvor TROLOX-a koncentracije 1 mmol/l je napravljen u 70% metanolu i od njega su pravljena razblaženja različitih koncentracija (0, 50, 100, 250, 500 i 750 µmol/l).



Grafik 3. Kalibraciona kriva TROLOX reagensa u koncentracionom opsegu 0-1000 µmol/l.

3.4.6. Određivanje sadržaja mikroelemenata i teških metala u zemljištu

Sadržaj teških metala u ekstraktima zemlje (vidi 3.4.2.) određen je metodom ICP-OES. Pripremljen je mešani standard teških metala i mikroelemenata koncentracije 50 mg/kg, a zatim su adekvatnim razblaženjima napravljeni radni rastvori u opsegu koncentracija od 0.05 mg/kg do 2 mg/kg i konstruisane kalibracione krive, na talasnim dužinama optimalnim za svaki element. Sadržaj teških metala i mikroelemenata u uzorcima zemlje izražen je u u mg/kg zemlje.

3.5. Analiza energije klijanja semena nakon primene đubriva

Klijanje semena u rastvoru u Petri posudama je metoda za brzi skrining efekta različitih rastvora na proces klijanja i praćenje rezistentnosti korova na herbicide. Testiran je efekat sintetičkih (F2 i F3) i organskog (F1) đubriva na proces klijanja semena vrsta: abutilona, samoniklog ovsa, kukuruza i pšenice. U Petri posude je postavljeno po trideset (30) semena svake vrste u tri ponavljanja. Koncentracije đubriva (F1 0,75µl/5 ml vode; F2 i F3 75µl/5 ml vode) su preračunate na osnovu preporučene količine za primenu na otvorenom polju (F1 30 ml/200 L vode; F2 i F3 3L/200 L vode). Pojava klica je praćena svaki drugi dan od postavljanja u rastvor u intervalu od osam dana. Efekat na proces klijanja je prikazan kao procenat klijavosti semena u odnosu na kontrolu (rastvor vode).

3.6. Statistička analiza

Svi dobijeni rezultati su poređeni analizom varijanse (LSD test) i t-testom nezavisnih uzoraka.

4.0. Rezultati

4.1. Polifenoli i antioksidativna aktivnost

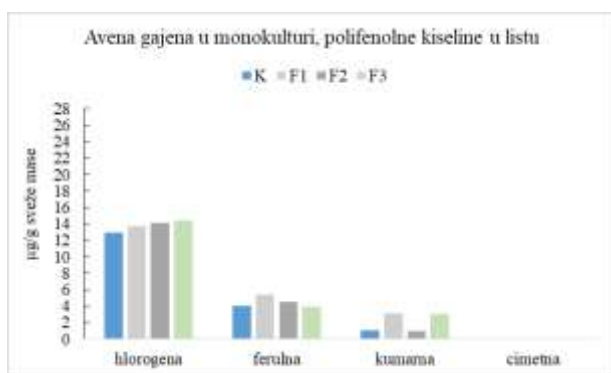
4.1.1. Efekat đubriva na sadržaj polifenolnih kiselina kod *Avena fatua* gajene u monokulturi i sa biljkama pšenice

Na graficima 4 i 5 prikazan je sadržaj polifenolnih kiselina i njihov odnos u listovima *Avena fatua* nakon primene različitih đubriva. Može se konstatovati da nije detektovan sadržaj cimetine kiseline u svim testiranim uzorcima (Grafik 4 i 5).

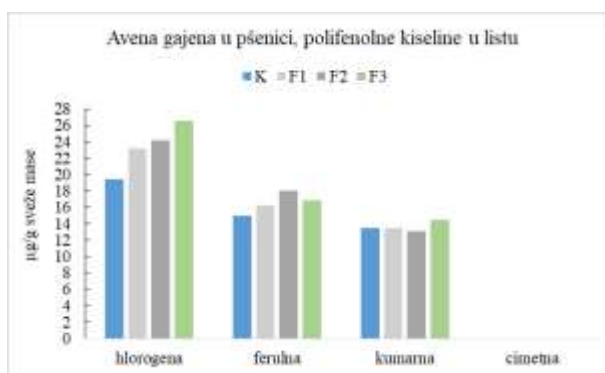
Veći sadržaj hlorogene kiseline u odnosu na kontrolu u uslovima monokulture i gajenja sa biljkama pšenice je bio veći u uzorcima nakon primene sva tri đubriva u odnosu na kontrolu (Grafik 4 i 5).

Sva tri primenjena đubriva u oba sistema gajenja su uticala na pojavu većeg sadržaja ferulne kiseline u odnosu na netretirane uzorke (kontrolu) (Grafik 4 i 5).

Efekat uvećanja sadržaja kumarne kiseline, u uslovima monokulture, imala su đubriva F1 i F3, dok je sadržaj u uzorcima tretiranim đubrivom F2 bio kao u kontrolnim uzorcima (Grafik 4). Sadržaj kumarne kiseline, u uzorcima biljaka koje su gajene sa biljkama pšenice, je bio veći samo nakon primene đubriva F3 (Grafik 5).



Grafik 4. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima *Avena fatua* gajene u monokulturi nakon primene đubriva



Grafik 5. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima *Avena fatua* gajene sa pšenicom nakon primene đubriva

Statistička analiza dobijenih rezultata za sve detektovane količine pojedinačnih polifenolnih kiselina je pokazala da razlike nisu bile statistički značajne u odnosu na količine detektovane u kontrolnim uzorcima u uslovima gajenja *Avena fatua* u monokulturi (Tabela 5).

Tabela 5. Prosečne vrednosti sadržaja polifenolnih kiselina ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) u listovima *Avena fatua* nakon primene đubriva, gajenih u monokulturi i statistička analiza (LSD test)

<i>Avena fatua</i> - monokultura								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	12.92	ns	4.00	ns	1.01	ns	0	-
	13.70		5.45		3.15		0	
K/F2	12.92	ns	4.00	ns	1.01	ns	0	-
	14.17		4.50		0.98		0	
K/F3	12.92	ns	4.00	ns	1.01	ns	0	-
	14.43		3.88		3.08		0	
F1/F2	13.70	ns	5.45	ns	3.15	ns	0	-
	14.17		4.50		0.98		0	
F1/F3	13.70	ns	5.45	ns	3.15	ns	0	-
	14.43		3.88		3.08		0	
F2/F3	14.17	ns	4.50	ns	0.98	ns	0	-
	14.43		3.88		3.08		0	
SD	1.403		0.979		1.521		0	
sredina	13.81		4.46		2.06		0	

Sd-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne

Statistička analiza izmerenih vrednosti količina polifenolnih kiselina u biljakama gajenim u uslovima kompeticije (*Avena fatua* vs. pšenica, Tabela 6) je pokazala da razlike nisu bile statistički značajne u odnosu na kontrolu (osim za sadržaj hlorogene kiseline nakon primene đubriva F3 i za sadržaj kumarne kiseline između uzoraka tretiranih sa F2 i F3, Tabela 6).

Tabela 6. Prosečne vrednosti i statistička analiza (LSD test) sadržaja polifenolnih kiselina ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) u listovima *Avena fatua* nakon primene đubriva gajene sa biljkama pšenice

<i>Avena fatua</i> – gajena sa pšenicom								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	19.40	ns	14.96	ns	13.44	ns	0	-
	23.19		16.25		15.97		0	
K/F2	19.40	ns	14.96	ns	13.44	ns	0	-
	24.16		17.99		13.08		0	

K/F3	$\frac{19.40}{26.55}$	0.038*	$\frac{14.96}{16.85}$	ns	$\frac{13.44}{14.42}$	0.043*	$\frac{0}{0}$	-
F1/F2	$\frac{23.19}{24.16}$	ns	$\frac{16.25}{17.99}$	ns	$\frac{15.97}{13.08}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
F1/F3	$\frac{23.19}{26.55}$	ns	$\frac{16.25}{16.85}$	ns	$\frac{15.97}{14.42}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
F2/F3	$\frac{24.16}{26.55}$	ns	$\frac{17.99}{16.85}$	ns	$\frac{13.08}{14.42}$	0.036*	$\frac{0}{0}$	-
SD	4.024		2.851		0.601		0	
sredina	23.33		16.52		13.71		0	

Sd-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

Poređenje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u uslovima monokulture i u uslovima gajenja *Avena fatua* sa biljkama pšenice nakon primene đubriva je statistički urađeno t-testom (Tabela 7). Analiza je pokazala da je sadržaj svake polifenolne kiseline pojedinačno bio veći u uzorcima koji su dobijeni iz biljaka koje su gajene sa biljkama pšenice (Tabela 7).

Tabela 7. Odnos sadržaj ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima *Avena fatua* gajenih u monokulturi i sa biljkama pšenice nakon primene različitih đubriva (t-test)

hlorogena				ferulna				kumarna				
u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom		
Kontrola												
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	12.92	2.074	↑19.41	2.982	4.00	0.139	↑14.96	1.117	1.02	1.759	↑13.45	0.315
t	-3.094				-16.867				-12.049			
p	0.036*				0.0000**				0.0003**			
F1												
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	13.71	1.422	↑23.21	6.047	5.45	1.374	↑16.25	0.976	3.15	0.05	↑13.59	0.182
t	-2.646				-11.105				-95.899			
p	0.0572 ns				0.0004**				0.0000**			
F2												
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	14.18	0.71	↑24.16	0.987	4.50	1.036	↑17.99	5.785	0.98	1.704	↑13.40	0.035
t	-14.221				-3.978				-12.618			
p	0.0001**				0.016*				0.0002**			
F3												
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	14.43	1.422	↑26.55	1.738	3.88	0.068	↑16.85	1.358	3.08	0.033	↑14.42	0.917
t	-9.346				-16.531				-21.40			
p	0.0007**				0.0000**				0.0000**			

Sd-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, ↑ veći sadržaj, t-test vrednost.

Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih polifenola i njihova antioksidativna aktivnost u uzorcima uzetih iz biljaka koje su gajene u različitim sistemima (monokultura, kompeticija) prikazani su u tabeli 8. Nisu konstatovane statistički značajne razlike u sadržaju ukupnih polifenola nakon primene đubriva u odnosu na kontrolu u uslovima monokulture (osim veći sadržaj nakon primene đubriva F3, Tabela 8). Takođe, nisu konstatovane statistički značajne razlike u antioksidativnoj aktivnosti u uzorcima dobijenim sa biljaka koje su gajene u uslovima monokulture (Tabela 8). Međutim, sadržaj ukupnih polifenola u uzorcima listova uzetih sa biljaka *Avena fatua* gajenih sa biljkama pšenice je statistički značajno bio veći u odnosu na kontrolu nakon primene đubriva F1 i F3 i između uzoraka tretiranih sa đubrivima F2 i F3 (u korist F3) (Tabela 8). Antioksidativna aktivnost u uzorcima biljaka *Avena fatua* gajenim sa biljkama pšenice je bila veća u odnosu na kontrolu (osim nakon primene F1) i između uzoraka tretiranih različitim đubrivima (Tabela 8).

Tabela 8. Statistička analiza i sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost u listovima *Avena fatua* gajenih u monokulturi i sa biljkama pšenice nakon primene različitih đubriva

	<i>Avena fatua</i> gajena u monokulturi				<i>Avena fatua</i> gajena sa pšenicom			
	UF		AOA		UF		AOA	
	(µg/g sveže mase)		(µmol TE/g s.m)		(µg/g sveže mase)		(µmol TE/g s.m)	
	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p
K/F1	0.52	ns	0.74	ns	0.91	0.0042**	2.51	0.0000**
	0.63		0.81		1.18		3.15	
K/F2	0.52	ns	0.74	ns	0.91	ns	2.51	0.0000**
	0.53		0.81		1.05		11.46	
K/F3	0.52	0.046*	0.74	ns	0.91	0.0013**	2.51	0.0000**
	0.64		0.54		1.24		6.44	
F1/F2	0.63	ns	0.81	ns	1.18	ns	3.15	0.0000**
	0.53		0.81		1.05		11.46	
F1/F3	0.63	ns	0.81	ns	1.18	ns	3.15	0.0002**
	0.64		0.54		1.24		6.44	
F2/F3	0.53	ns	0.81	ns	1.05	0.026*	11.46	0.0000**
	0.64		0.54		1.24		6.44	
SD	0.08		0.152		0.177		3.739	
sredina	0.58		1.09		0.72		5.89	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost polifenola, p<0.05*, p<0.01**

T-testom je poređen sadržaj ukupnih polifenola u listovima *Avena fatua* uzetih iz biljaka gajenih u monokulturi i biljaka gajenih sa pšenicom (Tabela 9). Sadržaj ukupnih polifenola je bio veći i kod kontrolnih i kod tretiranih biljaka *Avena fatua* gajenih sa biljkama pšenice u odnosu na biljke gajene u monokulturi. Shodno tome i antioksidativna aktivnost ekstrakata je bila statistički značajno veća (Tabela 9).

Tabela 9. Odnos sadržaja ukupnih polifenola u listovima *Avena fatua* gajenih u monokulturi i sa biljkama pšenice nakon primene različitih đubriva i antioksidativna aktivnost (t-test)

	UF (µg/g sveže mase)				AOA (µmol TE/g s.m)			
	u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom	
Kontrola								
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	0.518	0.090	↑0.911	0.05	0.74	0.184	↑2.51	0.42
t	-6.44				-6.714			
p	0.0029**				0.002**			
F1								
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	0.633	0.033	↑1.184	0.148	0.81	0.124	↑3.15	0.571
t	-6.29				-6.909			
p	0.0033**				0.002**			
F2								
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	0.535	0.073	↑1.054	0.000	0.81	0.205	↑11.46	0.814
t	-12.249				-21.97			
p	0.0002**				0.0000**			
F3								
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	0.643	0.043	↑1.243	0.062	0.54	0.088	↑6.44	0.572
t	-13.686				-17.619			
p	0.0001**				0.0000**			

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost polifenola, p<0.05*, p<0.01**, t-test vrednost, ↑-veći sadržaj

4.1.2. Efekat đubriva na polifenole kod pšenice gajene u monokulturi, sa biljkama *Avena fatua* i sa biljkama *Abutilon theophrasti*

Na graficima 6, 7 i 8 prikazan je sadržaj polifenolnih kiselina nakon primene različitih đubriva u biljkama pšenice koje su gajene u različitim sistemima (monokultura i sa biljkama *Avena fatua* i

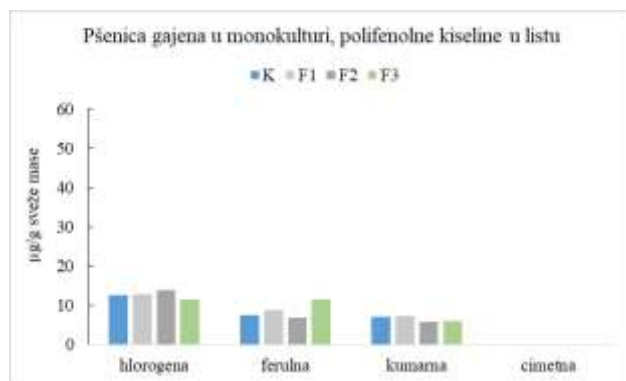
Abutilon theophrasti). U uslovima monokulture i gajenja sa biljkama *Abutilon theophrasti* nije detektovana cimetna kiselina kod kontrolnih i đubrivom tretiranih biljaka (Grafik 6). Cimetna kiselina je detektovana u uzorcima biljaka koje su gajene u kompeticiji sa biljkama *Avena fatua* (kod kontrole i biljaka tretiranim organskim đubrivom F1) (Grafik 7). Nasuprot ovome, u uzorcima biljaka *Avena fatua* ni u jednom uzorku nije detektovana cimetna kiselina (Tabela 5 i 6). Takođe, u svim uzorcima uzetim sa biljaka gajenih u uslovima kompeticije (sa *Avena fatua*, sa *Abutilon theophrasti*, Grafik 7 i 8) sadržaj pojedinačnih kiselina je bio veći nego u uzorcima uzetim sa biljaka gajenim u monokulturi, uključujući i kontrolu (Grafik 6).

Sadržaj hlorogene kiseline u uzorcima sa biljaka gajenih u uslovima monokulture je bio veći u odnosu na kontrolu nakon primene đubriva F1 i F2. Primena đubriva F3 je uticala na smanjenje sadržaja hlorogene kiseline u odnosu na kontrolu (Grafik 6). Nasuprot ovome, sva primenjena đubriva su uticala na rast sadržaja hlorogene kiseline u odnosu na kontrolu u uslovima gajenja pšenice sa biljkama *Avena fatua* (Grafik 7). U uslovima gajenja sa biljkama *Abutilon theophrasti* sadržaj hlorogene kiseline je bio veći nakon primne đubriva F1 i F3.

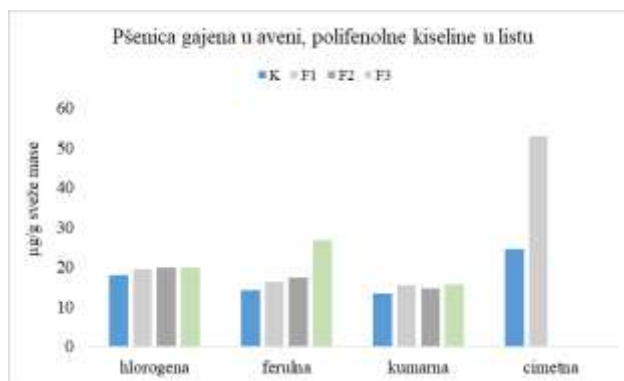
Sadržaj ferulne kiseline u uzorcima sa biljaka gajenih u uslovima monokulture je bio veći nakon primene đubriva F1 i F3, nasuprot manjem sadržaju nakon primene đubriva F2 u odnosu na kontrolu (Grafik 6). Suprotno ovome, sadržaj ferulne kiseline je bio veći u svim tretiranim uzorcima u odnosu na kontrolu u uslovima gajenja pšenice sa biljkama *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti* (Grafik 7 i 8).

Sadržaj kumarne kiseline u odnosu na kontrolu je bio veći samo u uzorcima tretiranim đubrivom F1. Primena đubriva F2 i F3 je u istim uslovima gajenja uticala na smanjenje sadržaja kumarne kiseline u odnosu na kontrolu (Grafik 6). U uslovima gajenja pšenice sa biljkama *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti* sadržaj kumarne kiseline je bio veći u odnosu na kontrolu (Grafik 7 i 8).

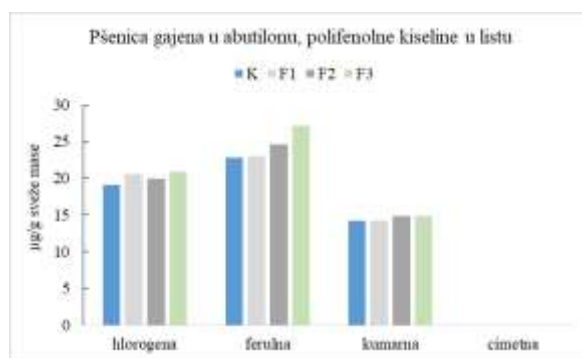
Cimetna kiselina je detektovana samo u uzorcima biljaka gajenim u uslovima kompeticije (pšenica vs. *Avena fatua*) i to u kontrolnim i đubrivom F1 tretiranim biljkama. Sadržaj u tretiranim uzorcima je bio veći nego u kontrolnim (Grafik 7).



Grafik 6. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima pšenice gajene u monokulturi nakon primene đubriva



Grafik 7. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* nakon primene đubriva



Grafik 8. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima pšenice gajene sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva

Statistička analiza izmerenih vrednosti je pokazala da utvrđene razlike u sadržaju pojedinačnih polifenolnih kiselina nisu bile statistički značajne u odnosu na vrednosti izmerene u kontroli, u uslovima gajenja u monokulturi (Tabela 10). Ovakve razlike su bile i u uzorcima *Avena fatua* gajene u uslovima monokulture (Tabela 5).

Tabela 10. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima pšenice nakon primene đubriva, gajene u monokulturi i statistička analiza (LSD test)

Pšenica-monokultura								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	12.53	ns	7.59	ns	7.11	ns	0	-
	12.94		8.83		7.41		0	
K/F2	12.53	ns	7.59	ns	7.11	ns	0	-
	13.92		6.87		5.82		0	

K/F3	$\frac{12.53}{11.54}$	ns	$\frac{7.59}{11.53}$	ns	$\frac{7.11}{6.07}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
F1/F2	$\frac{12.94}{13.92}$	ns	$\frac{8.83}{6.87}$	ns	$\frac{7.41}{5.82}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
F1/F3	$\frac{12.94}{11.54}$	ns	$\frac{8.83}{11.53}$	ns	$\frac{7.41}{6.07}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
F2/F3	$\frac{13.92}{11.54}$	ns	$\frac{6.87}{11.53}$	ns	$\frac{5.82}{6.07}$	ns	$\frac{0}{0}$	-
SD	1.419		5.17		1.789		0	
sredina	12.73		8.71		6.60		0	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne

Statistička analiza izmerenih vrednosti u uzorcima pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* je pokazala da utvrđene razlike 1) za sadržaj hlorogene i kumarne kiseline nisu bile statistički značajne u odnosu na kontrolu, 2) da je sadržaj ferulne kiseline statistički značajno bio veći u odnosu na kontrolu u uzorcima biljaka tretiranim đubrivom F3 i između uzoraka tretiranih đubrivima u korist đubriva F3 i 3) da je sadržaj cimetne kiseline detektovan u kontrolnim uzorcima i uzorcima tretiranim organskim đubrivom F1, ali bez statističke značajnosti (Tabela 11).

U istim uslovima gajenja (*Avena fatua* vs. pšenica) statistički značajne razlike su utvrđene samo za sadržaj kumarne i hlorogene kiseline između kontrole i biljaka tretiranih đubrivom F3 (Tabela 6).

Tabela 11. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima pšenice nakon primene đubriva, gajene sa *Avena fatua*, i statistička analiza (LSD test)

pšenica – gajena sa biljkama <i>Avena fatua</i>								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	$\frac{17.98}{19.33}$	ns	$\frac{14.15}{16.33}$	ns	$\frac{13.23}{15.29}$	ns	$\frac{24.46}{52.91}$	ns
K/F2	$\frac{17.98}{19.83}$	ns	$\frac{14.15}{17.23}$	ns	$\frac{13.23}{14.55}$	ns	$\frac{24.46}{0}$	ns
K/F3	$\frac{17.98}{19.91}$	ns	$\frac{14.15}{26.75}$	0.0025**	$\frac{13.23}{15.65}$	ns	$\frac{24.46}{0}$	ns
F1/F2	$\frac{19.33}{19.83}$	ns	$\frac{16.33}{17.23}$	ns	$\frac{15.29}{14.55}$	ns	$\frac{52.91}{0}$	0.0174*
F1/F3	$\frac{19.33}{19.91}$	ns	$\frac{16.33}{26.75}$	0.0071**	$\frac{15.29}{15.65}$	ns	$\frac{52.91}{0}$	0.0174*
F2/F3	19.83	ns	17.23	0.0113	14.55	ns	0	-

	19.91	26.75	*	15.65	0
SD	1.687	5.910		1.868	29.346
sredina	19.26	18.63		14.68	19.34

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

Statistička analiza izmerenih vrednosti u uzorcima pšenice gajene sa biljkama *Abutilon theophrasti* je pokazala da utvrđene razlike za sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina nisu bile statistički značajne (Tabela 12), što je bilo sličnije promenama u uslovima monokulture.

Tabela 12. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima pšenice nakon primene đubriva, gajenih sa *Abutilon theophrasti*, i statistička analiza (LSD test)

pšenica – gajena sa biljkama <i>Abutilon theophrasti</i>								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	19.11	ns	22.81	ns	14.25	ns	0	-
	20.55		22.99		14.23		0	
K/F2	19.11	ns	22.81	ns	14.25	ns	0	-
	19.99		24.61		14.87		0	
K/F3	19.11	ns	22.81	ns	14.25	ns	0	-
	20.91		27.22		14.83		0	
F1/F2	20.55	ns	22.99	ns	14.23	ns	0	-
	19.99		24.61		14.87		0	
F1/F3	20.55	ns	22.99	ns	14.23	ns	0	-
	20.91		27.22		14.83		0	
F2/F3	19.99	ns	24.61	ns	14.87	ns	0	-
	20.91		27.22		14.83		0	
SD	1.699		4.361		0.609		0	
sredina	20.14		24.41		14.54		0	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne

Poređenje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u uslovima monokulture i u uslovima gajenja pšenice sa *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*, nakon primene đubriva, je statistički urađeno t-testom (Tabele 13 i 14). Analiza je pokazala da je sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina bio veći u uzorcima koji su dobijeni iz biljaka koje su gajene u uslovima kompeticije (sa *Avena fatua*, sa *Abutilon theophrasti*) nego u uzorcima iz monokulture (Tabele 13 i 14).

Tabela 13. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) pojedinačnih polifenolnih kiselina izmerenih u listovima pšenice gajene u monokulturi i sa biljkama *Avena fatua* nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola											
hlorogena				ferulna				kumarna			
U monokulturi		sa <i>Avena fatua</i>		U monokulturi		sa <i>Avena fatua</i>		U monokulturi		sa <i>Avena fatua</i>	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.53	0.890	↑17.98	0.343	7.59	1.430	↑14.15	0.447	7.09	1.055	↑13.23	0.147
t	-9.88			-7.571			-9.971				
p	0.0006**			0.0016**			0.0006**				
F1											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.94	1.103	↑19.33	1.968	8.83	0.757	↑16.33	2.981	7.41	0.803	↑15.29	2.668
t	-4.904			-4.222			-4.901				
p	0.008**			0.013*			0.008**				
F2											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
13.92	1.697	↑19.83	2.279	6.87	0.949	↑17.23	3.233	5.82	2.321	↑14.55	1.448
t	-3.602			-5.328			-5.526				
p	0.023*			0.0059**			0.0052**				
F3											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
11.54	1.344	↑19.91	1.698	11.53	11.16	↑26.79	5.626	6.07	2.787	↑15.65	2.193
t	-6.698			-2.114			-4.678				
p	0.0026**			ns			0.0094**				
SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, p<0.05*, p<0.01**, ↑-veći sadržaj, t-test vrednost											

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, ↑-veći sadržaj, t-test vrednost

Tabela 14. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima pšenice gajene u monokulturi i sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola											
hlorogena				ferulna				kumarna			
U monokulturi		sa <i>A. teophrasti</i>		U monokulturi		sa <i>A. teophrasti</i>		U monokulturi		sa <i>A. teophrasti</i>	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.53	0.89	↑19.11	0.879	7.59	1.430	↑22.81	1.346	7.09	1.055	↑14.25	0.416
t	-9.097			-13.415			-10.922				
p	0.0008**			0.0002**			0.0004**				
F1											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.94	1.103	↑20.55	2.674	8.83	0.757	↑22.99	4.989	7.41	0.803	↑14.23	0.401
t	-4.556			-4.857			-13.142				
p	0.0103*			0.0083**			0.0002**				
F2											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD

	13.92	1.697	↑19.99	1.236	6.87	0.949	↑24.61	4.214	5.82	2.321	↑14.87	0.612
t	-5.006				-7.115				-6.530			
p	0.0074**				0.0021**				0.0028**			
F3												
	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
	11.54	1.344	↑20.91	1.908	11.53	11.16	↑27.22	6.429	6.07	2.787	↑14.83	0.878
t	-6.958				-2.109				-5.193			
p	0.0024**				ns				0.0065**			

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, ↑-veći sadržaj, t-test vrednost

U tabeli 15 prikazan je odnos sadržaja polifenolnih kiselina (t-test) u biljkama pšenice u uslovima gajenja sa biljkama *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*. Statistička analiza je pokazala da razlike između sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u uslovima gajenja sa *Avena fatua* i u uslovima gajenja sa *Abutilon theophrasti* nisu bile statistički značajne. Sadržaj je bio veći u uzorcima uzetim sa biljaka gajenih u kompeticiji sa biljkama *Abutilon theophrasti* u odnosu na uzorke sa biljaka gajenih u kompeticiji sa *Avena fatua* (osim za sadržaj kumarne kiseline nakon primene đubriva F1 i F3, Tabela 15).

Tabela 15. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* i sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene različitih đubriva

Kontrola											
hlorogena				ferulna				kumarna			
sa <i>Avena fatua</i>		sa <i>A.teophrasti</i>		sa <i>Avena fatua</i>		sa <i>A.teophrasti</i>		sa <i>Avena fatua</i>		sa <i>A.teophrasti</i>	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
17.98	0.343	↑19.11	0.879	14.15	0.447	22.81	1.346	13.23	0.147	14.25	0.416
t	-2.07			-10.574				-3.998			
p	ns			ns				ns			
F1											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
19.33	1.968	↑20.55	2.674	16.33	2.981	↑22.99	4.989	15.29	2.668	↓14.23	0.401
t	-0.637			-1.983				0.687			
p	ns			ns				ns			
F2											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
13.83	2.279	↑19.99	1.236	17.23	3.233	↑24.61	4.214	14.55	1.448	↑14.87	0.612
t	-0.106			-2.406				-0.354			
p	ns			ns				ns			
F3											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD

	19.91	1.69	↑20.91	1.908	26.79	5.626	↑27.22	6.429	15.65	2.193	↓14.83	0.878
t		-0.680				-0.086				0.599		
p		ns				ns				ns		

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, ↑-veći sadržaj, t-test vrednost

Sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost u odnosu na kontrolu u uzorcima uzetim sa biljaka gajenih u različitim sistemima gajenja prikazan je u tabeli 16.

Analiza varijanse (ANOVA) je pokazala da je u uslovima gajenja u monokulturi veći sadržaj ukupnih polifenola bio u uzorcima tretiranim đubrivom F3 u odnosu na kontrolu i između uzoraka tretiranih različitim đubrivima. Međutim, sadržaj ukupnih polifenola je u uzorcima uzetim iz biljaka pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* bio manji u odnosu na vrednosti izmerene u kontroli (Tabela 16). Nije konstatovan međusobni efekat različitih đubriva na sadržaj ukupnih polifenola. Analiza rezultata u uslovima gajenja sa biljkama *Abutilon theophrasti* je pokazala da je smanjenje sadržaja ukupnih polifenola u tretiranim uzorcima (đubrivom F2 i F3) bilo statistički značajno u odnosu na kontrolu. Takođe, primena đubriva F2 je uticala na statistički značajno smanjenje sadržaja ukupnih polifenola u odnosu na primenu đubriva F1 (Tabela 16).

Suprotno ovome antioksidativna aktivnost je bila statistički značajno različita u tretiranim uzorcima (đubrivima F2 i F3) u odnosu na kontrolu (osim u uslovima gajenja sa *Abutilon theophrasti* za primenu F2) (Tabela 16). Takođe, utvrđen je različiti efekat primenjenih đubriva.

Tabela 16. Statistička analiza i sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost u listovima pšenice gaje u monokulturi, sa biljkama

Avena fatua i sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene različitih đubriva

	pšenica gajena u monokulturi				pšenica gajena sa biljkama <i>Avena fatua</i>				pšenica gajena sa biljkama <i>Abutilon theophrasti</i>			
	UF ($\mu\text{g/g}$ sveže mase)		AOA ($\mu\text{mol TE/g s.m}$)		UF ($\mu\text{g/g}$ sveže mase)		AOA (BB)		UF ($\mu\text{g/g}$ sveže mase)		AOA ($\mu\text{mol TE/g s.m}$)	
	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p
K/F1	0.89 0.91	ns	4.68 4.86	ns	0.88 0.28	0.0004**	2.67 2.80	ns	0.26 0.24	ns	4.72 4.82	ns
K/F2	0.89 0.89	ns	4.68 1.99	0.0006**	0.88 0.33	0.0007**	2.67 4.61	0.0049**	0.26 0.13	0.017*	4.72 4.93	ns
K/F3	0.89 0.51	0.0029**	4.68 2.95	0.0085**	0.88 0.23	0.0002**	2.67 4.79	0.0029**	0.26 0.16	0.044*	4.72 5.77	0.046*
F1/F2	0.91 0.89	ns	4.86 1.99	0.0004**	0.28 0.33	ns	2.80 4.61	0.0072**	0.24 0.13	0.034*	4.82 4.93	ns
F1/F3	0.91 0.51	0.0021**	4.86 2.95	0.005**	0.28 0.23	ns	2.80 4.79	0.0043**	0.24 0.16	ns	4.82 5.77	ns
F2/F3	0.89 0.51	0.0029**	1.99 2.95	ns	0.33 0.23	ns	4.61 4.79	ns	0.13 0.16	ns	4.93 5.77	ns
SD	0.198		1.355		0.293		1.158		0.074		0.638	
sredina	0.799		3.62		0.43		3.72		0.21		5.06	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

T-testom je poređen sadržaj ukupnih polifenola u listovima pšenice uzetih iz biljaka gajenih u monokulturi i biljaka gajenih u uslovima kompeticije (Tabela 17). Sadržaj ukupnih polifenola je bio statistički značajno manji i kod kontrolnih i kod tretiranih biljaka gajenih u uslovima kompeticije u odnosu na biljke gajene u monokulturi. Antioksidativna aktivnost je bila manja kod biljaka gajenih sa biljkama *Avena fatua* nakon primene đubrica F1i u kontroli. U uzorcima uzetih sa biljaka tretiranih đubrivima F2 i F3 antioksidativna aktivnost je bila veća nego u istim uzorcima dobijenim sa biljaka gajenih u uslovima monokulture (Tabela 17). Antioksidativna aktivnost uzoraka uzetih iz biljaka gajenih u uslovima kompeticije sa *Abutilon theophrasti* je statistički značajno bila veća nego u uzorcima uzetim iz biljaka gajenih u monokulturi.

Tabela 17. Odnos ukupnih polifenola u listovima pšenice gajene u monokulturi, sa biljkama *Avena fatua* i sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene različitih đubriva i njihova antioksidativna aktivnost (t-test)

UF (µg/g sveže mase)						AOA (µmol TE/g s.m)					
U monokulturi		sa <i>Avena fatua</i>		sa <i>A. teophrasti</i>		U monokulturi		sa <i>Avena fatua</i>		sa <i>A. teophrasti</i>	
Kontrola											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.89	0.134	↓0.58	0.026	↓0.26	0.031	4.68	0.697	↓2.67	0.148	↑4.72	0.067
t		3.895		7.844		t		4.896		-0.084	
p		0.018*		0.0014**		p		0.008**		ns	
F1											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.91	0.008	↓0.28	0.143	↓0.24	0.143	4.86	0.640	↓2.80	0.199	↑4.82	0.432
t		7.62		17.078		t		5.322		0.088	
p		0.0015**		0.0000**		p		0.0059**		ns	
F2											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.89	0.077	↓0.33	0.156	↓0.13	0.036	1.99	0.449	↑4.61	0.738	↑4.93	0.648
t		5.57		15.383		t		-5.229		-6.439	
p		0.005**		0.0001**		p		0.0064**		0.0029**	
F3											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.51	0.155	↓0.23	0.06	↓0.16	0.071	2.95	0.624	↑4.79	0.963	↑5.77	0.767
t		2.955		3.592		t		-2.778		-4.926	
p		0.042*		0.022*		p		0.049*		0.0079**	

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, p<0.05*, p<0.01**, ↑-veći sadržaj, t-test vrednost, ↓-manji sadržaj, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost

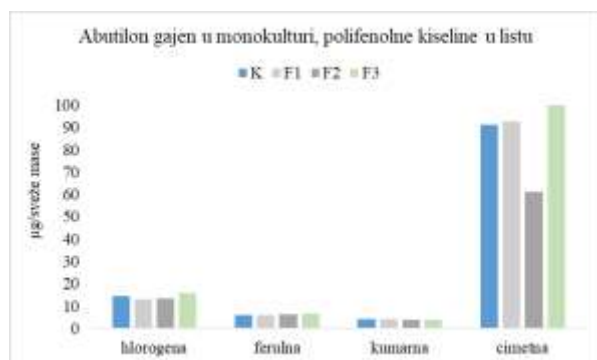
4.1.3. Efekat đubriva na polifenole kod *Abutilon teophrasti* gajene u monokulturi, sa biljkama pšenice i kukuruza

Na graficima 9, 10 i 11 prikazan je sadržaj polifenolnih kiselina i njihov odnos u listovima *Abutilon teophrasti* nakon primene različitih đubriva u različitim sistemima gajenja.

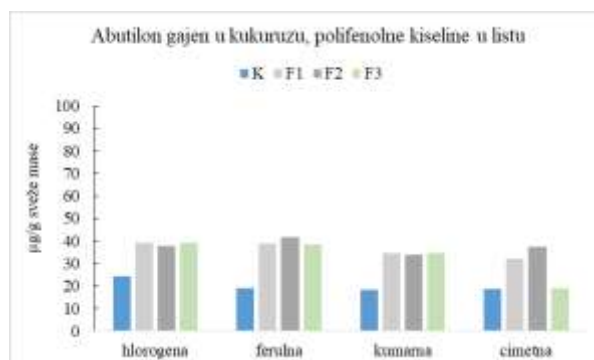
U uslovima monokulture sadržaj hlorogene kiseline u odnosu na kontrolu je bio veći samo nakon primene đubriva F3 (Grafik 9). U uslovima gajenja sa biljkama kukuruza sadržaj hlorogene kiseline je bio veći u svim tretiranim biljkama u odnosu na kontrolu (Grafik 10), nasuprot manjem sadržaju u odnosu na kontrolu u uslovima gajenja *Abutilon teophrasti* sa biljkama pšenice (Grafik 11).

Sadržaj ferulne i kumarne kiseline kod tretiranih biljaka je bio na nivou sadržaja u kontroli u sistemu monokulture (Grafik 9) i sistemu gajenja sa biljkama pšenice (Grafik 11). U sistemu gajenja sa biljkama kukuruza sadržaj ovih kiselina je bio veći kod tretiranih biljaka (Grafik 10).

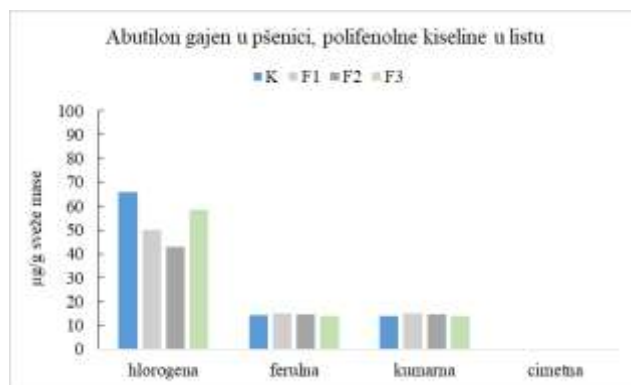
Sadržaj cimetne kiseline je detektovan u tretiranim i kontrolnim biljkama u sistemu gajenja *Abutilon teophrasti* u monokulturi i sa biljkama kukuruza (Grafik 9 i 10). U uslovima monokulture sadržaj je, nakon primene đubriva F1 i F3, bio veći nego u kontroli (Grafik 9). U uslovima gajenja sa biljkama kukuruza sadržaj cimetne kiseline je bio veći u uzorcima uzetih sa biljaka tretiranih đubrivima F1 i F2 (Grafik 10).



Grafik 9. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon teophrasti* gajenom u monokulturi nakon primene đubriva



Grafik 10. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon teophrasti* gajenom sa kukuruzom nakon primene đubriva



Grafik 11. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon teophrasti* gajenom sa pšenicom nakon primene đubriva

Statistička analiza izmerenih vrednosti sadržaja polifenolnih kiselina u odnosu na kontrolu u različitim sistemima gajenja nakon primene đubriva prikazana je u tabelama 18, 19 i 20.

Analiza varijanse (ANOVA) dobijenih rezultata, sadržaja pojedinačnih kiselina u uzorcima iz biljaka gajenih u monokulturi je pokazala da dobijene razlike nisu bile statistički značajne (osim nakon primene đubriva F1i F3 (u korist F3, Tabela 18).

Tabela 18. Prosečne vrednosti sadržaja (µg/g sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon teophrasti* nakon primene đubriva, gajenih u monokulturi, i statistička analiza (LSD test)

Abutilon teophrasti - monokultura								
hlorogena			ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	14.29	ns	6.14	ns	4.31	ns	91.16	ns
	12.87		5.84		4.07		92.66	
K/F2	14.29	ns	6.14	ns	4.31	ns	91.16	ns
	13.42		6.20		3.89		61.29	
K/F3	14.29	ns	6.14	ns	4.31	ns	91.16	ns
	15.76		6.73		3.70		102.08	
F1/F2	12.87	ns	5.84	ns	4.07	ns	92.66	ns
	13.42		6.20		3.89		61.29	
F1/F3	12.87	0.041*	5.84	ns	4.07	ns	92.66	ns
	15.76		6.73		3.70		102.08	
F2/F3	13.42	ns	6.20	ns	3.89	ns	61.29	ns
	15.76		6.73		3.70		102.08	
SD	1.68		0.66		0.37		27.88	
sredina	14.08		6.23		3.99		86.79	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$

Analiza varijanse (ANOVA) podataka o sadržaju pojedinačnih polifenolnih kiselina u uzorcima dobijenim iz biljaka *Abutilon theophrasti* gajenih sa biljkama kukuruza je pokazala da je sadržaj hlorogene, ferulne i kumarne kiseline u tretiranim biljkama statistički bio veći u odnosu na netretirane (Tabela 19). Razlike za sadržaj cimetne kiseline između kontrolnih i tretiranih biljaka nisu bile statistički značajne (Tabela 19).

Razlike u sadržaju pojedinačnih polifenolnih kiselina između tretmana različitim đubrivima nisu bile statistički značajne (osim između uzoraka tretiranih đubrivima F1 i F2 u korist F1, Tabela 19).

Tabela 19. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva, gajenih sa kukuruzom, i statistička analiza (LSD test)

<i>Abutilon theophrasti</i> – gajen sa biljkama kukuruza								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	$\frac{24.29}{39.33}$	0.000**	$\frac{19.09}{38.93}$	0.000**	$\frac{18.50}{34.68}$	0.000**	$\frac{18.55}{32.06}$	ns
K/F2	$\frac{24.29}{37.89}$	0.000**	$\frac{19.09}{41.51}$	0.000**	$\frac{18.50}{33.86}$	0.000**	$\frac{18.55}{37.37}$	ns
K/F3	$\frac{24.29}{39.11}$	0.000**	$\frac{19.09}{38.52}$	0.000**	$\frac{18.50}{34.50}$	0.000**	$\frac{18.55}{19.07}$	ns
F1/F2	$\frac{39.33}{37.89}$	ns	$\frac{38.93}{41.51}$	ns	$\frac{34.68}{33.86}$	0.04*	$\frac{32.06}{37.37}$	ns
F1/F3	$\frac{39.33}{39.11}$	ns	$\frac{38.93}{38.52}$	ns	$\frac{34.68}{34.50}$	ns	$\frac{32.06}{19.07}$	ns
F2/F3	$\frac{37.89}{39.11}$	ns	$\frac{41.51}{38.52}$	ns	$\frac{33.86}{34.50}$	ns	$\frac{37.37}{19.07}$	ns
SD	6.62		9.75		7.18		12.97	
sredina	35.16		34.51		30.39		26.84	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$

U uslovima gajenja *Abutilon theophrasti* u zajednici sa biljkama pšenice razlike u sadržaju hlorogene kiseline nisu bile statistički značajne između kontrole i tretmana (Tabela 20).

Razlike u sadržaju ferulne polifenolne kiseline su statistički bile značajne između kontrole i tretmana nakon primene đubriva F1 i F2 i između tretmana sa različitim đubrivima (Tabela 20).

Sadržaj kumarne kiseline je statistički bio značajan samo između kontrole i tretmana đubrivom F1 i između tretmana različitim đubrivima (Tabela 20).

Tabela 20. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva, gajenih sa pšenicom, i statistička analiza (LSD test)

<i>Abutilon theophrasti</i> – gajen sa biljkama pšenice								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	65.97	ns	14.31	0.0005**	14.12	0.003**	0	-
	50.05		15.13		14.87		0	
K/F2	65.97	ns	14.31	0.008**	14.12	ns	0	-
	42.78		14.82		14.51		0	
K/F3	65.97	ns	14.31	ns	14.12	ns	0	-
	58.47		14.12		13.99		0	
F1/F2	50.05	ns	15.13	ns	14.87	ns	0	-
	42.78		14.82		14.51		0	
F1/F3	50.05	ns	15.13	0.0001**	14.87	0.001**	0	-
	58.47		14.12		13.99		0	
F2/F3	42.78	ns	14.82	0.001**	14.51	0.019*	0	-
	58.47		14.12		13.99		0	
SD	19.87		0.45		0.41		-	
sredina	54.32		14.59		14.38		-	
SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, p<0.05*, p<0.01**								

Poređenje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina (t-test) u različitim sistemima gajenja u istom tretmanu je prikazano u tabelama 21, 22 i 23. Sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina je statistički značajno bio veći u uslovima gajenja *Abutilon theophrasti* sa biljkama kukuruza i biljkama pšenice nego u uslovima monokulture (osim sadržaja kumarne kiseline u kontroli u sistemu gajenja sa kukuruzom sadržaj cimetne kiseline u oba sistema gajenja (sadržaj je bio manji), Tabele 21 i 22).

Poređenje sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u istom tretmanu u sistemu gajenja sa biljkama pšenice i sa biljkama kukuruza je pokazalo da je sadržaj hlorogene kiseline bio statistički manji u uzorcima uzetih iz biljaka *Abutilon theophrasti* koje su gajene sa biljkama kukuruza u odnosu na gajenje sa biljkama pšenice (Tabela 23). Suprotno ovome sadržaj ferulne, kumarne i cimetne kiseline je statistički bio veći (t-test) u uzorcima uzetim iz biljaka *Abutilon theophrasti* koje su gajene sa biljkama kukuruza (Tabela 23).

Tabela 21. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima *Abutilon theophrasti* gajenih u monokulturi i sa biljkama kukuruza nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola															
hlorogena				ferulna				kumarna				cimetna			
U monokulturi		sa kukuruzom		U monokulturi		sa kukuruzom		U monokulturi		sa kukuruzom		U monokulturi		sa kukuruzom	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
14.29	1.161	↑24.29	1.282	6.14	0.577	↑19.09	0.145	91.16	20.51	↓18.50	0.059	91.16	20.51	↓18.85	0.676
t	-10.022			-37.657			6.139			6.107					
p	0.0006**			0.0000**			0.004**			0.0036**					
F1															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.87	0.390	↑39.33	0.739	5.84	0.296	↑38.93	0.498	4.07	0.293	↑34.68	0.346	92.66	36.21	↓32.06	17.32
t	-54.79			-98.865			-116.981			2.615					
p	0.0000**			0.0000**			0.0000**			ns					
F2															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
13.42	0.982	↑37.89	0.313	3.89	0.112	↑41.51	6.214	3.89	0.112	↑33.86	0.411	61.29	12.36	↓37.37	14.43
t	-41.148			-10.484			-122.24			2.181					
p	0.0000**			0.0005**			0.0000**			ns					
F3															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
15.76	2.453	↑39.11	0.898	6.73	1.125	↑38.52	0.749	3.71	0.564	↑34.50	0.620	102.08	31.41	↓19.07	4.87
t	-15.481			-40.743			-63.611			4.523					
p	0.0001**			0.0000**			0.0000**			0.011*					

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, ↑-veći sadržaj, ↓-manji sadržaj

Tabela 22. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima *Abutilon theophrasti* gajenih u monokulturi i sa biljkama pšenice nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola															
hlorogena				ferulna				kumarna				cimetna			
u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom		u monokulturi		sa pšenicom	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
14.29	1.161	↑65.97	9.431	6.14	0.577	↑14.31	0.149	91.16	20.51	↓14.12	0.122	91.16	20.51	↓0	0
t	-9.42			-23.729			6.511			7.703					
p	0.0007**			0.0000**			0.003**			0.0015**					
F1															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
12.87	0.390	↑50.05	24.750	5.84	0.296	↑15.13	0.273	4.07	0.293	↑14.87	0.319	92.66	36.21	↓0	0
t	-2.601			-39.969			-43.161			4.432					
p	ns			0.0000**			0.0000**			0.0114*					
F2															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
13.42	0.981	↑42.78	31.799	3.89	0.112	↑14.82	0.177	3.89	0.112	↑14.51	0.221	61.29	12.36	↓0	0
t	-1.599			-90.507			-74.307			8.589					
p	ns			0.0000**			0.0000**			0.001**					
F3															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
15.76	2.453	↑58.47	1.222	6.73	1.125	↑14.12	0.022	3.71	0.564	↑13.99	0.144	102.08	31.41	↓0	0
t	-26.986			-11.374			-30.612			5.629					
p	0.0000**			0.0003**			0.0000**			0.0049**					

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, ↑-veći sadržaj, ↓-manji sadržaj

Tabela 23. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina izmerenih u listovima *Abutilon theophrasti* gajenih sa biljkama kukuruza i pšenice nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola															
hlorogena				ferulna				kumarna				cimetna			
sa pšenicom		sa kukuruzom		sa pšenicom		sa kukuruzom		sa pšenicom		sa kukuruzom		sa pšenicom		sa kukuruzom	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
65.97	9.431	↓24.29	1.282	14.31	0.149	↑19.09	0.145	11.12	0.122	↑18.50	0.059	0	0	↑18.85	0.676
t	7.585			-39.69			-56.103			-48.289					
p	0.0016**			0.0000**			0.0000**			0.0000**					
F1															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
50.05	24.75	↓39.33	0.739	15.13	0.273	↑38.93	0.498	14.87	0.319	↑34.68	0.346	0	0	↑32.06	17.32
t	0.749			-72.511			-72.862			-3.206					
p	ns			0.0000**			0.0000**			0.0327*					
F2															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
42.78	31.79	↓37.89	0.313	14.82	0.177	↑41.51	6.214	14.51	0.221	↑33.86	0.409	0	0	↑37.37	14.43
t	0.266			-7.436			-71.986			-4.487					
p	ns			0.0017**			0.0000**			0.0109*					
F3															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
58.47	1.222	↓39.11	0.898	14.12	0.022	↑38.52	0.749	13.99	0.144	↑34.50	0.620	0	0	↑19.07	4.869
t	22.106			-56.404			-55.780			-6.782					
p	0.0000**			0.0000**			0.0000**			0.0025**					

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, ↑-veći sadržaj, ↓-manji sadržaj

Prosečne vrednosti sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost ekstrakata u različitim sistemima gajenja *Abutilon theophrasti* prikazani su u tabeli 24. Statistička analiza sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativne aktivnosti ekstrakata, u uslovima gajenja u monokulturi, je pokazala da nema statistički značajnih razlika između kontrole i tretmana i između tretmana različitim đubrivima (Tabela 24). U uslovima gajenja *Abutilon theophrasti* sa biljkama pšenice i kukuruza je pokazala da su sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost statistički značajno različiti između kontrole i tretiranih biljaka različitim đubrivima, kao i između različitih tretmana (osim između kontrole i tretmana sa đubrivima F1 i F3 u uslovima gajenja sa pšenicom, Tabela 24). Primena F1 je smanjila sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativnu aktivnost ekstrakata u odnosu na kontrolu u sistemu monokulture i gajenja sa biljkama pšenice, a povećala u sistemu gajenja sa kukuruzom (Tabela 24). Primena đubriva F2 je smanjila sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativnu aktivnost ekstrakata u odnosu na kontrolu u sistemu monokulture, a povećala u sistemima gajenja sa pšenicom i kukuruzom (uslovi kompeticije) (Tabela 24). Primena đubriva F3 je povećala sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativnu aktivnost ekstrakata u odnosu na kontrolu u svim sistemima gajenja *Abutilon theophrasti* (Tabela 24).

U tabeli 25 je prikazan odnos ukupnih polifenola (t-test) u istom tretmanu u različitim sistemima gajenja *Abutilon theophrasti*.

Tabela 24. Statistička analiza i sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost u listovima *Abutilon teophrasti* gajenih u monokulturi, sa biljkama pšenice i sa biljkama kukuruza nakon primene različitih đubriva

	<i>Abutilon teophrasti</i> gajen u monokulturi				<i>Abutilon teophrasti</i> gajen sa biljkama pšenice				<i>Abutilon teophrasti</i> gajen sa biljkama kukuruza			
	UF		AOA		UF		AOA		UF		AOA	
	(μg/g sveže mase)		(μmol TE/g s.m)		(μg/g sveže mase)		(μmol TE/g s.m)		(μg/g sveže mase)		(μmol TE/g s.m)	
	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p
K/F1	1.33 ↓1.20	ns	8.67 ↓7.21	ns	0.74 ↓0.65	Ns	9.48 ↓8.11	0.0021 **	0.59 ↑0.92	0.001 **	2.12 ↑5.63	0.0000 **
K/F2	1.33 ↓1.15	ns	8.67 ↓7.76	ns	0.74 ↑1.09	0.0000 **	9.48 ↑11.53	0.0002 **	0.59 ↑0.73	0.023 *	2.12 ↑5.02	0.0000 **
K/F3	1.33 ↑1.44	ns	8.67 ↑10.15	ns	0.74 ↑0.79	Ns	9.48 ↑10.51	0.010 *	0.59 ↑1.38	0.0000 **	2.12 ↑9.29	0.0000 **
F1/F2	1.20 ↓1.15	ns	7.21 ↑7.76	ns	0.65 ↑1.09	0.000 **	8.11 ↑11.53	0.0000 **	0.92 ↑0.73	0.0043**	5.63 ↓5.02	0.039 *
F1/F3	1.20 ↑1.44	ns	7.21 ↑10.15	ns	0.65 ↑0.79	0.019 *	8.11 ↑10.51	0.0000 **	0.92 ↑1.38	0.0000**	5.63 ↑9.29	0.0000 **
F2/F3	1.15 ↑1.44	ns	7.76 ↑10.15	ns	1.09 ↓0.79	0.0002 **	11.53 ↓10.51	0.011 *	0.73 ↑1.38	0.0000**	5.02 ↑9.29	0.0000 **
SD	1.344		1.807		1.567		1.359		2.23		2.679	
sredina	7.989		8.456		8.988		9.908		5.442		5.517	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, p<0.05*, p<0.01**, t-test vrednost, ↑-veći sadržaj, ↓-manji sadržaj, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost

Statistička analiza (t-test) sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativne aktivnosti ekstrakata u uzorcima uzetim iz biljka *Abutilon theophrasti* gajenim u različitim sistemima gajenja nakon primene različitih đubriva je prikazana u tabeli 25. Na osnovu analize konstatuje se da je sadržaj ukupnih polifenola u svim tretiranim i kontrolnim uzorcima u uslovima monokulture bio statistički značajno veći nego u kontrolnim i tretiranim biljkama koje su gajene u uslovima kompeticije sa pšenicom (Tabela 25). Međutim, odnos uzoraka u monokulturi i gajenju sa biljkama kukuruza je statistički bio značajan u kontroli i nakon primene đubriva F2 (Tabela 25).

Statistička analiza antioksidativne aktivnosti je pokazala da je u kontrolnim uzorcima u uslovima monokulture bila manja nego u uslovima kompeticije sa pšenicom i veća u uslovima kompeticije sa kukuruzom (Tabela 25). Primena đubriva F1 je uticala da dobijene razlike ne budu statistički značajne između kontrolnih uzoraka i uzoraka iz kompeticije. Primena đubriva F2 je uticala da razlike ne budu statistički značajne između uzoraka iz monokulture i uzoraka iz sistema gajenja sa kukuruzom i statistički značajne između uzoraka iz monokulture i uzoraka iz sistema gajenja sa pšenicom (Tabela 25). Primena đubriva F3 je uticala da razlike ne budu statistički značajne između uzoraka iz monokulture i uzoraka iz sistema gajenja sa pšenicom i statistički značajne između uzoraka iz monokulture i uzoraka iz sistema gajenja sa kukuruzom (Tabela 25). Takođe, može se konstatovati da su razlike u sadržaju ukupnih polifenola i antioksidativne aktivnosti ekstrakata bile statistički značajne u različitim sistemima gajenja između kontrolnih uzoraka. Međutim, u uzorcima tretiranim različitim đubrivima se konstatuje da postoje statistički značajne razlike u sadržaju ukupnih polifenola, a ne postoje u antioksidativnoj aktivnosti i obrnuto (Tabela 25).

Tabela 25. Odnos ukupnih polifenola u listovima *Abutilon theophrasti* gajenih u monokulturi, sa biljkama pšenice i sa biljkama kukuruza nakon primene različitih đubriva i antioksidativna aktivnost ekstrakata (t-test)

UF (µg/g sveže mase)						AOA (µmol TE/g s.m)					
Kontrola											
monokultura		sa pšenicom		sa kukuruzom		monokultura		sa pšenicom		sa kukuruzom	
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
1.33	0.072	0.74	0.047	0.59	0.042	8.67	0.397	9.48	0.255	2.12	0.125
monokultura vs		t		11.919		monokultura vs		t		-2.98	
pšenica		p		0.0003**		pšenica		p		0.041*	
monokultura vs		t		15.284		monokultura vs		t		27.225	

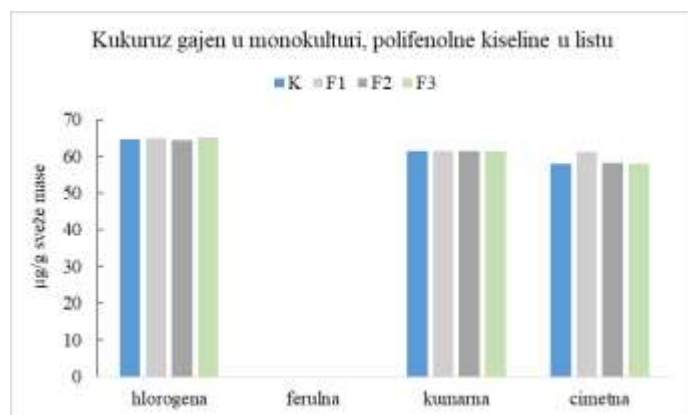
kukuruz		p		0.0001**		kukuruz		p		0.0000**	
F1											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
1.20	0.281	0.65	0.071	0.92	0.054	7.21	2.70	8.11	0.143	5.63	0.209
monokultura vs		t		3.30		monokultura vs		t		-0.578	
pšenica		p		0.029*		pšenica		p		ns	
monokultura vs		t		1.692		monokultura vs		t		1.007	
kukuruz		p		ns		kukuruz		p		ns	
F2											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
1.15	0.183	1.09	0.067	0.73	0.059	7.76	1.732	11.53	0.478	5.02	0.347
monokultura vs		t		0.505		monokultura vs		t		-3.632	
pšenica		p		ns		pšenica		p		0.022*	
monokultura vs		t		3.761		monokultura vs		t		2.68	
kukuruz		p		0.019*		kukuruz		p		ns	
F3											
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
1.44	0.061	0.78	0.028	1.38	0.079	10.15	0.276	10.51	0.502	9.29	0.434
monokultura vs		t		16.801		monokultura vs		t		-1.099	
pšenica		p		0.0000**		pšenica		p		ns	
monokultura vs		t		1.095		monokultura vs		t		2.875	
kukuruz		p		ns		kukuruz		p		0.045*	

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost

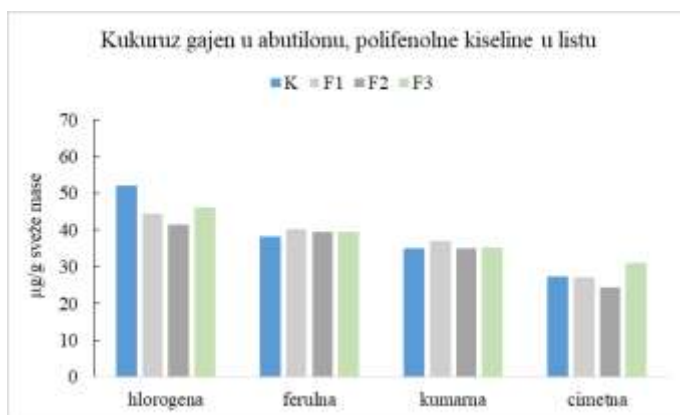
4.1.4. Efekat đubriva na polifenole kod kukuruza gajenog u monokulturi i sa biljkama *Abutilon theophrasti*

Na graficima 12 i 13 prikazan je sadržaj polifenolnih kiselina u listovima kukuruza u različitim sistemima gajenja (monokultura i sa biljkama *Abutilon theophrasti*) nakon primene đubriva. U uslovima gajenja u monokulturi sadržaj hlorogene kiseline nakon primene đubriva je bio jednak sadržaju u kontroli (Grafik 12), a u uslovima kompeticije je bio najveći u kontrolnim biljkama (Grafik 13). Ferulna kiselina je detektovana u uzorcima iz biljaka gajenih u uslovima kompeticije. Sadržaj je nakon primene đubriva bio ujednačen ili veći nego u kontrolnim biljkama (Grafik 13). Sadržaj kumarne kiseline u tretiranim biljkama u uslovima monokulture je bio ujednačen sa sadržajem u kontrolnim biljkama (Grafik 12), a u uslovima kompeticije je bio veći u tretiranim biljkama u odnosu na kontrolne (nakon primene đubriva F1 najveći, Grafik 13).

U uslovima monokulture, sadržaj cimetne kiseline je bio ujednačen sa sadržajem u kontrolnim biljkama nakon primene đubriva F2 i F3. Primena đubriva F1 je uticala na rast sadržaja cimetne kiseline u odnosu na kontrolne biljke (Grafik 12). U uslovima kompeticije sadržaj cimetne kiseline je bio: veći nakon primene đubriva F3, manji nakon primene đubriva F2 i ujednačen nakon primene đubriva F1 u odnosu na kontrolne biljke (Grafik 13).



Grafik 12. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima kukuruza gajenim u monokulturi nakon primene đubriva



Grafik 13. Sadržaj polifenolnih kiselina u listovima kukuruza gajenom sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva

Statistička analiza varijanse (ANOVA) sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u odnosu na kontrolu u različitim sistemima gajenja prikazana je u tabelama 26 i 27. U oba sistema gajenja razlike između tretiranih i kontrolnih biljaka nisu bile statistički značajne (osim između kontrole i primene đubriva F1 za sadržaj ferulne kiseline i sadržaj cimetne kiseline između primene đubriva F2 i F3 u uslovima kompeticije, Tabela 26 i 27).

Tabela 26. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima kukuruza nakon primene đubriva, gajen u monokulturi, i statistička analiza (LSD test)

kukuruz - monokultura								
	hlorigena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	64.54	ns	0	ns	61.32	ns	57.99	-
	64.88		0		61.41		61.27	
K/F2	64.54	ns	0	ns	61.32	ns	57.99	-
	64.36		0		61.33		58.30	
K/F3	64.54	ns	0	ns	61.32	ns	57.99	-
	65.23		0		61.32		57.95	
F1/F2	64.88	ns	0	ns	61.41	ns	61.27	-

	64.36		0		61.33		58.30	
F1/F3	$\frac{64.88}{65.23}$	ns	$\frac{0}{0}$	ns	$\frac{61.41}{61.32}$	ns	$\frac{61.27}{57.95}$	-
F2/F3	$\frac{64.36}{65.23}$	ns	$\frac{0}{0}$	ns	$\frac{61.33}{61.32}$	ns	$\frac{58.30}{57.95}$	-
SD	1.135		0		0.058		2.019	
sredina	64.75		0		61.34		58.87	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne

Tabela 27. Prosečne vrednosti sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima kukuruza nakon primene đubriva, gajen sa biljkama *Abutilon teophrasti* i statistička analiza (LSD test)

kukuruz – gajen sa biljkama <i>Abutilon teophrasti</i>								
	hlorogena		ferulna		kumarna		cimetna	
K/F1	$\frac{52.04}{44.39}$	ns	$\frac{38.26}{40.21}$	0.044*	$\frac{34.95}{36.92}$	ns	$\frac{27.45}{27.21}$	ns
K/F2	$\frac{52.04}{41.44}$	ns	$\frac{38.26}{39.47}$	ns	$\frac{34.95}{35.13}$	ns	$\frac{27.45}{24.40}$	ns
K/F3	$\frac{52.04}{46.26}$	ns	$\frac{38.26}{39.39}$	ns	$\frac{34.95}{35.17}$	ns	$\frac{27.45}{30.95}$	ns
F1/F2	$\frac{44.39}{41.44}$	ns	$\frac{40.21}{39.47}$	ns	$\frac{36.92}{35.13}$	ns	$\frac{27.21}{24.40}$	ns
F1/F3	$\frac{44.39}{46.26}$	ns	$\frac{40.21}{39.39}$	ns	$\frac{36.92}{35.17}$	ns	$\frac{27.21}{30.95}$	ns
F2/F3	$\frac{41.44}{46.26}$	ns	$\frac{39.47}{39.39}$	ns	$\frac{35.13}{35.17}$	ns	$\frac{24.40}{30.95}$	0.034*
SD	6.626		1.121		1.712		3.350	
sredina	46.03		39.33		35.54		27.36	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$

U tabeli 28 prikazan je odnos sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina u uzorcima iz biljaka iz različitih sistema gajenja za istu primenu đubriva. Može se konstatovati da je sadržaj statistički bio manji u uzorcima uzetih sa biljaka gajenih u uslovima kompeticije.

Tabela 28. Odnos sadržaja ($\mu\text{g/g}$ sveže mase) polifenolnih kiselina u listovima kukuruza gajenog u monokulturi i sa biljkama *Abutilon teophrasti* nakon primene različitih đubriva (t-test)

Kontrola															
hlorogena				ferulna				kumarna				cimetna			
u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>	u monokulturi	sa <i>A.teophrasti</i>
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
64.54	0.729	↓52.04	8.306	0	0	↑38.26	0.764	61.32	0.03	↓34.95	0.454	57.99	0.581	↓27.45	3.747
t	2.597				-86.740				100.307				13.953		
p	ns				0.0000**				0.0000**				0.0001**		
F1															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
64.87	1.803	↓44.39	7.031	0	0	↑40.21	1.644	61.41	0.069	↓36.92	3.401	61.27	3.191	↓27.21	1.861
t	4.887				-42.374				12.468				15.968		
p	0.0081**				0.0000**				0.0002**				0.0001**		
F2															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
64.36	0.553	↓41.44	4.524	0	0	↑39.47	0.788	61.33	0.056	↓35.13	0.683	58.3	0.426	↓24.40	2.558
t	8.709				-86.901				66.225				22.639		
p	0.0009**				0.0000**				0.0000**				0.0000**		
F3															
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
65.23	1.528	↓46.26	3.574	0	0	↑39.39	0.312	61.32	0.043	↓35.17	0.172	57.95	0.474	↓30.39	3.288
t	8.452				-219.28				255.04				14.368		
p	0.0011**				0.0000**				0.0000**				0.0001**		

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, ↓-manji sadržaj, ↑-veći sadržaj

Statistička analiza varijanse (ANOVA) sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost ekstrakata u različitim sistemima gajenja kukuruza prikazana je u tabeli 29. Sadržaj ukupnih polifenola u sistemu monokulture nije bio statistički značajan u tretiranim biljkama u odnosu na kontrolu, a u uslovima kompeticije je bio manji u biljkama tretiranim sa đubrivima F1 i F2 u odnosu na kontrolu i između različitih tretmana.

Antioksidativna aktivnost ekstrakata u tretiranim biljkama nije statistički bila različita u odnosu na kontrolne biljke u uslovima monokulture (Tabela 29), a u uslovima kompeticije u tretiranim biljkama sa đubrivima F2 i F3 je bila statistički značajno manja. Takođe, utvrđena je i razlika u antioksidativnoj aktivnosti između različitih tretmana (Tabela 29).

Tabela 29. Statistička analiza i sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativna aktivnost u listovima kukuruza gajenom u monokulturi i sa biljkama *Abutilon theophrasti* nakon primene različitih đubriva (LSD test)

	Kukuruz u monokulturi				Kukuruz gajen sa <i>Abutilon theophrasti</i>			
	UF ($\mu\text{g/g}$ sveže mase)		AOA ($\mu\text{mol TE/g s.m}$)		UF ($\mu\text{g/g}$ sveže mase)		AOA ($\mu\text{mol TE/g s.m}$)	
	prosek	p	prosek	p	prosek	p	prosek	p
K/F1	0.51 0.69	ns	1.33 1.09	ns	1.24 0.95	0.0085**	8.71 6.23	0.0012**
K/F2	0.51 0.63	ns	1.33 1.43	ns	1.24 0.84	0.0013**	8.71 4.76	0.0000**
K/F3	0.51 0.82	ns	1.33 0.93	ns	1.24 1.20	Ns	8.71 7.03	0.011*
F1/F2	0.69 0.63	ns	1.09 1.43	ns	0.95 0.84	Ns	6.23 4.76	0.019*
F1/F3	0.69 0.82	ns	1.09 0.93	ns	0.95 1.20	0.018*	6.23 7.03	ns
F2/F3	0.63 0.82	ns	1.43 0.93	ns	0.84 1.20	0.0007**	4.76 7.03	0.0021**
SD	0.219		0.417		0.197		1.581	
sredina	0.66		1.19		1.06		6.68	

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost

U tabeli 30 prikazan je odnos sadržaja ukupnih polifenola i antioksidativne aktivnosti ekstrakata u uzorcima uzetim iz biljaka kukuruza gajenih u uslovima monokulture i kompeticije. Na osnovu analize konstatuje se da je sadržaj ukupnih polifenola statistički značajno bio veći u uzorcima sa biljaka gajenih u uslovima kompeticije. Isti nivo razlika je utvrđen i za antioksidativnu aktivnost.

Tabela 30. Odnos ukupnih polifenola u listovima kukuruza gajenog u monokulturi i sa *Abutilon teophrasti* nakon primene različitih đubriva i antioksidativna aktivnost (t-test)

UF (μg/g sveže mase)				AOA (μmol TE/g s.m)			
u monokulturi		sa <i>Abutilon teophrasti</i>		u monokulturi		sa <i>Abutilon teophrasti</i>	
Kontrola							
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.51	0.141	↑1.24	0.113	1.33	0.181	↑8.71	0.763
t	-7.012			-16.284			
p	0.0022**			0.0000**			
F1							
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.69	0.205	↑0.95	0.056	1.09	0.123	↑6.23	0.291
t	-2.130			-28.119			
p	ns			0.0000**			
F2							
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.63	0.08	↑0.84	0.114	1.43	0.119	↑4.76	0.753
t	-2.652			-7.560			
p	ns			0.0017**			
F3							
prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
0.82	0.350	↑1.20	0.115	0.93	0.811	↑7.03	0.546
t	-1.806			-10.809			
p	ns			0.0004**			

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, p<0.05*, p<0.01**, t-test vrednost, UF-ukupni polifenoli, AOA-antioksidativna aktivnost, ↑-veći sadržaj

4.2. Efekat đubriva na sadržaj polifenola u zemljištu

Analizom sadržaja ukupnih polifenola i pojedinačnih polifenolnih kiselina u uzorcima zemlje, nakon primene organskih i sintetičkih đubriva, je utvrđeno da su oni prisutni samo u zemlji u kojoj je gajen *Abutilon teophrasti* u monokulturi i u kompeticiji sa biljkama kukuruza. Takođe, analiza je pokazala da je detektovana samo cimetna kiselina (Tabela 31).

Tabela 31. Sadržaj cimetne kiseline (mg/kg zemlje) i ukupnih polifenola (mg/kg zemlje) u uzorcima zemljišta nakon primene različitih đubriva

	AF mono	AT mono	PŠ mono	KK mono	PŠ vs AF	PŠ vs AT	AT vs KK	AT vs AF
Ukupni polifenoli								
K	0	0.08	0	0	0	0	0.07	0
F1	0	0.04	0	0	0	0	0.06	0
F2	0	0.10	0	0	0	0	0.04	0
F3	0	0.10	0	0	0	0	0.18	0
Cimetna polifenolna kiselina								
K	0	15.51	0	0	0	0	45.54	0
F1	0	1.74	0	0	0	0	47.07	0
F2	0	0	0	0	0	0	40.47	0
F3	0	0.93	0	0	0	0	44.77	0

Mono-monokultura, K-kontrola, F1, F2, F3-đubriva, AF- *Avena fatua*, PŠ-pšenica, KK-ukuruz, AT- *Abutilon theophrasti*

Statističkom analizom je potvrđeno da su količine u tretmanima za sadržaj cimetne kiseline statistički značajno bile veće nego u kontroli i da je sadržaj ukupnih polifenola statistički značajno bio veći samo nakon primene đubriva F3 i to samo u sistemu sistemu gajenja *Abutilon theophrasti* sa biljkama kukuruza (Tabela 32).

Tabela 32. Statistička analiza sadržaja mg/kg zemlje ukupnih polifenola i cimetne kiseline u zemljištu

<i>Abutilon theophrasti</i> - monokultura					<i>Abutilon theophrasti</i> vs kukuruz			
	cimetna		UF		UF		cimetna	
K/F1	$\frac{15.51}{1.74}$	0.01**	$\frac{0.08}{0.04}$	ns	$\frac{0.07}{0.06}$	ns	$\frac{45.54}{47.07}$	ns
K/F2	$\frac{15.51}{0}$	0.000**	$\frac{0.08}{0.10}$	ns	$\frac{0.07}{0.04}$	ns	$\frac{45.54}{40.47}$	ns
K/F3	$\frac{15.51}{0.93}$	0.000**	$\frac{0.08}{0.10}$	ns	$\frac{0.07}{0.18}$	0.003**	$\frac{45.54}{44.77}$	ns
F1/F2	$\frac{1.74}{0}$	ns	$\frac{0.04}{0.10}$	ns	$\frac{0.06}{0.04}$	ns	$\frac{47.07}{40.47}$	ns
F1/F3	$\frac{1.74}{0.93}$	ns	$\frac{0.04}{0.10}$	ns	$\frac{0.06}{0.18}$	0.002**	$\frac{47.07}{44.77}$	ns
F2/F3	0	ns	0.10	ns	0.04	0.000**	40.47	ns

	0.93	0.10	0.18	44.77
SD	7.23	0.053	0.063	6.855
sredina	4.54	0.08	0.09	44.64

SD-standardna greška, K-kontrola, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$,
UF-ukupni polifenoli

Poređenje sadržaja cimetne kiseline i ukupnih polifenola u uzorcima zemljišta nakon primene đubriva u sistemu gajenja *Abutilon teophrasti* u monokulturi i gajenja sa biljkama kukuruza je urađeno t-testom (Tabela 33). Analizom je konstatovano da su količine ukupnih polifenola u oba sistema gajenja bile slične, odnosno razlike nisu bile statistički značajne. Međutim, razlike za sadržaj cimetne kiseline su bile statistički značajne. Sadržaj je u sistemu gajenja *Abutilon teophrasti* vs kukuruz bio veći u poređenju sa vrednostima za iste tretmane u monokulturi.

Tabela 33. Poređenje sadržaja mg/kg zemlje ukupnih polifenola i cimetne kiseline u zemljištu nakon primene đubriva u sistemu gajenja *Abutilon teophrasti* sa biljkama kukuruza i u monokulturi (t-test)

		UF (μg/g sveže mase)				cimetna			
		u monokulturi		sa kukuruzom		u monokulturi		sa kukuruzom	
		Kontrola							
		prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
		0.08	0.056	0.07	0.025	15.51	5.779	↑45.54	0.916
t		0.102				-8.889			
p		ns				0.0008**			
F1									
		prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
		0.04	0.011	0.06	0.027	1.74	3.009	↑47.07	1.143
t		-1.398				-24.392			
p		ns				0.0000**			
F2									
		prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
		0.10	0.063	0.04	0.011	0	0	↑40.47	14.662
t		1.587				-4.780			
p		ns				0.009**			
F3									
		prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD	prosek	SD
		0.01	0.068	0.18	0.190	0.93	1.617	↑44.77	1.129
t		-1.59				-38.495			
p		ns				0.0000**			

SD-standardna greška, ns-razlike nisu statistički značajne, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, t-test vrednost, UF-ukupni polifenoli, ↑-veći sadržaj

4.3. Efekat đubriva na sadržaj teških metala i mikroelemenata u zemljištu

U tabeli 34 su prikazane prosečne vrednosti sadržaja teških metala i mikroelemenata u uzorcima zemlje u kojima su gajene različite kombinacije biljaka i primenjena različita đubriva. Statistička analiza je prikazana u tabeli 35.

Na osnovu analize dobijenih podataka može se konstatovati da je u kontrolnim uzorcima (monokultura svake vrste i njihove kombinacije bez primene đubriva) utvrđen statistički značajno veći sadržaj: 1) nikla i cinka kod svih kontrolnih uzoraka, 2) žive u uzorcima gde su gajeni pšenica, *Abutilon teophrasti* i njihova kombinacija, 3) hroma u uzorcima gde su gajeni pšenica i *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua* i 4) bakra u uzorcima gde su gajeni pšenica, *Abutilon teophrasti* vs kukuruz, *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua* i pšenica vs *Avena fatua* u odnosu na uzorak čiste zemlje (bez biljaka, bez đubriva) (Tabele 34 i 35).

Mangan je detektovan u svim varijantama primene đubriva u količinama manjim ili jednakim sadržaju u čistoj zemlji (osim nakon primene đubriva F1u varijanti kukuruz vs *Abutilon teophrasti*, F2 u varijanti pšenica monokultura i F3 kod varijante *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua*).

Hrom je detektovan u svim varijantama primene đubriva u količinama manjim ili jednakim sadržaju u čistoj zemlji (osim nakon primene đubriva F1 i F3 kod kukuruz monokultura i primene F2 i F3 kod *Abutilon teophrasti* monokultura).

Živa je detektovana u količinama statistički značajno većim u odnosu na sadržaj u kontroli (čista zemlja) samo kod gajenja biljnih vrsta u monokulturi (osim kod kukuruza). Kod pšenice i *Avena fatua* je detektovana nakon primene svih ispitivanih đubriva i kod *Abutilon teophrasti* nakon primene đubriva F1 i F3.

Olovo je detektovano samo u varijanti gajenja *Abutilon teophrasti* u monokulturi nakon primene đubriva F2 u odnosu na sadržaj u čistoj zemlji.

Nikl je detektovan u količinama statistički značajno većim u odnosu na sadržaj u kontroli (čista zemlja) u svim varijantama gajenja i nakon primene svih ispitivanih đubriva i to: kod kukuruza nakon primene đubriva F3, kod pšenice i *Avena fatua* nakon primene đubriva F1 i F3, kod *Abutilon teophrasti* nakon primene svih ispitivanih đubriva, u varijanti kukuruz vs *Avena fatua* nakon primene đubriva F2, u varijanti kukuruz vs *Abutilon teophrasti* nakon primene đubriva F1 i F3, u varijanti *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua* nakon primene đubriva F3 i u varijanti pšenica vs *Avena fatua* nakon primene đubriva F2 i F3.

Bakar je detektovan u količinama statistički značajno većim u odnosu na sadržaj u kontroli (čista zemlja) u svim varijantama gajenja (osim kukuruz monokultura) i nakon primene svih ispitivanih đubriva i to: kod pšenice, *Abutilon teophrasti* i u varijanti pšenica vs *Avena fatua* nakon primene svih ispitivanih đubriva, kod *Avena fatua* nakon primene đubriva F2 i F3, u varijanti kukuruz vs *Avena fatua* nakon primene đubriva F1 i F2, u varijanti kukuruz vs *Abutilon teophrasti* nakon primene đubriva F1 i u varijanti *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua* nakon primene đubriva F3.

Cink je detektovan u količinama statistički značajno većim u odnosu na sadržaj u kontroli (čista zemlja) u svim varijantama gajenja i nakon primene svih ispitivanih đubriva i to: kod *Avena fatua*, *Abutilon teophrasti*, u varijanti kukuruz vs *Avena fatua*, *Abutilon teophrasti* vs *Avena fatua* i pšenica vs *Avena fatua* nakon primene svih ispitivanih đubriva, kod kukuruza i pšenice nakon primene đubriva F1 i F3 i u varijanti kukuruz vs *Abutilon teophrasti* nakon primene đubriva F1 i F2.

Nije uočena pravilnost nakupljanja određenih metala u zemljištu vezano za biljnu vrstu.

Tabela 34. Prosečne vrednosti sadržaja teških metala i mikroelemenata (mg/kg zemlje) u uzorcima zemlje

biljke	đubriva	hrom	živa	nikl	olovo	bakar	cink	mangan
zemlja	kontrola	0	3.082	0.099	0	17.498	9.843	59.356
KK	kontrola	0	1.491	0.289	0	15.609	11.632	39.272
PŠ	kontrola	44.442	3.778	17.299	0	21.177	25.551	45.337
AV	kontrola	0	1.094	0.109	0	5.193	-	-
AB	kontrola	0	3.977	49.413	0	16.802	16.206	44.243
KK vs AV	kontrola	0	2.585	0.398	0	16.802	14.516	42.255

KK vs AB	kontrola	0	2.883	6.065	0	21.674	32.014	49.115
AB vs AV	kontrola	2.585	2.983	15.808	0	22.370	33.307	50.408
PŠ vs AV	kontrola	0	3.679	0.398	0	21.276	23.862	57.367
KK	F1	3.267	≤	≤	0	≤	≤	≤
KK	F2	0	≤	≤	0	≤	10.835	≤
KK	F3	91.779	≤	48.530	0	≤	20.628	≤
KK vs AV	F1	0	≤	≤	0	19.987	19.986	≤
KK vs AV	F2	2.882	≤	3.479	0	24.749	38.962	≤
KK vs AV	F3	0	≤	≤	0	≤	13.300	≤
KK vs AB	F1	0	≤	1.589	0	22.951	22.355	65.375
KK vs AB	F2	0	≤	≤	0	≤	12.987	≤
KK vs AB	F3	1.898	≤	2.098	0	≤	≤	≤
AB vs AV	F1	0	≤	≤	0	≤	13.291	≤
AB vs AV	F2	0	≤	≤	0	≤	19.503	≤
AB vs AV	F3	13.181	≤	6.640	0	21.705	28.543	64.717
PŠ vs AV	F1	0	≤	≤	0	22.989	25.577	≤
PŠ vs AV	F2	21.044	≤	9.728	0	20.846	26.405	≤
PŠ vs AV	F3	0	≤	12.896	0	25.692	29.791	62.881
PŠ	F1	0	4.381	46.604	0	18.821	≤	≤
PŠ	F2	0	5.284	≤	0	23.228	28.212	62.406
PŠ	F3	0	6.356	0.993	0	24.133	29.695	≤
AV	F1	0	4.289	20.052	0	≤	17.558	≤
AV	F2	0	4.499	≤	0	19.796	20.596	≤
AV	F3	0	5.889	2.495	0	22.359	25.354	≤
AB	F1	0	4.078	2.089	0	19.694	25.462	≤
AB	F2	1.044	≤	1.832	1.202	18.635	24.052	≤
AB	F3	1.890	4.578	3.283	0	27.159	29.745	≤

KK-kukuruz, AV-Avena fatua, AB-Abutilon theophrasti, PŠ-pšenica, ≤ -manje ili jednako od sadržaja u kontroli zemlje bez biljaka i đubriva

Tabela 35. Statistička analiza sadržaja (mg/kg zemlje) teških metala i mikroelemenata u uzorcima zemlje tretiranim đubrivima u odnosu na kontrolu (LSD test)

K vs uzorak	đubriva	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Zn	Mn
KK	F1	**	-	-	-	-	-	-
KK	F2	-	-	-	-	-	**	-
KK	F3	**	-	**	-	-	**	-
KK vs AV	F1	-	-	-	-	**	**	-
KK vs AV	F2	**	-	**	-	**	**	-
KK vs AV	F3	-	-	-	-	-	**	-
KK vs AB	F1	-	-	**	-	**	**	**
KK vs AB	F2	-	-	-	-	-	**	-
KK vs AB	F3	**	-	**	-	-	-	-

<i>AB vs AV</i>	F1	-	-	-	-	-	**	-
<i>AB vs AV</i>	F2	-	-	-	-	-	**	-
<i>AB vs AV</i>	F3	**	-	**	-	**	**	**
<i>PŠ vs AV</i>	F1	-	-	-	-	**	**	-
<i>PŠ vs AV</i>	F2	**	-	**	-	**	**	-
<i>PŠ vs AV</i>	F3	-	**	-	-	**	**	**
<i>PŠ</i>	F1	-	**	**	-	**		-
<i>PŠ</i>	F2	-	**	-	-	**	**	**
<i>PŠ</i>	F3		**	**	-	**	**	-
<i>AV</i>	F1	-	**	**	-	-	**	-
<i>AV</i>	F2	-	**	-	-	**	**	-
<i>AV</i>	F3	-	**	**	-	**	**	-
<i>AB</i>	F1	-	**	**	-	**	**	-
<i>AB</i>	F2	**	-	**	**	**	**	-
<i>AB</i>	F3	**	**	**	-	**	**	

K-kontrola, p<0,01 **, KK-kukuruz, PŠ-pšenica, AB-*Abutilon theophrasti*, AV-*Avena fatua*, Hg-živa, Zn-cink, Pb-olovo, Cr-hrom, Ni-nikl, Mn-mangan, Cu-bakar

4.4. Efekat đubriva na klijanje semena korova i useva

Sposobnost klijanja semena korova i useva u rastvorima različitih đubriva prikazana je u tabeli 36.

Seme *Avena fatua* je klijalo u intervalu 27.78 do 73.61% u odnosu na kontrolu. Procenat klijanja semena u rastvorima sintetičkih đubriva bio ispod 45% (Tabela 36).

Seme *Abutilon theophrasti* je klijalo u intervalu 38.89 do 100% u odnosu na kontrolu. Procenat klijanja semena u rastvoru đubriva F3 (sintetičko) bio ispod 40% (Tabela 36).

Seme kukuruza je klijalo u intervalu 51.68 do 96.63% u odnosu na kontrolu. Procenat klijanja semena u rastvoru đubriva F3 (sintetičko) bio preko 50% (Tabela 36).

Seme pšenice je klijalo u intervalu 71.11 do 100% u odnosu na kontrolu. Procenat klijanja semena u rastvoru đubriva F3 (sintetičko) bio preko 70% (Tabela 36).

Na osnovu analize može se zaključiti da je klijavost svih semena bila najbolja u rastvoru đubriva F1 (organsko), dok je najslabija bila u rastvoru đubriva F3 (sintetičko). Opšti zaključak ovih

ispitivanja je da su sintetička đubriva usporavala i sprečavala klijanje semena svih proučavanih vrsta u poređenju sa kontrolom.

Tabela 36. Procenat klijanja semena korova i useva u odnosu na kontrolu u rastvorima različitih đubriva

	kontrola	F1	F2	F3
<i>Avena fatua</i>				
2 dan	0	0	0	0
4 dan	44	7	12	7
6 dan	23	19	8	0
8 dan	5	9	8	4
10 dan	0	18	4	9
suma	72	53	32	20
%		73.61	44.44	27.78
<i>Abutilon teophrasti</i>				
2 dan	1	0	1	0
4 dan	9	17	12	3
6 dan	1	0	1	0
8 dan	4	0	2	2
10 dan	3	1	0	2
suma	18	18	15	7
%		100	83.33	38.89
<i>Kukuruz</i>				
2 dan	0	0	0	0
4 dan	80	67	49	34
6 dan	1	3	4	0
8 dan	5	4	5	1
10 dan	3	12	2	11
suma	89	86	60	46
%		96.63	67.41	51.68
<i>Pšenica</i>				
2 dan	84	83	51	8
4 dan	3	7	4	46
6 dan	3	-	0	0
8 dan	-	-	0	1
10 dan	-	-	0	9
suma	90	90	55	64
%		100	61.11	71.11

5.0. DISKUSIJA

5.1. Polifenoli i antioksidativna aktivnost

Polifenoli spadaju u grupu sekundarnih metabolita biljaka. Postoji veći broj klasifikacija polifenola ali se osnovnom smatra podela prema broju ugljenikovih atoma (Balasundram i sar., 2006). Osnovna funkcija polifenola je doniranje vodonikovih atoma u svrhu neutralisanja slobodnih radikala (nastaje manje reaktivni radikal npr. fenoksil radikal) (Duh i sar., 1999). Polifenoli su različito raspoređeni u biljkama, rastvoreni se nalaze u vakuolama ćelija, a vezani (nerastvoreni) u ćeliskom zidu (Naczki i Shahidi, 2004). Polifenole biljke aktiviraju u uslovima stresa: ekstremne temperature, UV zračenje, salinitet, višak i nedostatak vlage, prisustvo teških metala, kompeticija sa drugim biljkama itd. (Sharma i sar., 2019; Linić i sar., 2019).

5.1.1. Efekat đubriva na sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina

U uslovima kompeticije useva i korova veći sadržaj polifenola obezbeđuje bolju kompetitivnost. Primenom različitih agrotehničkih mera čovek podešava uslove za optimalan porast useva, a svaka nekontrolisana primena povećava kompetitivnost korova. Kompeticijski odnosi, posebno u uslovima stresa, predstavljaju ozbiljan sistem na koji se može uticati pozitivno i negativno. Agrotehničke mere, suzbijanje korova i prihrana useva, predstavljaju najadekvatniju meru za neutralisanje nepovoljnog uticaja prisustva korova. Nekompatibilna primena herbicida je uslovlila pojavu globalnog problema u poljoprivrednoj proizvodnji, a to je rezistentnost korova. Uz to i nekontrolisana primena đubriva obezbeđuje opstanak i širenje rezistentnih vrsta, kao i kontaminiranje životne sredine. Sintaza polifenola u stresnim uslovima za razvoj korova (agrofitocenoze) pojačava njihovu kompetitivnu sposobnost. Zbog toga je predmet ove disertacije bio da se isprati efekat primene đubriva, na vrste koje se teško suzbijaju *Avena fatua* i *Abutilon theophrasti*, u usevima značajnim za ishranu ljudi, a to su kukuruz i pšenica. Svi rezultati pokazuju da u uslovima monokulture, i korovi i usevi, ne aktiviraju mehanizme za poboljšanje svoje kompeticijske sposobnosti. Međutim, u uslovima kompeticije dolazi do promena u sadržaju polifenola i njihove aktivnosti.

Istraživanja su pokazala da se vrsta *Avena fatua* može svrstati u grupu od deset najproblematičnijih vrsta u usevima pšenice. Nedostatak visokoefikasnih herbicida, razvoj rezistentnosti na herbicide i njena veća kompetitivna prednost ističu potrebu da se ova vrsta prouči sa aspekta primene agrotehničkih mera. Sa druge strane, proizvodnja kukuruza je ugrožena sve većim prisustvom rezistentnih populacija *Abutilon theophrasti*. Generalno primena agrotehničkih mera (prihrana, herbicidi, obrada zemljišta itd.) ima za cilj kontrolu korova na obradivim površinama. Međutim, svaka mera ima prednosti i nedostatke po pitanju efekta na korovske zajednice. Do sada najviše ispitivana i najviše primenjivana je upotreba herbicida. Primena herbicida je bila najsigurnija mera za postizanje visokih prinosa. Međutim, sve prisutniji problem, razvoj rezistentnosti korova na herbicide i veliko zagađenje podzemnih voda i zemljišta su uticali na promenu svesti proizvođača. Takođe, druga agrotehnička mera za postizanje visokih prinosa, primena đubriva, postaje predmet analize u smislu proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane. Primena đubriva se obavlja pre ili posle primene herbicida i uspeh je kratkoročno bio zagarantovan. Međutim, u uslovima kada se prelazi na sistem organske proizvodnje postavlja se pitanje efekta primenjenih đubriva na korovske i gajene biljke u funkciji vremena. Ovakva razmišljanja su postavila radnu hipotezu: efekat đubriva biće jednak i na korove i na usev u uslovima kompeticije, što predstavlja problem u sistemu organske proizvodnje.

Većina obavljenih istraživanja u svetu se bavila procenom kompeticije korova i useva na osnovu brojnosti biljaka po jedinici površine. Istraživanja Bell i Naelewaja (2017) su pokazala da broj 70-160 klijanaca po m² *Avena fatua* smanjuje prinos pšenice 22,1-39,1%. Dalje, autori u svojim ogledima ističu da se primenom azotnih i fosfornih đubriva može poboljšati kompeticijska prednost biljaka pšenice. Suprotno ovome Agenbag i Villers (2006) ističu da azotna đubriva pogoduju boljem klijanju semena *Avena fatua* 76,1% (vs kontrola, 21,6%), zatim povećavaju njenu biomasu (Sexsmith i Pittman, 1963) i kompetitivnu prednost (Pourezza i Bahrani, 2015) u odnosu na biljke pšenice. Sa druge strane Chancellor i Peters (1976.) zaključuju da primena azotnih đubriva umanjuje (50%) kompetitivnu sposobnost *Avena fatua* u odnosu na biljke pšenice, a uvećava (16%) u odnosu na biljke ječma. Sličan efekat na prinos biljaka kukuruza imaju biljke *Abutilon theophrasti*. Istraživanja su pokazala da godišnji gubitak prinosa kukuruza i soje dostiže 343 miliona dolara (Spencer, 1984). Često se dešava da u uslovima idealnim za gajenje kukuruza (navodnjavanje, azotna đubriva) prisustvo *Abutilon theophrasti* smanjuje prinos zbog prirodno jače kompetitivne

spособnosti da u takvim uslovima bolje koristi sunčevu svetlosti (Lindquist i Mortensen, 1999). U nekim ogleđima je pokazano da *Abutilon theophrasti* i kukuruđ jednako usvajaju azot iz đubřiva, ali indeks lisne površine i biomasa biljaka *Abutilon theophrasti* obezbeđuju veću kompetitivnu prednost u odnosu na biljke kukuruđa (Barker i sar., 2006). Istraživanja o efektu ove korovske vrste na prinos kukuruđa su pokazala da prinos može biti smanjen do 80% (Lindquist i sar., 1996). Velike kompetitivna sposobnost *Abutilon theophrasti* se vezuje i za razvoj korenovog sistema. Izmereno je da u uslovima dodavanja azota podzemi i nadzemni delovi *Abutilon theophrasti* više rastu (sa 46 na 82%) nego kukuruđa (sa 29 na 45%) (Bonifas i sar., 2005; Parrish i Bazzaz 1982).

Da bi se dobio pun efekat prihrane i izbegao pozitivan efekat na korovsku populaciju, primena đubřiva treba da se obavi na osnovu analize potreba ciljane ratarske vrste u datim agroekološkim uslovima, zatim spektra korovske populacije i hemijske analize kvaliteta zemljišta. Kao primer može se navesti podatak da biljke kukuruđa bolje usvajaju azot nego *Abutilon theophrasti*, posebno u zemljištima siromašnim ovim asimilativom (Bonifas i sar., 2005). Sdruge strane, višak azota obezbeđuje bolji rast korova (posebno robusnih vsrta, *Abutilon theophrasti*) (Qasem, 1992; DiTomaso 1995). Bonifas i sar. (2005) iznose mišljenje da korovi u uslovima nedostatka azota pojačavaju razvoj korenovog sistema sa ciljem usvajanja potrebnih količina za svoje životne funkcije. U uslovima konvencionalnog sistema gajenja useva, primenjena đubřiva utiču na efikasnost korišćenih herbicida. Uočena je smanjena osetljivost vrsta *Setari viridis* (6x) na a.m. nikosulfuron i *Amaranthus retroflexus* na a.m. nikosulfuron, glifosat i mezotrion nakon primene đubřiva sa nižim koncentracijama azota (Catchart i sar., 2009). Takođe, sprovedena istraživanja su pokaza da primena đubřiva (npr. fosfornih) može doprinete boljem razvoju rezistentnosti korova. Mehanizam koji aktivira rezistentnost putem metabolizma uzima fosfor iz đubřiva (fosfiti) i ugrađuje u enzime važne za taj proces (Achary i sar., 2017).

Tokom sprovedenih ogleđa ispitivan je efekat primenjenih đubřiva na sadržaj polifenola kao glavnih metabolita u odbrambenom mehanizmu biljaka. Takođe, ispitivana je interakcija sistema gajenja (monokultura, kompeticija) sa primenom đubřiva na sadržaj polifenola. Generalno je konstatovano da svaka vrsta (korov, usev) u uslovima monokulture, sa ili bez primene đubřiva, ne sintetise više polifenola u odnosu na kontrolu (Grafici 4, 6, 9 i 12; Tabele 5, 10, 18 i 26). Ovakav zaključak je bio očekivan, biljke nisu bile izložene stresu (kompeticiji za resurse). Suprotno ovome bilo je za

očekivati da uslovi gajenja u kompeticiji dovedu do pojačane sinteze polifenola. U skladu sa tim izmerene su veće količine pojedinačnih polifenolnih kiselina u odnosu na kontrolu, ali razlike nisu bile statistički značajne (osim kod biljaka *Abutilon theophrasti* vs kukuruz) (Tabela 19). Kod drugih ispitivanih vrsta konstatovano je statistički značajno uvećanje samo ferulne kiseline: (1) kod biljaka pšenice u uslovima gajenja sa *Avena fatua* nakon primene đubriva F3 (Tabela 11), (2) kod biljaka *Abutilon theophrasti* u uslovima gajenja sa pšenicom nakon primene đubriva F1 i F2 (Tabela 20) i (3) kod biljaka kukuruza u uslovima gajenja sa *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva F1 (Tabela 27). Pojačana sinteza ferulne kiseline se može dovesti u vezu sa činjenicom da su za rast biljaka potrebni protein (u procesu bio sinteze učestvuje ferulna kiselina). Takođe, njeno uloga se vezuje za regulaciji sadržaja hlorofila (Paterson, 1981; He i Lin, 2001). Ogledi su pokazali da veći sadržaj ferulne kiseline nije uzrokovan vrstom đubriva (organska, sintetička) iako istraživanja upućuju da razlike postoje. Suprotno našim rezultatima Cojocar i sar. (2020) navode da primena bioloških đubriva, nasuprot organskim i hemijskim, uvećava sadržaj kumarne i ferulne kiseline. Generalno se veći sadržaj ferulne kiseline može objasniti činjenicom da je ona prirodno prisutna u tkivu biljaka pšenice i kukuruza (kukuruz 98,9%, pšenica 98,8%, ovas 97,8%) (Adom i sar., 2002). Na osnovu iznetog očekivano je bilo da će biljke pšenice ispoljiti veću kompetitivnu prednost u odnosu na druge biljke. Istraživači su izolovali 7 vrsta alelohemikalija (kumarna, vanilinska, ferulna kiselina itd.) u tkivu pšenice za koje se smatra da, pojedinačno ili u interakciji, ispoljavaju alelopatsko delovanje na korove u okruženju (Wu i sar., 2001; Einhelling, 1995).

Poređenje sadržaja polifenolnih kiselina (t-test) u različitim sistemima gajenja (monokultura, kompeticija) je pokazao da se sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina u uslovima kompeticije povećava (Tabele 7, 13, 14 i 21). Međutim, nije utvrđena zavisnost promena sadržaja od vrste đubriva. Uvećani sadržaj polifenolnih kiselina se dovodi u vezu sa činjenicom da uslovi kompeticije (stres) pojačavaju borbu za dostupne resurse (vode, svetlosti) i hraniva iz primenjenih đubriva.

Ispitivanja efekta konvencionalnog i organskog sistema gajenja ratarskih useva i povrća tema su brojnih istraživanja. Generalno se prednost daje sistemu organske proizvodnje sa svih aspekata (Sousa i sar., 2005; Stracke i sar., 2009; D'evoli i sar., 2010). U našim ogledima oba pristupa gajenja (monokultura, kompeticija) simuliraju organski način proizvodnje, ali su promene u sadržaju

polifenola konstatovane samo u sistemu kompeticije. Druga ispitivanja na sadržaj polifenola, u organskom sistemu gajenja voća i povrća (jabuke, jagode, kupus itd.), pokazala su da je sinteza polifenola pojačana, nasuprot neispoljenim promenama kod gajenja ratarskih useva (ovas, pirinač) (Dimberg i sar., 2005; Søltoff i sar., 2010; Kesarwani i sar., 2014). Objašnjenje negativnog efekta konvencionalnog sistema gajenja na sadržaj polifenola može se objasniti primenom herbicida (npr. inhibitori šikiminske kiseline) koji blokiraju biohemijski proces sinteze proteina i polifenola (D'evoli i sar., 2010). Tokom sprovedenih i prikazanih istraživanja nije konstatovana generalna pravilnost/prednost u upotrebi organskih đubriva u odnosu na sintetička, ali se mogu definisati značajni efekti na pojedinačne ispitivane vrste. Sintetičko đubrivo (F3) je ispoljilo statistički značajan efekat na uvećanje sadržaja hlorogene i ferulne kiseline u biljkama *Avena fatua* gajenih sa pšenicom (Tabela 6), kao i na i sadržaj ferulne kiseline u biljkama pšenice gajenih sa *Avena fatua* (Tabela 11). Đubrivo F3 je bilo je efikasnije na biljke pšenice u odnosu na ostala. Kod biljaka *Abutilon theophrasti* gajenih sa kukuruzom uočeno je statistički značajno uvećanje svih polifenolnih kiselina u odnosu na kontrolu nakon primene svih ispitivanih đubriva (Tabela 19), dok je kod ove vrste u smeši sa pšenicom konstatovan je efekat organskog đubriva (F1) na sadržaj ferulne i kumarne kiseline i sintetičkog đubriva (F2) na sadržaj ferulne (Tabela 20). Generalno je đubrivo F2 imalo bolji efekat u odnosu na druga ispitivana đubriva na biljke *Abutilon theophrasti* (Tabele 19 i 20). Efekat sintetičkih đubriva se može objasniti većim sadržajem azota u odnosu na organska i činjenicom da se sadržaj polifenola menja zavisno od sadržaja ovog elementa. Suprotno našim rezultatima Wendy i sar. (2012) ističu da su organska azotna đubriva više uticala na akumulaciju polifenolnih kiselina u poređenju sa sintetičkim. Do istih zaključaka su došli Stefanelli i sar. (2010) i Ma i sar. (2015). Mudau i sar. (2007) dodaju da i druga đubriva (kalijumova, fosfatna) utiču na sadržaj polifenola kao i azotna. Potpuno suprotnog mišljenja su Li i sar. (2008) i Biesiada i sar. (2010). Ovi autori smatraju da se dodavanjem azota umanjuje sadržaj polifenolnih kiselina u biljkama.

Kompeticija između biljnih vrsta najviše zavisi od njihovih fizioloških i morfoloških osobina. Broj stoma, visina, veličina i površina listova utiču na usvajanje svetlosti i proces fotosinteze, veličina korenovog sistema na usvajanje vode i biljnih asimilativa itd. Čovek svojim primenom herbicida, đubriva i drugim agrotehničkim merama modifikuje prirodne osobine useva i korova. U ovim ogledima uticaj agrotehničkih mera je sveden na minimum. Analizirajući kompeticijske odnose

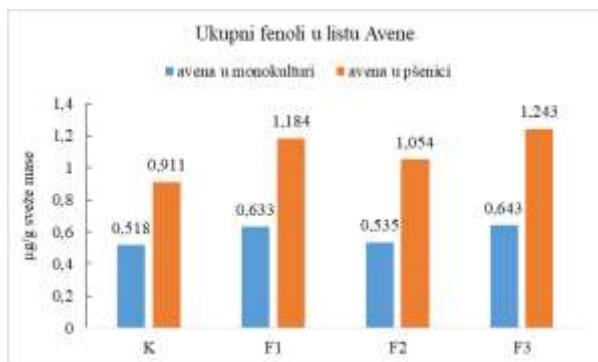
između biljnih vrsta u uslovima primene različitih đubriva konstatovan je samo efekat biljaka kukuruza (u poređenju sa efektom biljaka pšenice) na statistički značajno uvećanje sadržaja polifenolnih kiselina (ferulna, kumarna, cimetna) u biljkama *Abutilon theophrasti* (Tabela 23). Kukuruz i pšenica kao C₃ (Kelvinov ciklus) biljke prirodno bolje usvaja dostupan azot iz zemljišta nego *Abutilon theophrasti* (C₄ biljka) (Bonifas i sar., 2005). Pojačana sinteza polifenola u uslovima gajenja *Abutilon theophrasti* sa biljkama useva je težnja prevazilaženja stresne situacije izazvane uslovima kompeticije. Međutim, rast sa biljkama kukuruza je podstakao statistički značajnu sintezu polifenola u odnosu na sintezu u uslovima rasta sa biljkama pšenice uzrokovano habitusom biljaka (Tabela 23). Biljke kukuruza imaju veliki habitus i utiču više na biljke *Abutilon theophrasti* u poređenju sa biljkama pšenice, što je rezultiralo intenzivnijim aktiviranjem mehanizama odbrane i preživljavanja.

5.1.2. Efekat đubriva na sadržaj ukupnih polifenola i antioksidativnu aktivnost

Važan indikator o intezitetu kompeticijskih odnosa predstavljaju sadržaj ukupnih polifenola i njihova antioksidativna aktivnost. Veliki broj faktora utiče na ispoljavanje antioksidativnog potencijala biljaka (fiziološki procesi, uslovi sredine itd.) pa zbog toga postoji više mehanizama antioksidativne aktivnosti, doniranje H atoma i elektrona i neutralizacija slobodnih radikala (Ksouri i sar., 2008). Generalno antioksidativne supstance sprečavaju oksidaciju proteina, lipida i ugljenih hidrata u biljkama (Halliwell, 1990). Slobodni radikali su prisutni u svim ćelijama. To su molekuli, atomi i joni koji imaju nesparene elektrone (Čanadanović-Brunet, 1997). Na osnovu svoje reaktivnosti slobodni radikali se dele na postojane i nepostojane. U živim ćelijama brojni elementi mogu imati nesparene elektrone, na primer ugljenik, kiseonik, azot, vodonik, halogeni elementi (Cl), alkalni metali (Na) itd. (Piletić i sar., 1992). Kiseonik učestvuje u izgradnji reaktivnih vrsta kiseonika, hlora i azota (Fang i sar., 2002). Reaktivne vrste azota i kiseonika neprestano nastaju u živim ćelijama i predstavljaju bitan faktor u brojnim fiziološkim procesima. Međutim, ako se naruši oksidoreduktivna ravnoteža u ćelijama zbog prisustva slobodnih radikala nastaje oksidativni stres (Vaya i Aviram, 2001). Slobodni radikali se vezuju za najbliže stabilne molekule tako što uzimaju njihove elektrone. U tom procesu molekul postaje slobodan radikal i tako se negativan niz nastavlja, dolazi do peroksidacije lipida u ćelijskim membranama (Kaur i Kapoor, 2001). Da bi sprečile destabilizaciju ćelije su razvile zaštitne faktore, i to antioksidante i

antioksidativne enzime (Wu i Cederbaum, 2003). U najefikasnije antioksidanse spadaju polifenoli i polifenolne kiseline. Antioksidativna aktivnost polifenola zavisi od položaja supstituenta na aromatičnom prstenu. Hidroksi derivati cimetne kiseline su jači antioksidanti od derivata benzoeeve kiseline. Zbog toga smo u istraživanjima pratili sintezu polifenola i njihove aktivnosti u samoniklim i gajenim biljkama u uslovima kompeticije nakon primene različitih đubriva (organska, sintetička). Analiza dobijenih rezultata je potvrdila da su sadržaj i aktivnost polifenola u korelaciji (pozitivnoj ili negativnoj) sa uslovima gajenja i primenom đubriva. Međutim, za razliku od sadržaja pojedinačnih polifenolnih kiselina (veći sadržaj u uslovima kompeticije) statistički značajne promene u sadržaju ukupnih fenola u odnosu na kontrolu konstatovane su u oba sistema gajenja (monokultura, kompeticija) (Tabele 8, 9, 16, 17, 24 i 29; Grafici 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 i 20).

Kod biljaka *Avena fatua*, u uslovima monokulture, primenjena đubriva su imala ujednačen efekat na sadržaj ukupnih fenola (Grafik 13) (efekat đubriva F3 (sintetičko) je bio statistički značajan, Tabela 8. Međutim, u uslovima kompeticije se konstatuje statistički značajan efekat đubriva F3 (sintetičko) i F1 (organsko) (Tabele 8 i 9, Grafik 13). U skladu sa tim, izmerena je statistički značajno uvećana antioksidativna aktivnost u odnosu na kontrolu u uslovima kompeticije (Tabele 8 i 9, Grafik 14). Takođe, konstatuje se najveći efekat đubriva F2 (sintetičko) na antioksidativnu aktivnost u uslovima kompeticije. Dobijeni rezultat ukazuje da se biljke *Avena fatua* u uslovima kompeticije (stresa) bore uvećanjem sadržaja ukupnih fenola i njihove antioksidativne aktivnosti (Tabela 9, Grafik 13 i 14).

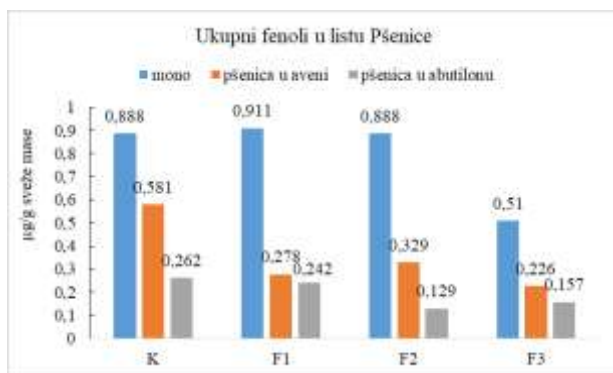


Grafik 13. Sadržaj ukupnih fenola u listovima *Avena fatua* u različitim sistemima gajenja

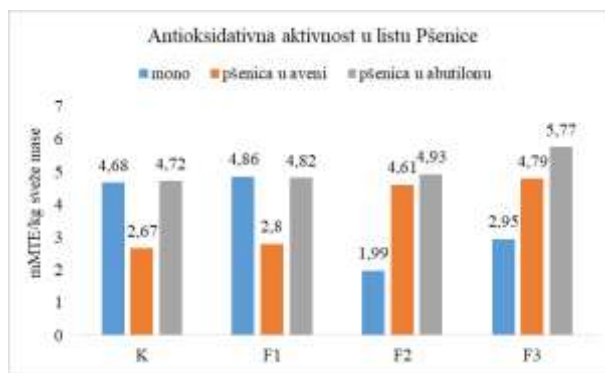


Grafik 14. Antioksidativna aktivnost ukupnih fenola u listovima *Avena fatua* u različitim sistemima gajenja

Za razliku od *Avena fatua* kod biljaka pšenice se meri manji sadržaj ukupnih fenola u odnosu na kontrolu izazvan uslovima gajenja (kompeticija sa biljkama *Avena fatua*), a ne primenom đubriva (Grafik 15, Tabela 16). Prosečan sadržaj ukupnih fenola u uslovima monokulture u kontrolnim biljkama je bio 0,888 $\mu\text{g/g}$ sveže mase (888 mg/kg), a u sistemu gajenja sa biljkama *Avena fatua* 0,582 $\mu\text{g/g}$ sveže mase (582 mg/kg) i sa biljkama *Abutilon theophrasti* 0,262 $\mu\text{g/g}$ sveže mase (262 mg/kg). Dobijene vrednosti su u skladu sa rezultatima drugih istraživanja (453,8 mg/kg) (Wu i sar., 2001). Sa druge strane, antioksidativna aktivnost ukupnih fenola u uslovima gajenja sa biljkama *Avena fatua* raste nakon primene đubriva F2 i F3 (sintetička), kao i u uslovima gajenja sa *Abutilon theophrasti* nakon primene đubriva F3 (Tabela 16, Grafik 16). Konstatuje se bolji efekat sintetičkih đubriva na antioksidativnu aktivnost. Dobijeni rezultat ukazuje da se biljke pšenice u uslovima stresa bore uvećanjem antioksidativne aktivnosti (Tabela 17, Grafik 16).



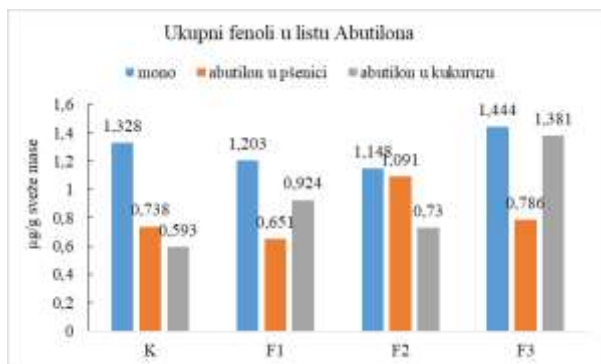
Grafik 15. Sadržaj ukupnih fenola u listovima pšenice u različitim sistemima gajenja



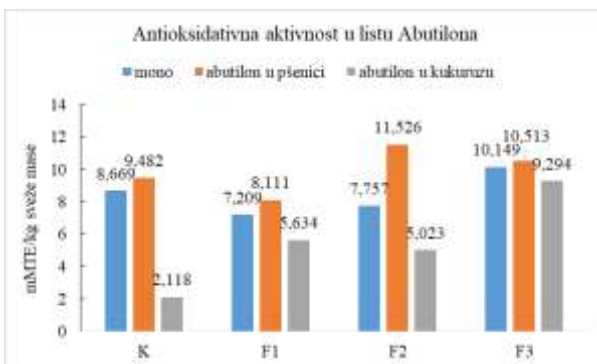
Grafik 16. Antioksidativna aktivnost ukupnih fenola u listovima pšenice u različitim sistemima gajenja

U biljkama *Abutilon theophrasti* u uslovima monokulture nisu konstatovane značajne promene sadržaja ukupnih fenola i njihove antioksidativna aktivnost u odnosu na kontrolu bez obzira na primenu đubriva (osim nakon primene đubriva F3 (sintetičko), Tabela 24, Grafik 17). Međutim, u uslovima gajenja sa biljkama pšenice meri se porast sadržaja ukupnih fenola u odnosu na kontrolu nakon primene đubriva F2 (sintetičko), a u uslovima gajenja sa biljkama kukuruza nakon primene svih ispitivanih đubriva (Tabela 24, Grafik 17). Antioksidativna aktivnost ukupnih fenola je porasla u odnosu na kontrolu u oba slučaja (osim nakon primene đubriva F1 (organsko) u sistemu gajenja sa pšenicom, Grafik 18). Takođe, konstatuje se sličan efekat organskih i sintetičkih đubriva, sa blagom

prednošću sintetičkih (Grafik 17, 18). Dobijeni rezultat ukazuje da se biljke *Abutilon theophrasti* u uslovima stresa bore uvećanjem sadržaja ukupnih fenola i njihove antioksidativne aktivnosti (Tabela 24, Grafik 17 i 18).

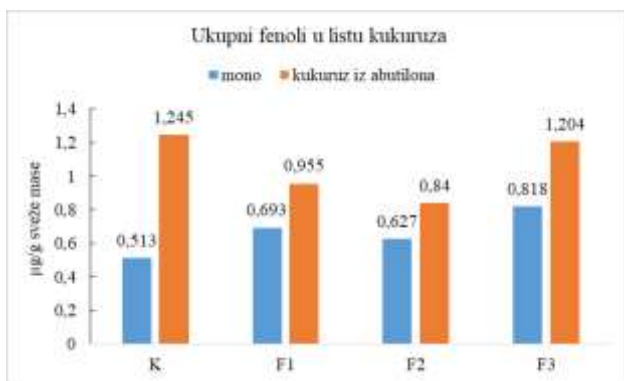


Grafik 17. Sadržaj ukupnih fenola u listovima *Abutilon theophrasti* u različitim sistemima gajenja



Grafik 18. Antioksidativna aktivnost ukupnih fenola u listovima *Abutilon theophrasti* u različitim sistemima gajenja

Kod biljaka kukuruza u uslovima monokulture i u sistemu gajenja sa biljkama *Abutilon theophrasti* nisu zabeležene promene u sadržaju ukupnih fenola i njihove antioksidativne aktivnosti (Tabela 29, Grafik 19 i 20). Takođe, efekat ispitivanih đubriva nije ispoljen (osim blagi uticaj đubriva F3 na oba parametra, bez statističke značajnosti) (Tabela 29).



Grafik 19. Sadržaj ukupnih fenola u listovima kukuruza u različitim sistemima gajenja



Grafik 20. Antioksidativna aktivnost ukupnih fenola u listovima kukuruza u različitim sistemima gajenja

Dobijeni rezultat ukazuje da se biljke kukuruza u uslovima stresa ne bore uvećanjem sadržaja fenola i njihove antioksidativne aktivnosti, što je potpuno suprotno biljkama *Abutilon theophrasti* (grafik 17, 18, 19 i 20). Suprotna aktivnost biljaka kukuruza i *Abutilon theophrasti* u uslovima stresa (kompeticije) se može objasniti činjenicom da u uslovima ograničene primene azota biljke *Abutilon theophrasti* potrebne količine azota obezbeđuju uvećanjem mase i površine listova i korena. Dobijeni rezultati za sadržaj fenola su u skladu sa istraživanjima Simić i sar. (2020). Autori su ispitivali efekat azotnih đubriva na sadržaj fenola u zrnu kukuruza. Konstatovali su da se sadržaj fenola smanjuje u odnosu na kontrolu sa porastom primenjenih količina azota. Negativna korelacija se objašnjava takmičenjem procesa biosinteze proteina i fenola za isti precursor, L-fenilalanin (Jones i Hartley, 1999). Takođe, neka istraživanja ukazuju da azot utiče na aktivnost enzima (fenilalanin amonijum-liaza) odgovornog za biosintezu fenola (Haukioja i sar., 1998). Sličan efekat azota utvrđen je i na sadržaj fenola u biljkama pšenice (Langenkämper i sar., 2006). Sa druge strane ispitivanja o efektu đubriva na sadržaju fenola u korovskim biljkama nisu pokazala pravilnost. U slučaju vrste *Vicia faba* konstatovan je niži sadržaj fenola u odnosu na kontrolu nakon primene mineralnih đubriva, a uvećan sadržaj nakon kombinovane primene mineralnih i organskih đubriva (Cucci i sar., 2019). Kod krtola *Helianthus tuberosus* izmeren je najveći sadržaj hlorogene kiseline i njene antioksidativne aktivnosti u varijanti bez primene azota (Amarowicz i sar., 2015).

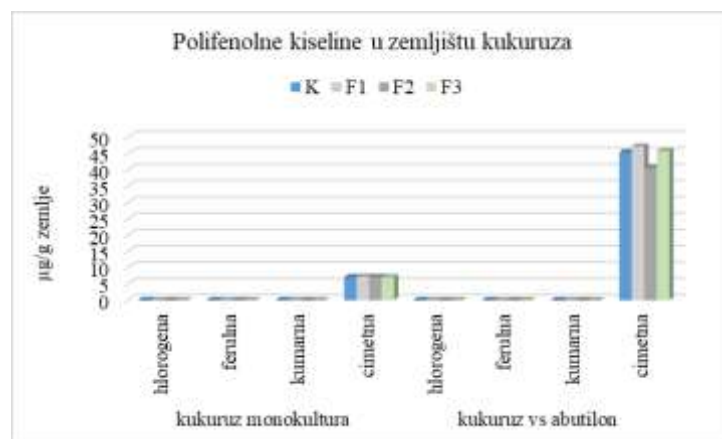
Na osnovu sprovedenih analiza konstatuje se da se biljke useva u uslovima stresa bore pojačanom antioksidativnom aktivnošću (pšenica) ili na neki drugi način (bez aktiviranja pojačane sinteze i antioksidativne aktivnosti fenola) (kukuruz). Suprotno njima korovske biljke (*Avena fatua*, *Abutilon theophrasti*) se u uslovima stresa bore uvećanom sintezom polifenola i njihovom pojačanom antioksidativnom aktivnošću.

5.1.3. Efekat đubriva na sadržaj polifenola u zemljištu

Osnova alelopatskog delovanja između biljaka se zasniva na prisustvu alelohemikalija u rizosferi. Alelohemikalije dospevaju u rizosferu putem lučenja korenovog sistema ili razlaganjem biljnih ostataka. Istraživanja su pokazala da je slama pšenice rastvorljiva u vodi i da njenim razlaganjem alelohemikalije lako dospevaju u zemljište (Shilling i sar., 1985). Sastav alelohemikalija iz slame je

raznolik: kumarna, vanilinska i ferulna kiselina su najprisutnije, kao i njihovo delovanje (klijanje, rast klijanaca itd.) (Lodhi i sar., 1987). Autori su naveli ferulna i kumarna kiselina u malim koncentracijama (10^{-4} do 10^{-3}) inhibiraju klijanje semena *Raphanus sativus*. Blum i sar. (1991) su ispitivali efekat polifenolnih kiselina u zemljištu u kom je gajena pšenica i konstatovali da mix polifenolnih kiselina (iz pšenice) inhibiraju rast korenka i hipokotila *Trifolium incarnatum*. Takođe, postoje istraživanja koja objašnjavaju da alelohemikalije iz pšenice mogu sprečiti napad štetočina (Lovett i sar., 1992; Nicol i sar., 1992). Izvedena istraživanja u ovoj disertaciji su pokazala da je u zemljištu (gde je gajena pšenica) u različitim sistemima gajenja najviše detektovano cimetne kiselina, a da hlorogene nije bilo (Grafik 21). Analiza efekta primenjenih đubriva kod biljaka pšenice je pokazala da je: (1) kumarna kiselina detektovana u sistemu monokulture nakon primene sintetičkih đubriva (F2, F3), a cimetna u kontroli i (2) u sistemu gajenja sa biljkama *Avena fatua* kumarna kiselina nakon primene sintetičkog đubriva F2, a cimetna u kontroli nakon primene organskog (F1) i sintetičkog (F2) đubriva. Međutim, u sistemu gajenja sa biljkama *Abutilon theophrasti* nisu detektovane polifenolne kiseline osim cimetne u kontroli.

Istraživanja o alelopatskom delovanju hemikalija kukuruza na populacije korova su pokazala da su da su vanilinska, ferulna, cimetna i kafena kiselina najviše odgovorne za kompeticiju (Chou i sar., 1976). Rezultati istraživanja u disertaciji, pokazali su da je sadržaj cimetne kiseline sličan kontroli u oba sistema gajenja (nešto više u sistemu kompeticije), dok sistemi dopunske ishrane biljaka nisu uticali na njenu količinu (Grafik 21).

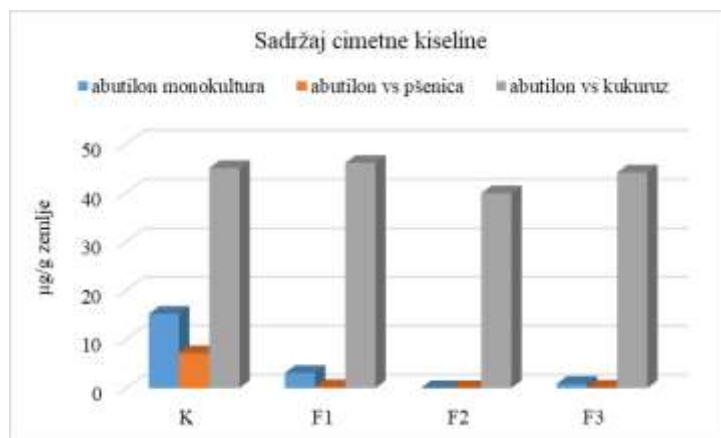


Grafik 21. Sadržaj polifenolnih kiselina u zemlji u kojoj je gajen kukuruz u različitim sistemima

U izvedenim ogledima u rizosferi, u uslovima monokulture, utvrđeno je prisustvo ferulne i cimetne kiseline, a u uslovima gajenja sa biljkama pšenice prisutne su kumarna i cimetna. Takođe, može se konstatovati da su polifenolne kiseline zabeležene u varijantama nakon primene organskog (F1) i sintetičkog (F2) đubriva. Pored svega navedenog do sada, jača kompetitivna sposobnost vrste *Avena fatua* se može povezati sa alelohemikalijama koje se mogu naći u njenoj rizosferi (4-hidrobencoeva kiselina, vanilinska, kumarna, ferulna itd.) (Schumacher i sar., 1983; Iannucci i sar., 2012). Generalno *Avena fatua* bolje iskorišćava hranljive supstance u zemljištu i redukuje prinos i kvalite useva (Khan i sar., 2006). Brojni faktori utiču na kompeticijske odnose između korova i useva, ali za *Avena fatua* je utvrđeno da se sadržaj polifenola koje ona izlučuje u rizosferu menja tokom razvoja same biljke (Iannucci i sar., 2012) i time reguliše kompetitivna aktivnost. Wu i sar (2001) zaključuju da biljke *Avena fatua* tokom vegetacionog perioda mogu same regulisati količine alelohemikalija koje izlučuju u rizosferu zavisno od potreba kompeticije i faze porasta. Smatra se da u fazi formiranja semena nema potrebe za velikom koncentracijom različitih hemijskih jedinjenja u stablu i korenu, pa zbog toga koncentracija polifenola opada (El-Shatnawi i sar., 2004). Iannucci i sar. (2013) su konstatovali da se koncentracija ukupnih fenola u rizosferi *Avena fatua* kreće od 0.71 µg/kg (82 dana od setve) do 0.25 µg/kg (94 dana od setve). Takođe, istraživanja pokazuju da se detektovani polifenoli u rizosferi klijanaca *Avena fatua* (Pérez i Ormeno-Nuñez, 1991) mogu detektovati i u rizosferi klijanaca drugih žitarica (Wu i sar., 2001; He i sar., 2006).

Za razliku od drugih ispitivanih vrsta u rizosferi *Abutilon theophrasti*, u svim sistemima gajenja, detektovana je samo cimetna kiselina (Grafik 22). Drugi autori su utvrdili veći broj različitih polifenola u rizosferi *Abutilon theophrasti*: cianidin, kvercetin, delfidin, miricetin, katehin i epikatehin za koje smatraju da su odgovorni za alelopatску aktivnost (sprečava razvoj i nekih gljiva, npr. *Fusarium* sp.) (Paszkowski i Kremer, 1988). Takođe, su u korenovom sistemu i rizosferi srodne vrste (*Abutilon grandiflorum*) detektovane različite polifenolne kiseline: kumarna, vanilinska, hidrobencoeva i dr., za koje se smatra da regulišu nivo kompeticijskih (Sikorska i Matlawska, 2008). Generalno *Abutilon theophrasti* ispoljava visoku alelopatскую aktivnost prema biljkama kukuruza. Balah i Nassar (2011) su u svojim istraživanjima utvrdili da vodeni ekstrat napravljen od ove vrste inhibira klijanje semena kukuruza 44.4-74.0%, porast korenovog sistema 70,51-80,76% i izdanka 53,60-75,94%. Sa ovim istraživanjima se slažu i

rezultati koje su dobili Nádasy i sar. (2018). Neka ranija istraživanja su pokazala da i slobodne amino kiseline mogu biti odgovorne za ispoljavanje alelopatske aktivnosti ove vrste (Gressel i Holm, 1964). Međutim, ta ideja je napuštena i do danas veliki broj istraživanja potvrđuje da su polifenoli odgovorni za alelopatsko delovanje *Abutilon teophrasti* i drugih vrsta (Paszkowski i Kremer, 1988; Balah i Nassar, 2011) što je u skladu sa našim rezultatima.



Grafik 22. Sadržaj cimetne kiseline u zemljištu u kom je gajen *Abutilon teophrasti* u različitim sistemima.

5.1.4. Efekat đubriva na sadržaj teških metala u zemljištu

Prisustvo metala u zemljištu u količinama većim od dozvoljenih predstavlja mogućnost zagađenja životne sredine i efekta na zdravlje ljudi i životinja. Prema zakonskim normama granične vrednosti nekih metala u zemljištu prikazane su u tabeli 36.

Tabela 36: Granične vrednosti teških metala u zemljištu prema zakonskim normamam

Izvor / teški metali (mg/kg)	olovo	nikl	cink	bakar	hrom	živa	mangan
Granična vrednost prema Uredbi (Sl.Glasnik RS 88/10)	85	35	140	36	100	-	-
MDK prema Pravilniku (Sl.Glasnik RS 23/94)	100	50	300	100	100	2	-

Izvor teških metala u poljoprivrednom zemljištu predstavljaju različita sredstva za prihranu useva (đubriva) i druge aktivnosti čoveka, kao što su industrija, saobraćaj, primena pesticida. Đubriva sadrže makro i mikroelemente i osnovni cilj njihovog korišćenja je prihranjivanje useva. Međutim,

mikroelementi često predstavljaju izvor teških metala (molibden, nikl, kobalt, mangan i dr.) i nekontrolisana primena omogućava njihovo taloženje, posebno u nekvalitetnim zemljištima. Teški metali se talože u zemljištu ili ispiraju u podzemne vode. U uslovima visokih koncentracija biljke usvajaju veće količine teških metala i oni upotrebom biljne hrane dospevaju u organizme ljudi i domaćih životinja. Dudka i sar. (1994.) navode da akumulirane količine metala ne moraju biti toksične za biljke ali su toksične za ljude i životinje (npr. kadmijum). Do akumulacije dolazi u slučaju nekontrolisane i učestale primene đubriva (Camelo i sar., 1997). Tokom izvođenja oglada praćen je sadržaj teških metala u zemljištu nakon primene organskih i sintetičkih đubriva. Cilj je bio da se izmere količine koje ostaju nakon gajenja useva i korova i na osnovu toga predvidi mogućnost zagađenja poljoprivrednog zemljišta. Sadržaj makro i mikro elemenata (i teških metala) u primenjenim đubrivima u ovim istraživanjima prikazan je u tabeli 37.

Tabela 37. Makro i mikro elementi u sastavu đubriva sa deklaracije proizvoda

	F1	F2	F3
Polifenolne (hidroksi) kiseline	0,1 g/l $\pm$ 0,02	-	-
azot	-	0,2%	16-24 %
fosfor	-	0,4%	12 %
kalijum	-	0,02%	36 %
gvožđe	-	220 mg/l	0,01-0,04 %
magnezijum	-	550 mg/l	1,9 %
zink	-	49 mg/l	0,01-0,02 %
bakar	-	35 mg/l	0,009-0,01 %
bor, kalcijum, molibden, kobalt, nikl	-	10 mg/l	-
bor	-	-	0,02 %
kalcijum	-	-	14 %
molibden	-	-	0,001-0,002 %
mangan	-	54 mg/l	0,009-0,03 %

U ovim ogledima primenjena đubriva je uglavnom uticala na akumulaciju metala hroma, žive, bakra, cinka, nikla i molibdena u zemljištu u graničnim vrednostima, osim nikla nakon primene đubriva F3. Međutim, sve evidentirane količine bile su ispod vrednosti propisanih maksimalno dozvoljenih količina, Tabela 34). Visoke koncentracije makro i mikro elemenata u biljkama izazivaju brojna oštećenja. Zbog velike upotrebe pesticida i đubriva visoke koncentracije pojedinih elemenata se akumuliraju u biljnim kulturama. Cui i sar. (2007) nakon analize biljnog tkiva

Abutilon theophrasti konstatuju značajne količine olova (38,7 mg/kg), bakra (32,5 mg/kg) i cinka (56,1 mg/kg) koje je u tkivo dospelo iz zagađenog zemljišta (olovo 1004,3 mg/kg, bakar 711,5 mg/kg i cink 1234,2 mg/kg). Takođe, i za vrstu *Avena fatua* je utvrđeno da ona ima sposobnost hiperakumulacije olova (Esfandiar i sar., 2017). Hiperakumulacija kao fitoremedijacija je koristan proces, ali ako se akumulacija dešava u biljkama namenjenim za ishranu, predstavlja ogroman rizik. Ogledi sa biljkama pšenice su pokazali da njen korenov sistem lako usvaja cink, nikl i bakar, a nešto teže olovo i hrom (Lubenn i Sauerbeck, 1991). Ogledi u Kini o prisustvu makro i mikro elemenata u rizosferi kukuruza su pokazali da su koncentracije metala bile: bakra 16,34 mg/kg zemlje, 6,997 olova, 0,19 kadmijuma i 69,77 cinka, a da je zrno kukuruza na kraju vegetacije sadržalo 0,341 olova i cinka 0,342 mg/kg mase. Do sličnih zaključaka su došli Benavides i sar. (2018) o količinama bakra, hroma i žive u zrnu kukuruza. Ovakavi rezultati pokazuju da postoji rizik po zdravlje ljudi (Hou i sar., 2019). Nutritivni elementi u gajenim biljkama, u dozvoljenim količinama, su dobri za ishranu ljudi, međutim u zagađenim sredinama te vrednosti prelaze u toksičan nivo. U tabeli 38. su prikazane potrebne količine minerala u ishrani ljudi poređene sa količinama u brašnu pšenice i kukuruza (Haytowitz i sar., 2011; mrizp.rs/zp-funkcionalna-hrana, 2022). Zbog toga je veoma važno napraviti balans tokom prihrane useva i održavanje zdrave i čiste životne sredine. Ovo potvrđuje činjenicu da se primena đubriva mora vršiti nakon analize kvaliteta zemljišta.

Tabela 38. Mineralne soli u brašnu pšenice i kukuruza

Minerali	mg / 120 g brašna pšenice	g / 100 g brašna kukuruza	Dnevne potrebe (%)
Gvožđe	4,7	28,4	26
Magnezijum	166	138	41
Fosfor	415	241	42
Cink	3,5	22,9	23
Mangan	4,6	5,93	228
Bakar	0,5	1,25	23
Kalijum	486	356	14
Kalcijum	40,8	-	4

Pravilnikom svaka država reguliše najmanje dozvoljene količine pojedinih elemenata koji se smeju naći u hrani za ishranu humanu populaciju. Sa druge strane, neke korovske vrste akumuliraju štetne elemente i predstavljaju korisne vrste u svrhu remedijacije i mogu biti indikatori zagađenja

zemljišta. Indikatorske vrste (preko 400: trave, kukuruz, ječam, *Trifolium* sp., *Brassica juncea*, *Thlaspi caerulescens*, *Silene vulgaris*, *Ailanthus altissima* itd.) potiču iz 45 porodica (najviše njih hiperakumulira nikl, oko 30 biljaka absorbiraju ili kobalt ili bakar ili cink, a mali broj akumulira kadmijum i mangan) (Reeves i Baker, 1999; Malik i sar., 2010; Vamerali i sar., 2010).

5.1.5. Efekat đubriva na klijanje semena korova i useva

Za ostvarenje svih potencijala biljaka najvažnija faza u razvoju je klijanje semena. Brojni faktori utiču na ovaj proces: abiotički (voda, temperatura, zemljište), biotički (biologija semena, dormantnost) i čovek (obrađivanje zemljišta, način, vreme i gustina setve, primena đubriva). Dobra energija klijanja i formiranje ponika u ovoj fazi rastanja biljke obezbeđuje dalji porast klijanaca i postizanje maksimalnih prinosa jedinice. Zbog toga poljoprivredni proizvođači primenom đubriva pokušavaju da pomognu biljkama tokom ove faze. Međutim, primenjeno đubrivo deluje i na korovske biljke i nivo kompeticije između useva i korova. Generalno primena đubriva ima očekivane pozitivne efekte na biljke (Jammu i sar., 2017; Pan i sar., 2022), međutim javljaju se i negativne posledice primene istih (Kulkarni i sar., 2019; Paharvi i sar., 2021) na klijanje semena gajenih i korovskih biljaka i kvalitet zemljišta. Izvedeni ogledi su pokazali da su ispitivana đubriva pozitivno uticala na proces klijanja semena gajenih useva (kukuruz, pšenica) i seme korovske vrste *Abutilon theophrasti* (do 100%, Tabela 36). Međutim, klijanje korovske vrste *Avena fatua* je bilo slabo 27.78-73.61% (Tabela 36). Posebno je uočen negativan efekat sintetičkih đubriva na klijanje semena korova (klijavost oko 40%, Tabela 36) i gajenih useva (50-70%, Tabela 36). Tokom izvođenja oglada konstatovano je da su se najjasnije razlike efekta ispitivanih đubriva ispoljile na proces klijanja. Organsko đubrivo F1 je pozitivno uticalo na proces klijanja svih ispitivanih vrsta, a najnegativniji efekat je ispoljilo sintetičko đubrivo F3. Slične efekte na klijanje semena različitih vrsta su konstatovali Jammu i sar. (2017) (pozitivan na seme *Helianthus annuus*), Hadžić (2005) (različite koncentracije različit efekat na *Setaria glauca*), Sweeney i sar. (2008).

6.0. Zaključak

U uslovima monokulture kod ispitivanih vrsta sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina nije bio veći u odnosu na kontrolu nakon primene sintetičkih i organskih đubriva.

U uslovima gajenja u kompeticiji sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina u listovima bio je različit u odnosu na kontrolu kod kukuruza gajenog sa *Abutilon teophrasti* (osim za sadržaj ferulne kiseline nakon primene organskog đubriva (F1), kod pšenice gajene sa *Avena fatua* (osim za sadržaj ferulne kiseline nakon primene sintetičkog đubriva (F3) i sa *Abutilon teophrasti*; *Abutilon teophrasti* gajenog sa biljkama pšenice (osim za sadržaj ferulne nakon primene đubriva F1 (organsko) i F2 (sintetičko) i za sadržaj kumarne kiseline nakon primene đubriva F1 (organsko)); *Avena fatua* gajene sa biljkama pšenice (osim za sadržaj hlorogene i kumarne kiseline nakon primene đubriva F3 (sintetičko)) nije bio statistički veći u odnosu na kontrolu nakon primene sintetičkih i organskih đubriva i (2) *Abutilon teophrasti* gajenog sa biljkama kukuruza je bio statistički veći u odnosu na kontrolu nakon primene sintetičkih i organskih đubriva (osim za sadržaj cimetne kiseline u svim varijantama).

Sadržaj pojedinačnih polifenolnih kiselina u listovima uzoraka uzetih sa biljaka gajenih u uslovima kompeticije, u odnosu na uslove gajenja u monokulturi bio je veći kod biljaka *Avena fatua*, *Abutilon teophrasti* i pšenice (osim sadržaj cimetne kiseline kod biljaka *Abutilon teophrasti*), ali manji kod biljaka kukuruza.

Sadržaj ukupnih polifenola u uslovima monokulture nije bio statistički značajno različit u odnosu na kontrolu nakon primene sintetičkih i organskih đubriva kod *Avena fatua* (osim veći sadržaj nakon primene đubriva F3 (sintetičko), kod pšenice (osim veći sadržaj nakon primene đubriva F3 (sintetičko), a kod kukuruza i *Abutilon teophrasti* (manji u odnosu na kontrolu u svim varijantama).

Sadržaj ukupnih polifenola u uslovima gajenja u kompeticiji u listovima je bio statistički značajno veći u odnosu na kontrolu kod *Avena fatua* gajene sa biljkama pšenice (osim nakon primene đubriva F2 (sintetičko)), kod pšenice gajene sa *Avena fatua* i *Abutilon teophrasti* (osim nakon primene đubriva F1 (organsko)), (3) *Abutilon teophrasti* gajenog sa biljkama pšenice (osim nakon primene đubriva F1 (organsko) i F3 (sintetičko)) i biljkama kukuruza i kod kukuruza (osim nakon primene đubriva F3 (sintetičko)).

U uslovima monokulture antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima nije bila statistički značajno različita u odnosu na kontrolu nakon primene organskih i sintetičkih đubriva kod *Avena fatua*, *Abutilon theophrasti*, kukuruza i pšenice (samo nakon primene đubriva F1 (organsko)).

U uslovima gajenja u kompeticiji antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima u odnosu na kontrolu je bila statistički značajno kod veća kod *Avena fatua* gajene sa biljkama pšenice, kod pšenice gajene sa biljkama *Avena fatua* i sa *Abutilon theophrasti* (samo nakon primene đubriva F3 (sintetičko)) i kod *Abutilon theophrasti* gajenog sa biljkama pšenice i kukuruza, ali značajno manja kod kukuruza gajenog sa biljkama *Abutilon theophrasti*.

Sadržaj ukupnih polifenola u listovima je u svim varijantama (i u kontroli) i u svim uzorcima uzetih sa biljaka iz uslova kompeticije u odnosu na iste varijante u uslovima monokulture bio statistički značajno veći u biljkama *Avena fatua* i kukuruza i manji u biljkama *Abutilon theophrasti* i pšenice.

Antioksidativna aktivnost ukupnih polifenola u listovima je u svim varijantama (i u kontroli) i u svim uzorcima uzetih sa biljaka iz uslova kompeticije u odnosu na iste varijante u uslovima monokulture bio statistički značajno veća u biljkama *Avena fatua*, zatim u biljkama *Abutilon theophrasti* gajenim sa biljkama pšenice, u biljkama pšenice gajene sa biljkama *Abutilon theophrasti* i manja u biljkama pšenice gajene sa *Avena fatua* u kontroli i nakon primene đubriva F1 (organsko) u biljkama *Abutilon theophrasti* gajenim sa biljkama kukuruza.

Od pojedinačnih polifenolnih kiselina u zemljištu kod ispitivanih vrsta detektovana je samo cimetna kiselina. Sadržaj je u uslovima monokulture u odnosu na kontrolu bio statistički značajno manji u svim varijantama nakon primene đubriva. U uslovima kompeticije razlike u odnosu na kontrolu nisu bile statistički značajne.

Ukupni polifenoli u zemljištu bili su prisutni u uzorcima zemljišta na kome je gajen *Abutilon theophrasti* u monokulturi i sa biljkama kukuruza.

Sadržaj ukupnih polifenola u zemljištu u uslovima monokulture i kompeticije nije bio statistički značajno različit u odnosu na kontrolu (osim u uslovima kompeticije nakon primene sintetičkog đubriva (F3)).

Sadržaj ukupnih polifenola u zemljištu nakon gajenja kukuruza u monokulturi u svim varijantama nije bio statistički značajno različit od sadržaja u istim varijantama u uslovioma gajenja sa biljkama kukuruza.

Sadržaj cimetne kiseline u zemljištu nakon gajenja kukuruza u monokulturi u svim varijantama je statistički značajno bio manji u odnosu na sadržaja u istim varijantama u uslovioma gajenja sa biljkama kukuruza.

Nakon primene đubriva sadržaj cinka je bio veći nego u kontroli u skoro svim uzorcima; olovo je detektovano samo u uzorku zemljišta u kom je gajen *Abutilon theophrasti* tretiran sintetičkim đubrivom; mangan je detektovan u svim uzorcima bez obzira na biljnu vrstu i primenu đubriva u količinama manjim ili jednakim od kontrole (osim gde su gajeni kukuruz i *Abutilon theophrasti* tretirani sa organskim đubrivom, *Abutilon theophrasti* vs *Avena fatua*, sama pšenica i pšenica vs *Avena fatua* tretirani sintetičkim đubrivom); nikl je detektovan u količinama većim od kontrole u 14 uzoraka (od 32) i hrom je detektovan u 8 uzoraka u količinama većim od sadržaja u kontroli, a u 16 uzoraka nije ga bilo kao ni u kontroli.

Primena organskih i sintetičkih đubriva nije uticala na nakupljanje olova (osim u varijanti sa primenom sintetičkog đubriva (F2) u jednom uzorku i molibdena (osim u varijanti primene organskog đubriva (F1) u dva uzorka i sintetičkog (F2) u jednom uzorku).

Sva đubriva su uticala na nakupljanje cinka u količinama većim nego u kontroli (osim u dva uzorka nakon primene F1 (organsko) i F3 (sintetičko) u po jednom uzorku).

Metal hrom je detektovan samo u jednom uzorku gde je gajen samo kukuruz kad je upotrebljeno organsko đubrivo (F1).

Nije utvrđena pravilnost u akumulaciji sadržaja određenih metala vezano za vrstu primenjenih đubriva.

Najveću klijavost imala su semena semena u varijanti primene organskog đubriva (F1), a najslabiju nakon primene sintetičkog (F3). Kao zaključak može se istaći da su sintetička đubriva usporavala i sprečavala klijanje semena svih vrsta u poređenju sa kontrolom.

7.0. Reference

- Achary VMM, Ram B, Manna M, Datta D, Bhatt A, Reddy MK, Agrawa PK. (2017): Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal*, 15, 1493–1508.
- Adom KK, Liu RH. (2002): Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6182–6187.
- Adriano DC. (1986): Trace elements in Soil. Elsevier, Amsterdam.
- Agenbag GA, Villiers OT. (1989): The effect of nitrogen fertilizers on the germination and seedling emergence of wild oat (*Avena fatua* L.) seed in different soil types. *Weed Research*, 29, 239–245.
- Agenbag GA, Villiers OT. (2006): The effect of nitrogen fertilizers on the germination and seedling emergence of wild oat (*A. fatua* L.) seed in different soil types, *Weed Research*, 29, 4, 239–245.
- Ali S, Bharwana SA, Rizwan M, Farid M, Kanwal S, Ali Q, Ibrahim M, Gill RA, Khan MD. (2015): Fulvic acid mediates chromium (Cr) tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) through lowering of Cr uptake and improved antioxidant defense system. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, 10601–10609.
- Altieri MA. (1995): Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder, CO, 433.
- Amarowicz R, Cwalina-Ambroziak B, Janiak MA, Bogucka B. (2015): Effect of N Fertilization on the Content of Phenolic Compounds in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers and Their Antioxidant Capacity, *Agronomy*, 10.
- Balasubramanian P, Palaniappan SP. (2017): Principles and Practices of Agronomy. Bio-Green Books, 2nd edition.
- Balasundram N, Sundram K, Samman S. (2006): Phenolic compounds in plants and agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191–203.
- Balah MA, Nassar IM. (2011): Allelopathic constituents from *Abutilon theophrasti* aerial parts to other, *Weeds. Res. J. Agric. & Biol. Sci.*, 7(2), 243–250.
- Barker DC, Knezevic SZ, Martin AR, Walters DT, Lindquist JL. (2006): Effect of nitrogen addition on the comparative productivity of corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 54, 354–363.

Beaton JD. (1978): Urea: Its popularity grows as a dry source of nitrogen, *Crops Soils*, 30, 11-14.

Becker-Dillingen, J. (1934): *Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen*. Berlin.

Begonia GB, Aldrich RJ, Salisbury CD. (1991): Soybean yield and yield components as influenced by canopy heights and duration of competition of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.). *Weed Research*, 31, 117–124.

Begum SA, Gurijala RN. (2015): Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils using Weed Species. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4(7).

Bell RA, Nalewaja DJ. (2017): Competition of Wild oat in wheat and barley. *Weed Science*, 16(4), 505-508.

Bénard C, Gutier H, Bourgaud F, Grasselly D, Navez B, CarisVeyrat C, Weiss M, Gènard M. (2009): Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 57, 4112–4123.

Benzie IF, Strain JJ. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.

Benavides LCL, Pinilla CAL, Serrezuela RR, Serrezuela WFR. (2018): Extraction in Laboratory of Heavy Metals Through Rhizofiltration using the Plant *Zea Mays* (maize). *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 13(1), 9-26.

Bernard A. (2008): Cadmium its adverse effects on human health. *Indian J Med Res.*, 128(4), 557-64.

Berrie AMM, Parker W, Knights BA, Hendrie MR. (1968): Studies on lettuce seed germination-I. Coumarin induced dormancy. *Phytochemistry*, 7, 567–573.

Biesiada A, Nawirska-Olszanska A, Kucharska A, Sokół-Łetowska A, Kadra K. (2010): The effect of nitrogen fertilization on nutritive value and antioxidative activity of red cabbage. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 9, 13–21.

Bigalke M, Ulrich A, Rehmus A, Keller A. (2017): Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland. *Environmental Pollution*, 221, 85-93.

Blackshaw RE, Molnar LJ. (2009): Phosphorus fertilizer application method affects weed growth and competition with wheat. *Weed Science*, 57, 311–318.

Blackshaw RE, Brandt RN. (2008): Nitrogen fertilizer rate effects on weed competitiveness is species dependent. *Weed Science*, 56(5), 743-747.

Blackshaw RE, Molnar LJ, Janzen HH. (2004): Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Science*, 52, 614–622.

Blum U, Wentworth TR, Klein K, Worsham AD, King LD, Gerig TM, Lyu SW. (1991): Phenolic acid content of soils from wheat-no till, wheat-conventional till, and fallow-conventional till soybean cropping systems. *J. Chem. Ecol.*, 17, 1045–1068.

Bonifas DK, Walters TD, Cassman KG, Lindquist JL. (2005): Nitrogen supply affects root:shoot ratio in corn and v ratio in corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science*, 53, 670–675.

Boyd R. (2007): The defense hypothesis of elemental hyperaccumulation: status, challenges and new directions. *Plant soil*, 293, 153–176.

Boyle RW, Robinson HA. (1988): Metal Ions in Biological Systems (Sigel, H., Sigel, A., eds). pp 123–164, Marcel Dekker, NY and Basel.

Brandt K, Molgaard JP. (2001): Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 924–931.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995): Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28, 25–30.

Brunetti G, Traversa A, De Mastro F, Coccozza C. (2019): Short term effects of synergistic inorganic and organic fertilization on soil properties and yield and quality of plum tomato. *Sci. Hortic.*, 252, 342–347.

Cairns ALP, de Villiers OT. (1986): Breaking dormancy of *Avena fatua* L. seed by treatment with ammonia. *Weed Research*, 26, 191–198.

Callow KA, Derksen DA, Grant CA, Van Acker RC. (1999): The impact of monoammonium phosphate and potassium chloride on wild oat (*Avena fatua* L.) competition in zero-till spring wheat and flax. Pages 57–59 in 21st Annual Manitoba-North Dakota Zero Tillage Workshop, Brandon, MB, Canada. Brandon, MB, Canada: Manitoba- North Dakota Zero-tillage Association.

Camelo LGL, Miguez SR, Marban L. (1997): Heavy metals inputs in phosphate fertilizers used in Argentina. *The Science of the Total Environment* 204, 245–250.

Cao G, Alessio HM, Cutler RG. (1993): Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free radical biology and medicine*, 14(3), 303–311.

Capasso R, Cristinzio G, Evidente A, Scognamiglio F. (1992): Isolation, spectroscopy and selective phytotoxic effects of polyphenols from vegetable waste waters. *Phytochemistry*, 31, 4125–4128.

Cathcart R, Chandler K, Swanton C. (2009): Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. *Weed Science*, 52, 291-296.

Chancellor RJ, Peters NCB. (1976): Compétition between wild oats and crops. Pages 99-112 in D.P. Jones (éd.), *Wild oats in world agriculture*. Agricultural Research Council, London.

Chandra R, Vineet K, Sonam T, Sharma P. (2017): Heavy metal phytoextraction potential of native weeds and grasses from endocrine-disrupting chemicals rich complex distillery sludge and their histological observations during in-situ phytoremediation. *Ecological Engineering*, 111. 10.1016/j.ecoleng.

Chou CH, Patrick, Z. (1976): Identification and phytotoxic activity of compounds produced during decomposition of corn and rye residues in soil. *Journal of Chemical Ecology*, 2, 369-387.

Clifford MN, Wu WG, Kuhnert N. (2006): The chlorogenic acids of *Hemerocallis*. *Food Chem.*, 95, 574.

Cojocar A, Vlase L, Munteanu N, Stan T, Teliban CG, Burducea M, Stoleru V. (2020): Dynamic of Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Yield of Rhubarb under Chemical, Organic and Biological Fertilization. *Plants*, 9, 355, 1-15.

Copeland LO, McDonald MB. (1995): principles of seed science and technology. 2ed Burgess, MN, USA.

Court MN, Stephen RC, Waid JS. (1964): Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. *J. Soil Sci.*, 15, 42-48.

Cruz OR, Anaya AL, Hernandez-Bautista BE. (1998): Effects of allelochemical stress produced by sicyosdeppei on seedling root ultrastructure of *Phaseolous vulgaris* and *Cucubita ficifolia*. *J. Chem. Ecol.*, 24, 2039-2057.

Cucci G, Lacolla G, Summo C, Pasqualone A. (2019): Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, 243, 338-343.

Cui S, Zhou Q, Chao L. (2007): Potential hyperaccumulation of Pb, Zn, Cu and Cd in enduring plants distributed in an old smeltery, northeast China. *Environ Geol.*, 51, 1043-1048.

De P, Baltas M, Bedos-Belval F. (2011): Cinnamic acid derivatives as anticancer agents – a review. *Curr. Med. Chem.*, 18, 1672–1703.

DiTomaso JM. (1995): Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. *Weed Science*, 43, 491–497.

Dixon R, Paiva N. (1995): Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7, 1085–1097.

D'evoli L, Tarozzi A, Hrelia P, Lucarini M, Cocchiola M, Gabrielli P, Franco F, Morroni F, Cantelli-Forti G, Lombardi-Boccia G. (2010): Influence of Cultivation System on Bioactive Molecules Synthesis in Strawberries: Spin-off on Antioxidant and Antiproliferative Activity. *Journal of Food Science*, 75(1).

Dimberg HL, Gissen C, Nilsson J. (2005): Phenolic compounds in oat grains (*Avena sativa* L.) grown in conventional and organic systems. *Ambio*, 34(4-5), 331-337.

Dornbos JrDL. (1995): Production environment and seed quality. P.119-152. In: Basra, A.S., ed. Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. Food Products Press, NY, USA.

Downey MO, Rochfort S. (2008): Simultaneous separation by reversed-phase high performance liquid chromatography and mass spectral identification of anthocyanins and flavonols in Shiraz grape skin. *Journal of Chromatography A*, 1201, 43-47.

Dragičević DV, Perić AV, Srebrić BM, Žilić MS, Mladenović Drinić DS. (2010): Some nutritional and anti-nutritional factors of ZP soya bean varieties. *Journal of Agricultural Sciences* 55(2), 141-146.

Dudka S, Piotrowska M, Chlopecka A. (1994): Effect of elevated concentrations of Cd and Zn in soil on spring wheat yield and the metal contents of the plants. *Water Air Soil Pollut.*, 76, 333-341.

Duh PD, Tu YY, Yen GC. (1999): Antioxidant activity of the water extract of harnng jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *LWT-Food Science and Technology*, 32, 269-277.

Egley GH, Duke S. (2018): Physiology of weed seed dormancy and germination. 10.1201/9781351077743.

Einhellig FA. (1995): "Mechanism of action of allelochemicals in allelopathy." *Allelopathy*, 96-116.

El-Metwally IM, Abd El-Salam MS, Tagour RMH. (2011): Nitrogen fertilizer levels and some weed control treatments effects on barley and associated weeds. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1(5), 992-1000.

El-Shatnawi MKJ, Saoub HM, Haddad NI. (2004): Growth and chemical composition of wild oat (*Avena fatua*) under Mediterranean conditions. *Grass Forage Sci.*, 59, 100–103.

EPA (2020): Global Emissions by Gas. Available online: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhousegas-emissions-data> (accessed on 24 March 2020).

Erisman JW, Galloway JN, Dice NB, Sutton MA, Bleeker A, Grizzetti B, Leach, AM, de Vries, W. (2015): Nitrogen: Too Much of a Vital Resource. *Science Brief*. Zeist: WWF Netherlands.

Esfandiar J, Mohammad J, Babak M, Ali T, Nosratallah Z. (2017): Evaluating Tolerance Of Plants Species To Heavy Metals In Oil Polluted Region (Case Study: Pazanan Gachsaran). *Rangeland Winter*, 10(4), 409-424.

Fahr M, Laplaze L, Bendaou N, Hoche V, El Mzibri M, Bogusz D, Smouni A. (2013): *Front Plant Sci.*, 4, 175. Published online 2013 Jun 6. doi: 10.3389/fpls.2013.00175. PMID, PMC3674728

Fang YZ, Yang S, Wu G. (2002): Free radicals, antioxidants and nutrition, *Nutrition*, 18, 872-879.

Farah A, Donangelo CM. (2006): Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18, 23-36.

Farooq M, Ali S, Hameed A, Bharwana S, Rizwan M, Ishaque W, Farid M, Mahmood K, Iqbal Z. (2016): Cadmium stress in cotton seedlings: Physiological, photosynthesis and oxidative damages alleviated by glycinebetaine. *S. Afr. J. Bot.*, 104, 61–68.

Fazary AE, Ju YH. (2007): Feruloyl esterases as biotechnological tools: current and future perspectives. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 39(11), 811-828.

FAO- Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en>, 2022.

Ferranti SD, de Ferranti MD, Rodday AM, Mendelson MM, Wong JB, Leslie LK, Sheldrick RC. (2016): Prevalence of Familial Hypercholesterolemia in the 1999 to 2012 United States National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES). *Circulation*, 133 (11).

Geddes CM, Cavalleri A, Daayf F, Gulden RH. (2015): The allelopathic potential of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) mulch. *Am. J. Plant Sci.*, 6, 2651-2663.

Giada MLR. (2013): Food phenolic compounds: Main classes, sources and their antioxidant power. In Morales-González JA (ed.), *Oxidative stress and chronic degenerative diseases - a role for antioxidants*. InTech Open.

Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Kader AA. (2002): Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4976-4982.

Graf E. (1992): Antioxidant potential of ferulic acid. *Free radical biology and medicine*. 13, 4, 435-448.

Gressel JB, Holm LG. (1964): Chemical inhibitions of crop germination by weed seeds and the nature of inhibition of *Abutilon theophrasti*. *Weed Research*, 4, 44-53.

Guzman JD. (2014): Natural cinnamic acids, synthetic derivatives and hybrids with antimicrobial activity. *Molecules*, 19, 292–349.

Hadzic A. (2005): The effect of various concentrations of mineral fertilizers on germination and growth of weeds yellow foxtail *Setaria glauca* (L.) BEAUV. *Herbologija*, 1(6), 41-47.

Haddock EA, Gupta RK, Al-Shafi SMK, Layden K, Haslam E, Magnolato D. (1982): The metabolism of gallic acid and hexahydroxydiphenic acid in plants: biogenetic and molecular taxonomic considerations. *Phytochemistry*, 21, 1049-1062.

Haukioja E, Ossipov V, Koricheva J, Honkanen T, Larsson S, Lempa K. (1998): Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization?. *Chemoecology*, 8(3), 133-139.

Heinonen S, Nurmi T, Liukkonen K, Poutanen K, Wähälä K, Deyama T, Nishibe S, Adlercreutz H. (2001): In vitro metabolism of plant lignans: new precursors of mammalian lignans enterolactone and enterodiol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3178-3186.

Halliwell B. (1990): How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications*, 9, 1-32.

Hamouz K, Lachman J, Hejtmánková K, Pazdero K, Čížek M, Dvořák P. (2010): Effect of natural and growing conditions on the content of phenolics in potatoes with different flesh colour. *Plant Soil Environ.*, 56, 368–374.

Hans RS, Johnson GW. (2002): Influence of Shattercane (*Sorghum bicolor* L. Moench.) Interference on Corn (*Zea mays* L.) Yield and Nitrogen Accumulation. *Weed Technology*, 16, 787-791

Hara Y. (2001): Green tea: health benefits and applications. CRC press.

Harborne JB, Grayer RJ. (1988): In Harborne, J. B. (ed.) *The Flavonoids: Advances in research since 1980*. (pp.1-20). London, UK: Chapman & Hall.

Haytowitz DB, Lemar LE, Pehrsson PR, Exler J, Patterson KK, Thomas RG, Nickle MS, Williams JR, Showell BA, Khan M, Duvall M, Holden JM. (2011): USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release Available: <http://www.ars.usda.gov> [Accessed 24th April 2012].

Heap I. (2022): International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.org/summary/home.aspx.

He H, Lin W. (2001): "Preliminary studies on allelopathic potential in rice." *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2.

He HB, Lin WX, Wang HB, Fang CX, Liang YY. (2006): Analysis of metabolites in root exudates from allelopathic and non allelopathic rice seedlings. *Allelopathy J.*, 18, 247–254.

Herrmann K. (1989): Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 315-347.

Herrmann KM. Weaver LM. (1999): "The Shikimate Pathway". *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 50: 473–503.

Hoelt RGE, Nafziger D, Johnson RR, Aldrich SR. (2000): *Modern Corn and Soybean Production*. Champaign, IL: MCSP, 353.

Hou S, Zheng N, Tang L, Ji X, Li Y. (2019): Effect of soil pH and organic matter content on heavy metals availability in maize (*Zea mays* L.) rhizospheric soil on non-ferrous metals smelting area. *Environ Monit Assess*, 191, 634.

Hirel B, Tétu T, Lea PJ, Dubois F. (2011): Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*, 3, 1452–85.

Von Hlasiwetz H, Barth L. (1866): Ueber einige Harze [Zersetzungsproducte derselben durch schmelzendes Kali]. *Liebig's Annalen der Chemie*, 138, 61–76.

Ibrahim MH, Jaafar HZE, Karimi E, Ghasemzadeh A. (2013): *Molecules*, 18, 10973.

Iannucci A, Fragasso M, Platani C, Narducci A, Miullo V, Papa R. (2012): Dynamics of release of allelochemical compounds from roots of wild oat (*Avena fatua* L.). *Agrochimica*, 56(3), 185-192.

Iannucci A, Fragasso M, Platani C, Papa R. (2013): Plant growth and phenolic compounds in the rhizosphere soil of wild oat (*Avena fatua* L.). *Front. Plant Sci.*, doi.org/10.3389/fpls.2013.00509.

Ignat I, Volf I, Popa VI. (2011): A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126, 1821–1835.

Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Blessy B. (2014): In Mathew, Krishnamurthy N. Beeregowda *Interdiscip Toxicol*. 7(2), 60–72. Published online 2014 Nov 15. doi: 10.2478/intox-2014-0009.

Jammu A, Pakistan K, Muhammad S, Azhar I, et al. (2017): Effect of different fertilizers on seed germination and seedling growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) from district Bhimber of. 2, 2455-2541.

Jones CG, Hartley SEA. (1999): Protein competition model of phenolic allocation. *Oikos*, 86, 27– 44.

Kastori R. (1997): Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

Kastori R, Ilin Ž, Maksimović I, Putnik-Delić M. (2013): Kalijum u ishrani biljaka: kalijum i povrće. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Novi Sad.

Kaur C, Kapoor H. (2001): Antioxidant in fruits and vegetables – the millennium's health. International Journal of Food Science and Technology, 36, 703-725.

Kesarwani A, Chiang PY, Chen SS. (2014): Distribution of phenolic compounds and antioxidant activities of rice kernel and their relationships with agronomic practice. Sci World J ID. doi:10.1155/2014/620171.

Kim KH, Tsao R, Yang R, Cui SW. (2006): Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. Food Chemistry, 95(3), 466-473.

Khan IA, Hassan G, Khan M. (2006): Interspecific competition of tall and dwarf wheat cultivars with wild oats (*Avena fatua* L.). Pak. J. Weed Sci. Res., 12, 151–156.

Kovacevic D, Oljaca S., Dolijanovic Z, Simic M. (2010): Sustainable Agriculture: Importance of Cultural Practices Adaptation in Winter Wheat Technology. Növényterméls Suppl., 59, 1-4.

Kozłowska H, Zadernowski R, Sosulski FW. (1983): Phenolic acids in oilseed flours. Food / Nahrung, 27, 449-453.

Ksouri R, Megdiche W, Falleh H, Trabelsi N, Boulaaba M, Smaoui A, Abdelly C. (2008): Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. Comptes Rendus Biologies, 331(11), 865-873.

Kulkarni S, Kulkarni S, Ajaygiri G. (2019): Effect of Excess Fertilizers and Nutrients: A Review on Impact on Plants and Human Population. Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM), Amity University Rajasthan, Jaipur – India. <https://ssrn.com/abstract=3358171>

Kweon MH, Hwang HJ, Sung HC. (2001): Identification and Antioxidant Activity of Novel Chlorogenic Acid Derivatives from Bamboo (*Phyllostachys edulis*). J. Agric. Food Chem., 49, 10, 4646–4655.

Lafay S, Gli-Izquierdo A. (2008): Bioavailability of phenolic acids, Phytochemistry Reviews, 7, 301-311.

Landbo AK, Meyer AS. (2001): Enzyme-assisted extraction of antioxidative phenols from black currant juice press residues (*Ribes nigrum*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(7), 3169-3177.

Langenkamper G, Zorb C, Seifert M, Mader P, Fretzdorff B, Betsche T. (2006): Nutritional quality of organic and conventional wheat. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 80(2), 150.

Li X, Liu C, Zhao H, Gao F, Ji G, Hu F, Li H. (2018): Similar positive effects of beneficial bacteria, nematodes and earthworms on soil quality and productivity. *Appl. Soil Ecol.*, 130, 202–208.

Li HH, Inoue M, Nishimura H, Mizutani J, Tsuzuki E. (1993): Interaction of trans-cinnamic acid, its related phenolic allelochemicals, and abscisic-acid in seedling growth and seed-germination of lettuce. *J. Chem. Ecol.*, 19, 1775-1787.

Li Y, Gou G, Zhang Q, Su Q, Xiao G. (2008): Heavy metal contamination and source in arid agricultural soil in central Gansu Province. *Journal of environmental sciences*, 20(5).

Lindquist JL, Mortensen DA. (1999): Ecophysiological characteristics of four maize hybrids and *Abutilon theophrasti*. *Weed Research*, 39, 4, 271-285.

Lindquist JL, Mortensen DA, Clay SA, Schmenk R, Kells JJ, Howatt K, Westra P. (1996): Stability of corn (*Zea mays*)-velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference relationships. *Weed Science*, 44, 309- 313.

Linić I, Šamec D, Grúz J, Vujčić BV, Strnad M, Salopek SB. (2019): Involvement of phenolic acids in short-term ad-aptation to salinity stress is species-specific among brassicaceae. *Plants*, 8, 155.

Liu JK, Hu L, Dong ZJ, Hu Q. (2004): DPPH radical scavenging activity of ten natural pterphenyl derivatives obtained from three edible mushrooms indigenous to China. *Chemistry and Biodiversity*, 1, 601-605.

Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. (2010): Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.

Lodhi MAK, Bilal R., Malik KA. (1987): Allelopathy in agroecosystems: Wheat Phytotoxicity and its Possible Roles in Crop Rotation. *Journal of Chemical Ecology*, 13(8).

Lombardo-Boccia G, Lucarini M, Lanzi S, Aguzzi A, Cappelloni M. (2004): Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 90–94.

Lovett JV, Hoult AHC. (1992): Gramine: the occurrence of a self-defence chemical in barley, *Hordeum vulgare* L., pp. 426–429. *Proceedings, 6th Australian Agronomy Conference, Armidale, Australia.*

Lubenn S, Sauerbeck D. (1991): The uptake and distribution of heavy metals by spring wheat. *Water, air and soil pollution*, 57, 239-247.

Ma D, Sun D, Li Y, Wang C, Xie Y, Guo T. (2015): Effect of nitrogen fertilization and irrigation on phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of winter wheat grain. *J. Sci. Food Agric.*, 95, 1039–1046.

Madhujith T, Shahidi F. (2006): Optimization of the extraction and antioxidative constituents of six barley cultivars and their antioxidative properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8048-8057.

Manojlović S. (1986): Teorijske osnove jedinstvenog sistema kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva u Jugoslaviji. *Agrohemijska*, 1, 1-36.

Malik RN, Husain SZ, Nazir I. (2010): Heavy metal contamination and accumulation in soil and wild plant species from industrial area of Islamabad, Pakistan. *Pakistan Botanical Society*, 42, 291– 301.

Malizia D, Giuliano A, Ortaggi G, Masotti A. (2012): Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil. *Chem. Cent. J.*, 6, S6.

Mattila P, Hellström J, Törrönen R. (2006): Phenolic acids in berries, fruits, and beverages, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7193- 7199.

McGrath SP. (1995): Chromium and Nickel. In: *Heavy metals in soils* (Alloway BJ, ed.). Blackie Academic and Professional, Glasgow, UK.

Mengel K, Kirkby EA. (1982): *Principles of Plant Nutrition*, 3rd Edition. International Potash Institute Bern, Switzerland.

Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR Jr, Slavin J, Stellers TA, Folsom AR. (2000): Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(4), 921-930.

Milenković M. (2013): Fenolni sastav, antioksidativna i antimikrobna aktivnost delova ploda i lišća *Prunus spinosa* L. iz jugoistočne Srbije. Master rad, Prirodno-matematički fakultet, Niš, 4-7.

Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede RS. (2021): Pravilniku o kontroli i sertifikaciji u organskoj proizvodnji i metodama organske proizvodnje. Službeni glasnik RS, 95 od 3. Jula 2020, 24 od 19.

Moore J, Hao Z, Zhou K, Luther M, Costa J, Yu LL. (2005): Carotenoid, tocopherol, phenolic acid, and antioxidant properties of Maryland-grown soft wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17), 6649-6657.

Mudau TN, Soundy P, Du Toits ES. (2007): Nitrogen, phosphorus and potassium nutrition increases growth and total polyphenol concentrations of bush tea in a shaded nursery environment. *HortTechnology*, 17, 107–110.

Naczek M, Shahidi F. (2004): Extraction and analyses of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054, 95-111.

Naczek M, Shahidi F. (2006): Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analyses. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1523- 1542.

Nádasy E, Pásztor G, Béres I, Szilágyi G. (2018): Allelopathic effects of *Abutilon theophrasti*, *Asclepias syriaca* and *Panicum ruderalis* on maize. *Julius-Kühn-Archiv*, 458.

Nicol D, Copaja SV, Wratten SD, Niemeyer HM. (1992): A screen of worldwide wheat cultivars for hydroxamic acid levels and aphid antixenosis. *Ann. Appl. Biol.*, 121, 11–18.

Nriagu JO, Pacyna JM. (1988): Quantitative Assessment of Worldwide Contamination of Air, Water and Soil by Trace Metals. *Nature*, 333, 12, 134–139.

Nurse R, DiTommaso A. (2005): Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. *Weed Science*, 53(4), 479-488.

Observatory Earth. World of Change: Global Temperatures. Available online: <https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/global-temperatures> (accessed on 24 January 2022).

Okemwa EK, Silvanuss KK. (2020): Effects of Different Fertilizer Rates on Total Polyphenols and Catechins of Selected Clones of Green Tea (*Camellia sinensis* L. [O] Kuntze). *World Journal of Applied Chemistry*, 5(2), 13-19.

Pahalvi H, Majeed L, Sumaira R, Bisma N, Kamili A. (2021): Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health. 10.1007/978-3-030-61010-4_1.

Pan M, Yau PC, Lee KC *et al.* (2022): Effects of Different Fertilizers on the Germination of Tomato and Cucumber Seeds. *Water Air Soil Pollut* 233, 25.

Parrish JAD, Bazzaz FA. (1982): Response of plants from three successional communities to a nutrient gradient. *J. Ecol.*, 70, 233– 248.

Paszkowski WL, Kremer RJ. (1988): Biological activity and tentative identification of flavonoid components velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.) seed coats. *Journal of Chemical Ecology*, 14(7).

Patterson DT. (1981): Effects of allelopathic chemicals on growth and physiological response of soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 29, 53-58.

Patel TU, Patel CL, Patel DD, Thanki JD, Patel PS, Jat RA. (2011): Effect of weed and fertilizer management on weed control and productivity of onion (*Allium cepa*). *Indian Journal of Agronomy*, 56(3), 267-272.

Pavlychenko TK, Harrington JB. (1935): Root development of weeds and crops in competition under dry farming. *Sci. Agric.*, 16, 151–160.

Pérez FJ, Ormeno-Nuñez J. (1991): Root exudates of wild oats: allelopathic effect on spring wheat. *Phytochemistry*, 30, 2199–2202.

Pergo EM, Abrahim D, da Silva PC, Kern KA, da Silva LJ, Voll E, Ishii. Iwamoto LE. (2008): *Bidens pilosa* L. Exhibits high sensitivity to coumarin in comparison with three other weed species. *J.Chem.Ecol.*, 34,499.

Petrovic J. (2019): Sadržaj elemenata u poljoprivrednom zemljištu-uticaj primenjenih agrotehničkih mera. Master rad, Prirodno matematički fakultet, Niš.

Piletić M, Milić B, Đilas S. (1992): *Organska hemija II deo*, Prometej, Novi Sad.

Politycka B. (1997): Free and glucosylated phenolics, phenol-beta-glucosyltransferase activity and membrane permeability in cucumber roots affected by derivatives of cinnamic and benzoic acid. *Acta Physiol. Plantarum.*, 19, 311-317.

Pourreza J, Bahrani A. (2015): Effects of Nitrogen Fertilizer on Wild Oat (*Avena fatua*) Competition with Wheat (*Triticum aestivum*). 5th International Conference on Environment Science and Engineering, Volume 83 of IPCBEE.

Pratt J, Boisson AM, Gout E, Bligny R, Douce R, Aubert S. (2009): Phosphate (Pi) starvation effect on the cytosolic Pi concentration and Pi exchanges across the tonoplast in plant cells: an in vivo ³¹P-nuclear magnetic resonance study using methylphosphonate as a Pi analog. *Plant Physiol.*, 151, 1646–1657.

Prior RL, Hoang HA, Gu L, Wu X, Bacchiocca M, Howard L, HampschWoodill M, Huang D, Ou B, Jacob R. (2003): Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(11), 3273-3279.

Pussayanawin V, Wetzel DL. (1987): High-performance liquid chromatography determination of ferulic acid in wheat milling fractions as a measure of bran contamination. *Journal of Chromatography A*, 391, 243-255.

Qasem JR. (1992): Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. *J. Hortic. Sci.*, 67,189–195.

Qaswar M, Hussain S, Rengel Z. (2017): Zinc fertilisation increases grain zinc and reduces grain lead and cadmium concentrations more in zinc-biofortified than standard wheat cultivar. *Science of The Total Environment*, 605–606, 454-460.

Rakesh J, Patras MA, Eravuchira JP, Pinkie JE, Kuhnert N. (2010): Profile and characterization of the chlorogenic acid in green robusta coffee beans by LC-MS: Identification of seven new classes of compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 58(15), 8722-8737.

Reeves RD, Baker AJM. (1999): Metal-accumulating plants. In: *Phytoremediation of toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment*. Eds, I Raskin, BD Ensley, 193–229, John Wiley & Sons Inc, New York, NY.

Richardson Y, Blin J, Julbe A. (2012): A short overview on purification and conditioning of syngas produced by biomass gasification: Catalytic strategies, process intensification and new concepts. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 38, 765–781.

Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. (1999): Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food chemistry*, 66(4), 401-436.

Robbins RJ. (2003): Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2866-2887.

Ross DM, Van Acker RC. (2005): Effect of nitrogen fertilizer and landscape position on wild oat (*Avena fatua*) interference in spring wheat. *Weed Science*, 53, 869–876.

Sakakibara H, Honda Y, Nakagawa S, Ashida H, Kanazawa K. (2003): Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables, fruits, and teas, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 571–581.

Sardi K, Beres I. (1996): Effects of fertilizer salts on the germination of corn, winter wheat, and their common weed species. *Commun Soil Sci. Plant Anal.*, 27, 1227–1235.

Scialabba NEH, Müller-Lindenlauf M. (2010): Organic agriculture and climate change. *Renew. Agric. Food Syst.*, 25, 158–169.

Scheffer F, Schachtschabel P. (1989): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Enke-Verlag, Stuttgart.

Schmitz PM, Hartmann M. (1994): The economic implications of chemical use restrictions in agriculture. 62nd IFA Annual Conference, Istanbul, Turkey.

Schumacher WJ, Thill DC, Lee GA. (1983): Allelopathic potential of wild oat (*Avena fatua*) on spring wheat (*Triticum aestivum*) growth. *J. Chem. Ecol.*, 9, 1235–1245.

Sexsmith J, Pittman U. (1963): Effect of nitrogen fertilizers on germination and stand of wild oats. *Weeds*, 11(2), 99-101.

Sharma A, Shahzad B, Rehman A, Bhardwaj R, Landi M, Zheng B. (2019): Response of Phenylpropanoid pathway and the role of Polyphenols in Plants under Abiotic Stress. *Molecules*, 24, 2452.

Shen J, Yuan L, Zhang J, Li H, Bai Z, Chen X, Zhang W, Zhang F. (2011): Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. *Plant Physiology*, 156, 997–1005.

Shilling DG, Libel RA, Worsham AD. (1985): Rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) mulch: The suppression of certain broadleaved weeds and the isolation and identification of phytotoxins, pp. 243–271, in Thompson AC. (ed.). *The Chemistry of Allelopathy: Biological Interaction among Plants*. American Chemical Society Symposium Series No. 268, American Chemical Society, Washington, D.C.

Schuster B, Herrmann K. (1985): Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, 24(11), 2761-2764.

Shahidi F, Nacz M. (2004): *Phenolic in food and nutraceutical*. Boca Raton, FL: CRC Press, 1-558.

Sikorska M, Mateeawska I. (2008): Polyphenolic compounds from *Abutilon grandiflorum* leaves. *Acta Poloniae Pharmaceutica –Drug Research*, 65(4), 467-471.

Simic M, Dragicevic V, Mladenovic Drinic S, Vukadinovic J, Kresovic B, Tabakovic M, Brankov M. (2020): The Contribution of Soil Tillage and Nitrogen Rate to the Quality of Maize Grain. *Agronomy*, 10, 976.

Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos R. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology* 299, 152-178.

Sousa C, Valenão P, Rangel J, Lopes G, Pereira JA, Ferreres F, Seabra RM, Andrade P. (2005): Influence of two fertilization regimens on the amounts of organic acids and phenolic compounds of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. costata DC). *J. Agric. Food Chem.*, 53, 9128–9132.

Søltoff M, Nielsen J, Holst Laursen K, Husted S, Halekoh U, Knuthsen P. (2010): Effects of organic and conventional growth systems on the content of flavonoids in onions and phenolic acids in carrots and potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 10323–10329.

Spencer NR. (1984): Velvetleaf, *Abutilon theophrasti* (malvaceae), history and economic impact in the United States. *Econ. Bot.*, 38, 407-416.

Stalikas CD. (2007): Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci.*, 30, 3268–3295.

Stefanelli D, Goodwin I, Jones R. (2010): Minimal nitrogen and water use in horticulture: effects on quality and content of selected nutrients. *Food Res. Intern.*, 43, 1833–1843.

Stracke BA, Rüfer CE, Weibel FP, Bub A, Watzl B. (2009): Threeyear comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced

apples (*Malus domestica* Bork. Cultivar “golden delicious”). J. Agric. Food Chem., 57, 4598–4605.

Syers JK, Johnston AE, Curtin D. (2008): Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Reconciling changing concepts of soil phosphorus behavior with agronomic information FAO. Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 18 p.110, FAO, Rome.

Sweeney A, Renner K, Laboski C, Davis A. (2008): Effect of fertilizer nitrogen on weed emergence and growth. Weed Science, 56(5), 714-721.

Szöllösi R, Varga ISI. (2002): Total antioxidant power in some species of Labiatae: adaptation of FRAP method. Acta Biologica Szegediensis, 46(3-4), 125-127.

Taner DG, Gorfu A, Taa A. (1993): Fertiliser effects on sustainability in the wheat-based small-holder farming systems of southeastern Ethiopia. Field Crops Research, 33(3), 235-248.

Thompson LU, Robb P, Serraino M, Cheung F. (1991): Mammalian lignan production from various foods. Nutrition and Cancer, 16, 43-52.

Toledo MZ, Garcia RA, Merlin A, Fernandes DM. (2011): Seed germination and seedling development of white oat affected by silicon and phosphorus fertilization. Sci. Agric., 68(1), 18-23.

Torres AM, Mau-Lastovicka T, Rezaaiyan R. (1987): Total phenolics and high-performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. Journal of agricultural and food chemistry, 35(6), 921-925.

Tsao R, McCallum J. (2009): Chemistry of Flavonoids. In: de la Rosa L.A., Alvarez-Parrilla E., Gonzalez-Aguilar G., editors. *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, Nutritional Value and Stability*. Chapter 5 Blackwell Publishing; Ames, IA, USA, 131–153.

Turk MA, Tawaha AM, Samarah N, Allataifeh N. (2003): The response of awnless six row barley (*Hordeum vulgare* L.) to nitrogen fertilizer application and weed control methods in the absence of moisture stress. Pak. J. Agron., 2, 101–108.

Uren NC. (1992): Forms, Reactions and Availability of Nickel in Soils. In: Advances in Agronomy (Sparks DL., ed.), Academic Press, Inc, 8, 141–203.

Vamerali T, Bandiera M, Mosca G. (2010): Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land. A review. Environmental Chemistry Letters, 8, 1–17.

Vaya J, Aviram, M. (2001): Nutritional antioxidants: Mechanisms of action, analyses of activities and medical applications, Current Medicinal Chemistry – Immunology, Endocrine and Metabolic Agents, 1, 99-107.

Von Hlasiwetz H, Barth L. (1866): Ueber einige Harze [Zersetzungsproducte derselben durch schmelzendes Kali]. *Liebig's Annalen der Chemie*, 138, 61–76.

Vukadinović V, Lončarić Z. (1998): Ishrana bilja, poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

Zanin G, Sattin M. (1988): Threshold level and seed production of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) in maize. *Weed Research*, 28, 347–352.

Yu G, Ma J, Jiang P, Li J, Gao J, Qiao S, Zhao Z. (2019): The Mechanism of Plant Resistance to Heavy Metal. *Conference Series.: Earth Environmental Science*, 310(5), 310 052004. 2019

Zhang X, Zhang S, Xu X, Li T, Gong G, Jia Y, Li Y, Deng L. (2010): Tolerance and accumulation characteristics of cadmium in *Amaranthus hybridus* L., *J. Hazard. Mater.*, 180, 303–308.

Zheng Y, Pan Z, Zhang R, Jenkins BM. (2009): Kinetic modeling for enzymatic hydrolysis of pretreated creeping wild ryegrass. *Biotechnology and Bioengineering*, 102(6), 1558-1569.

Zhou C, Zhu Y, Luo Y. (2013): Effect of sulfur fertilization on the accumulation of health-promoting phytochemicals in radish sprouts. *J. Agric. Food Chem.*, 61, 7552–7559.

Waksmundzka MH. (1998): Chromatographic separations of aromatic carboxylic acids. *Journal of chromatography B: Biomedical sciences and applications*, 717(1-2), 93-118.

Wang L, Weller CL. (2006): Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals from Plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17(6), 300-312.

Wang JY, Yao DD, Xu CX, Zhao GQ, Hua CL. (2017): Effect of coumarin on sorghum sudanense seed germination and seedling growth. *Pratacult. Sci.*, 34, 2279–2288.

Wendy A, Johnson WJ, Raymond A, Cloyd RA, Nechols JR, Williams KA, Nathan O, Nelson NO, Rotenberg D, Kennelly MM. (2012): Effect of nitrogen source on pac choi (*Brassica rapa* L.) chemistry and interactions with the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *HortScience*, 47, 1457–1465.

Willkinson SR, Ohlorgge, AJ. (1960): Influence of biuret and urea fertilizers containing biuret on corn plant growth and development. *Agron. J.*, 52, 560-562.

Winkel-Shirley B. (1999): Evidence for enzyme complexes in the phenylpropanoid and flavonoid pathways. *Physiologia Plantarum*, 107, 142-149.

Winter CK, Davis SF. (2006): Organic Foods. *Journal of Food Science*, 71(9), 117-124.

Wu H, Haig T, Pratley J, Lemerle D, An M. (1999): Simultaneous determination of phenolic acids and 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3- one in wheat (*Triticum aestivum* L.) by gas chromatography-tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 864, 315-321.

Wu H, Haig T, Prately J, Lemerle D, An M. (2001): Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): Variation of phenolic acids in root tissues, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5321-5325.

Wu D, Cederbaum A. (2003): Alcohol, oxidative stress, and free radical damage, *Alcohol Research Health*, 27, 277-284.

Wulff F, Schulz V, Junkg A, Claassen N. (1998): Potassium fertilization on sandy soils in relation to soli test, crop yield and K-leaching. *Z. Pfl anzenernähr, Bodenk*, 161, 591-599.

Xu ZM, Li QS, Yang P, Ye HJ, Chen ZS, Guo SH, Wang LL, He BY, Zeng EY. (2017): Impact of osmoregulation on the differences in Cd accumulation between two contrasting edible amaranth cultivars grown on Cd-polluted saline soils. *Environmental Pollution*, 224, 89-97.

Čanadanović-Brunet J. (1997): Kiseonikovi slobodni radikali prirodnih i model sistema. Doktorska disertacija, Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.

Šinžar, B., Vrbničanin, S. Elementi herbologije. Zavet, Beograd, 2003.

<http://mrizp.rs/zp-funkcionalna-hrana>, 2022

<https://www.organicnet.co/en/info-center/resource/show/organska-dubriva>

<https://ourworldindata.org/reducing-fertilizer-use>

<https://seljak.me/savjetuje/uocite-nedostatak-visak-hemijskih-elemenata-na-vasim-biljkama>

www.ucg.ac.me

<https://nutrileaders.com/prihrana>

<https://seljak.me/savjetuje/uocite-nedostatak-visak-hemijskih-elemenata-na-vasim-biljkama>