

Učinak biostimulatora rasta na morfološke pokazatelje i kemijski sastav koprive

Jurčić, Bruno

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:645393>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UČINAK BIOSTIMULATORA RASTA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE I KEMIJSKI SASTAV KOPRIVE

DIPLOMSKI RAD

Bruno Jurčić

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Ekološka poljoprivreda i agroturizam

UČINAK BIOSTIMULATORA RASTA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE I KEMIJSKI SASTAV KOPRIVE

DIPLOMSKI RAD

Bruno Jurčić

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Bruno Jurčić**, JMBAG 0178096942, rođen 04.11.1994. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

UČINAK BIOSTIMULATORA RASTA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE I KEMIJSKI SASTAV KOPRIVE

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Brune Jurčića**, JMBAG 0178096942, naslova

UČINAK BIOSTIMULATORA RASTA NA MORFOLOŠKE POKAZATELJE I KEMIJSKI SASTAV KOPRIVE

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|---------------------------------|--------|-------|
| 1. | Izv. prof. dr. sc. Ivanka Žutić | mentor | _____ |
| 2. | Doc. dr. sc. Sanja Radman | član | _____ |
| 3. | Doc. dr. sc. Marko Petek | član | _____ |

Sadržaj

1. Uvod.....	3
2. Pregled literature	5
2.1. Kopriva.....	5
2.1.1. Rasprostranjenost i botanička svojstva	5
2.1.2. Ekološki zahtjevi i biološke karakteristike.....	6
2.1.3. Kemijski sastav	8
2.1.4. Tehnologija uzgoja	10
2.1.5. Upotreba koprive	12
2.2. Stimulatori biljnog rasta	15
2.2.1. Definicija.....	15
2.2.2. Podjela.....	16
2.2.3. Primjena u praksi	19
3. Materijali i metode.....	21
3.1. Postavljanje pokusa.....	21
3.2. Provedba pokusa	22
3.2.1. Tretiranje biostimulatorima i košnja koprive.....	22
3.2.2. Njega usjeva	23
3.3. Analiza biljnog materijala	23
3.4. Statistička obrada podataka	24
3.5. Meteorološki uvjeti tijekom provođenja pokusa	24
4. Rezultati i rasprava	26
4.1. Morfološka svojstva	26
4.2. Kemijska svojstva.....	28
5. Zaključak	31

6. Popis literature.....	32
--------------------------	----

Životopis

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Brune Jurčića**, naslova

Učinak biostimulatora rasta na morfološke pokazatelje i kemijski sastav koprive

Obična ili dvodomna kopriva (*Urtica dioica*) u modernom vremenu je zapostavljena biljna vrsta, no njezina hranjiva i ljekovita svojstva čine ju funkcionalnom hranom te je od velikog značaja u ekološkoj poljoprivredi i primjenjiva u mnogim industrijama. Biostimulatori su proizvodi prirodnog porijekla koji imaju efikasnu primjenu kod biljaka u uvjetima stresa ublažavajući nepovoljne biotske i abiotske čimbenike. U ovome radu istražene su potencijalne koristi od primjene biostimulatora u smislu utjecaja na morfološke pokazatelje i osnovni kemijski sastav koprive. Monofaktorijalni poljski pokus postavljen je na dvogodišnjem usjevu koprive po metodi slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja, a korišteni proizvodi su: *Humistar*, *Phylgreen*, *Aminovital*, *Delphan Plus*. Ustanovljeno je da biostimulatori nisu utjecali na morfološke pokazatelje niti ukupni prinos, no imali su različit učinak na razinu mineralnih tvari i specijaliziranih metabolita u biljci. Temeljem polučenog pozitivnog učinka, mogu se izdvojiti proizvodi *Delphan Plus* i *Humistar*.

Ključne riječi: minerali, specijalizirani metaboliti, rokovi košnje, prinos

Summary

Of the master's thesis - student **Bruno Jurčić**, entitled

The effect of biostimulants on morphological parameters and chemical composition of stinging nettle

Common or bivalve nettle (*Urtica dioica*) is a neglected plant species in modern times, but its nutritious and medicinal properties make it a functional food and it is of great importance in organic agriculture and is applicable in many industries. Biostimulants are products of natural origin that are effectively applied to plants under stress conditions by mitigating adverse biotic and abiotic factors. This paper explores the potential benefits of using biostimulants in terms of influencing morphological parameters and the basic chemical composition of nettle. The mono-factorial field experiment was set on a two-year crop of nettle according to the random block method in three replicates, and the products used were: *Humistar*, *Phylgreen*, *Aminovital*, *Delphan Plus*. It was found that biostimulants had no effect on morphological parameters or overall yield, but had different effects on the level of mineral substances and specialized metabolites in the plant. *Delphan Plus* and *Humistar* products can be distinguished based on their positive effect.

Keywords: minerals, specialized metabolites, mowing time, yield

1. Uvod

Podizanje svijesti potrošača o djelotvornosti biljnih vrsta u liječenju brojnih bolesti, dovodi do povećane potražnje za ljekovitim biljem. Međutim, porast konzumacije ne prati podjednaki razvoj tehnologije uzgoja ljekovitog bilja. Većina izrazito ljekovitog bilja se ne uzgaja već se sakuplja s prirodnih staništa, no nepravilno i neodgovorno sakupljanje uglavnom dovodi do degradacije prirodnog staništa i smanjivanja populacije te na kraju izumiranja vrste. Sprečavanje izumiranja ljekovitog i aromatičnog bilja može se smanjiti usmjerenim uzgojem i razvojem tehnologije.

Među ljekovitim biljem izdvaja se dvodomna ili obična kopriva (*Urtica dioica* L.). Obična kopriva višegodišnja je zeljasta biljka. Često je okarakterizirana kao korov, a rasprostranjena je u umjerenim klimatskim zonama Europe, Azije, Afrike i Sjeverne Amerike. Raste u gustim nakupinama na tlima bogatim dušikom, poluzasjenjenim livadama, ruderalnim staništima, pored puteva te se može naći na staništima različitih nadmorskih visina. Iako relativno zapostavljena samonikla biljka, kopriva je izrazito ljekovita biljna vrsta te nalazi primjenu u mnogim industrijama, a zbog povećane potražnje na tržištu te standardizacije kvalitete sve se češće uzgaja.

Kopriva sadrži veću količinu bioaktivnih spojeva antioksidativnog djelovanja. Ova vrijedna ljekovita biljka koristila se još u prošlosti u liječenju, prehrani, kozmetici te kao prirodni izvor vlakana i boje. Kopriva je nutritivno vrlo vrijedna namirnica, bogata mineralima (posebno željezom), vitaminom C i provitaminom A. Ima hipoglikemijsko, antidijabetsko te antioksidativno i antimikrobno djelovanje. Svi dijelovi biljke, stabljika, listovi, korijen i sjeme su iskoristivi u različite svrhe. Ako se kopriva ubire s prirodnih staništa, ubiru se biljke neproverene i nestabilne kvalitete, a kontrola kvalitete prilično je teška i obično ekonomski neisplativa.

Ujednačena kvaliteta i visoki prinosi mogu se postići suvremenim tehnologijama, kao što je uzgoj u hranjivoj otopini, tj. plutajući hidropon. Time se smanjuju problemi uzgoja na otvorenom i postiže veći broj košnji u vegetaciji. Kopriva je biljka s izrazito velikim zahtjevima prema dušiku, s obzirom da je trajnica i stvara veliku nadzemnu masu. Intenzivnom proizvodnjom koprive dolazi do velike potrošnje dušičnih gnojiva, a unošenje prevelike količine dušika nije dozvoljeno u ekološkoj poljoprivredi niti je prihvatljivo iz ekoloških razloga. Stoga se u uzgoju koprive kao pretkultura preporučuje sadnja leguminoznog usjeva.

Nije uvijek točno da visoka dostupnost hranjivih tvari odgovara većoj kvaliteti proizvoda. Naprotiv, pretjerana gnojidba, i osobito visoki unos dušika, potiče vegetativni rast s većom osjetljivošću na patogene. Visoke količine dušičnih gnojiva mogu imati štetan utjecaj na okoliš te mogu doprinijeti povećanju emisije stakleničkih plinova. Također, nakupljanje

nitrate u usjevima može štetno utjecati na zdravlje ljudi i životinja. Stoga, nužan je pronalazak alternativnih i ekološki prihvatljivih metoda u tehnologiji proizvodnje koprive.

Ekološki uvjeti mogu nepovoljno djelovati na rast biljke i prinos. U stresnim situacijama mogu pomoći biostimulatori rasta, fiziološki aktivne tvari pojedinačno ili u kombinaciji s mikroorganizama u različitim formulacijama, a primjenjuju se na biljke ili tlo. Najčešći sastojci biostimulatora su minerali, huminske tvari, vitamini, aminokiseline, hitin, hitozan te oligo- i polisaharidi. Oni povećavaju toleranciju biljke na abiotički stres te u konačnici povećavajući prinos usjeva i učinkovitost uporabe mineralnih gnojiva te smanjujući njihovo ispiranje. Nadalje, značajni su u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji jer reduciraju potrebu za mineralnim gnojivima, a povećavaju plodnost tla poticanjem razvoja komplementarnih mikroorganizama u tlu. Mehanizam njihovog djelovanja različit je u odnosu na gnojiva i hormone, a također se razlikuju od sredstava za zaštitu bilja jer nemaju izravan utjecaj na štetnike ili bolesti.

Cilj ovog istraživanja je ispitati učinak djelovanja biostimulatora rasta na morfološke karakteristike biljke, osnovni kemijski sastav i prinos koprive u višekratnoj košnji u uzgoju na otvorenom.

2. Pregled literature

2.1. Kopriva

2.1.1. Rasprostranjenost i botanička svojstva

Botanička sistematika obične ili dvodomne koprive je sljedeća:

Razred: Magnoliopsida

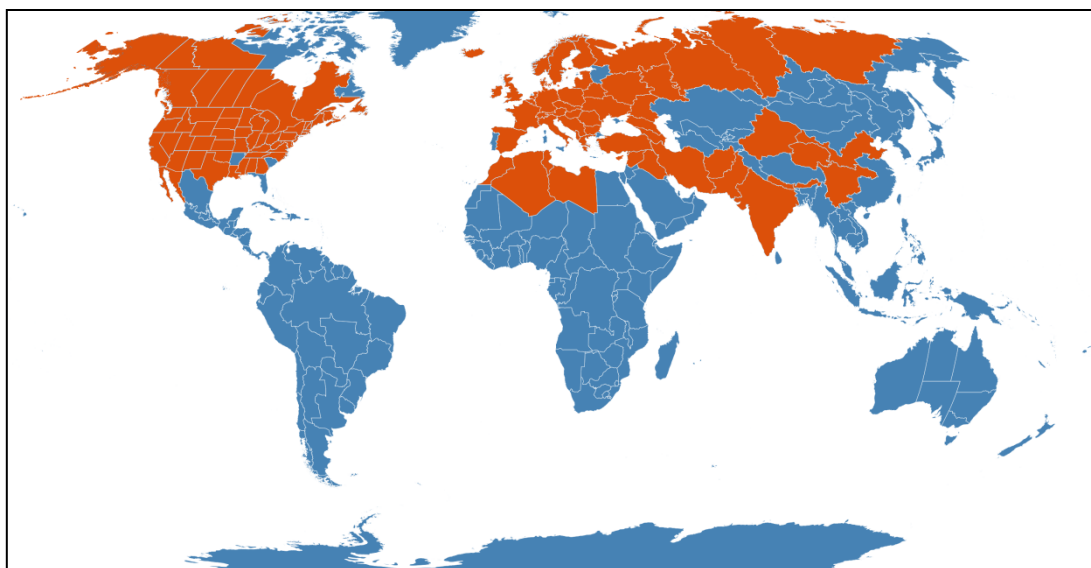
Red: Rosales

Porodica: Urticaceae

Rod: *Urtica*

Vrsta: *Urtica dioica* L.

Obična ili dvodomna kopriva široko je rasprostranjena te lako adaptivna trajnica. Biljka je kozmopolit i često okarakterizirana kao korov, nastanjuje pretežito kontinentalne te umjereno kontinentalne klimatske zone Europe, Azije i Amerike (slika 2.1.1.1.). Raste u gustim grmovima, primarno na ruderalnim staništima, vlažnim i polu-zasjenjenim položajima, pored putova, rubova vrtova te uzduž kanala, a pronađena je i na staništima na različitim nadmorskim visinama (Alhmedi i sur., 2007).



Slika 2.1.1.1. Rasprostranjenost koprive

Izvor: <http://florawww.eeb.uconn.edu>

Kopriva je višegodišnja, dvodomna, zeljasta biljka visoka od 50 cm do 1,5 m koja raste u grmovima, a razmnožava pomoću sjemena ili vegetativno podancima. Korijen je sivo-smeđe boje, nepravilno savijen i šupalj, s vidljivim dubokim uzdužnim brazdama i brojnim manjim korjenčićima koji izlaze iz čvorova. Ima gusto razgranatu mrežu cilindričnih i blago razgranatih podanaka iz kojih izbijaju uspravne i dlakave stabljike (Upton, 2013). Stabljika je nerazgranata, četverobridna, s naglašenim uglovima te zelene i ponekad ljubičaste boje

(Schafner i sur., 2004). Listovi su tamnozeleno boje, unakrsno raspoređeni na stabljici i prekriveni dlačicama. Dlake su ispunjene mravljom kiselinom koja pri dodiru sa kožom uzrokuje osjećaj da listovi žare. Oblik listova je srcolik, duboko nazubljen i šiljast (slika 2.1.1.2.), a nalaze se na kratkim peteljka (Bisht i sur., 2012). Muški i ženski cvjetovi nalaze se odvojeno na biljnim jedinkama, sitni su, neugledni, zelene boje i simetrični. Sastoje se od četiri latice i četiri lapa koji su međusobno razdvojeni. Cvjetovi koprive skupljeni su u guste viseće cvatove koji rastu u pazušcima gornjih listova. Oprašuju se pomoću vjetra, a cvatu od lipnja do kolovoza. Plod je oraščić eliptičnog oblika, glatke površine, plosnat, zelenkasto do smeđe boje i sadrži jednu smeđu sjemenku, koja u potpunosti ispunjava plod (Joshi i sur. 2014). Biljka stvara i do 20.000 sjemenki u sezoni, a pojedine sjemenke imaju sposobnost klijanja i nakon 600 godina (Upton, 2013).



Slika 2.1.1.2. Oblik listova koprive

Izvor: <http://www.floracatalana.net>

2.1.2. Ekološki zahtjevi i biološke karakteristike

Kopriva nema velike potrebe za svjetlom i toplinom te se stoga preporučuje uzgoj na djelomično zasjenjenim površinama. Svi tipovi tla su pogodni za uzgoj koprive, a naročito ona bogata humusom. Slabije prinose donosi uzgojem na teškim i izrazito vlažnim tlima, a isušena i kisela tla treba izbjegavati (Vogl i Hartl, 2003). Optimalan pH tla za razvoj koprivina korijena je šest do sedam.

Kopriva je poznata kao korov te se zbog toga smatra biljkom malih zahtjeva. Međutim, s obzirom na to da je trajnica koja svake godine formira veliku količinu nadzemne mase, u

uzgoju na poljoprivrednim površinama važno je usjev opskrbiti s potrebnom količinom hranjivih tvari, osobito dušikom. Istraživane su metode sadnje pretkultura poput mahunarki i trava za obogaćivanje tla dušikom (Dreyer i Dreyling, 1997). S druge strane, u proučavanju intenzivne kultivacije koprive neki su znanstvenici koristili velike količine mineralnog dušičnog gnojiva. Vetter i sur. (1996) navode kao optimalnu količinu dušika 160-240 kg N/ha, dok Wurl i Vetter (1994) smatraju potrebnom količinom 250-300 kg N/ha u jednoj vegetacijskoj sezoni. Međutim, unošenje navedenih količina dušika nije dozvoljeno u ekološkoj poljoprivredi, niti je prihvatljivo iz ekoloških razloga (Vogl i Hartl, 2003). Dreyer i Müssing (2000) navode optimalnim gnojidbu usjeva koprive sa 60-80 kg N/ha, 150-180 kg K₂O/ha i 40-50 kg P₂O₅/ha.

Smatra se da je biljka koprive visokih zahtjeva za vodom, iako podaci o njenoj potrebi i učinkovitosti iskorištenja vode nisu dostupni (Virgilio i sur., 2015). Za biljku je optimalno ako tijekom razdoblja rasta dobiva jednoličnu količinu vode, stoga je potrebna podrška usjevu putem sustava za navodnjavanje koji se postavlja u godini osnivanja usjeva (Vogl i Hartl, 2003). Bacci i sur. (2009) navode kako je moguć uzgoj koprive bez navodnjavanja uz ljetne padaline od 56 mm/mjesecu.

Usjev koprive može se zasnovati izravnom sjetvom sjemena, no s obzirom na slabiju klijavost sjemena, ona se ne preporučuje. Procjena tehnološke zrelosti koprive iz izravne sjetve može varirati do četiri tjedna između pojedinačnih biljaka, što otežava određivanje optimalnog datuma berbe u komercijalnoj proizvodnji (Vogl i Hartl, 2003). Izravna sjetva također dovodi do nižeg prinosa (Vetter i sur., 1996).

Sortna čistoća i homogena žetva koprive postiže se vegetativnim razmnožavanjem i sadnjom reznica korijena. Reznice se zakorjenjuju u zaštićenom prostoru kako bi se razvili korijeni prije presađivanja. Presađivanje koprive u polje odvija se u travnju (Dreyer i Dreyling, 1997) ili svibnju (Hartl i Vogl, 2002).

Trajnost usjeva koprive može varirati ovisno o namjeni, a optimalna temperatura za rast koprive je od 15 do 23°C. Košnja koprive koja se koristi za proizvodnju vlakana počinje od druge godine nakon podizanja usjeva te se nastavlja sukcesivno. U prvoj godini kopriva ne postiže dovoljnu kvalitetu potrebnu za obradu vlakana, tj. stabljike su pretanke, razgranate i s previše listova (Vogl i Hartl, 2003). U drugoj godini kopriva se može kositi između sredine srpnja i početka kolovoza (Vetter i sur., 1996). Biljke su spremne za žetvu kada je zrna dozorelo u donjem dijelu cvjetova, odnosno prije razvoja sekundarnih bočnih izbojaka. Bočni izbojci ne uzrokuju gubitak kvalitete vlakana, ali ometaju obradu. Moguć je ekonomski prihvatljiv uzgoj koprive i do četiri godine uz dodatnu prihranu dušikom, no ne i nakon toga.

Listovi koprive mogu se brati ili kositi od proljeća sve do kraja ljeta dok su biljke visine 30 cm. Tada prvi otkos već može biti u travnju. Košnja biljke odvija se prije nego se formira debela

stabljika. Najveći broj otkosa je u proljeće i početkom ljeta. U toku jedne godine može se doseći od šest do osam otkosa, dok se u godini klimatski povoljnoj za koprivu može obaviti deset otkosa.

2.1.3. Kemijski sastav

Na kemijski sastav biljaka koprive utječu različiti čimbenici, kao što su sorta, genotip, klima, tlo, vegetativni stadij, vrijeme berbe, skladištenje te obrada. Kopriva je bogat izvor hranjivih tvari. Prema Kregiel i sur. (2018), analiza pokazuje da nadzemna masa koprive sadržava 90 % vlage, 3,7 % proteina, 0,6 % masti, 2,1 % pepela, 6,4 % dijetalnih vlakana i 7,1 % ugljikohidrata, dok prah listova koprive sadrži 30 % proteina, 4 % masti, 40 % nedušičnih spojeva, 10 % vlakana i 15 % pepela. Kemijski sastav koprivinog praha s usporedbom pšeničnog i ječmenog brašna prikazan je u tablici 2.1.3.1. Iz tablice je vidljivo kako kopriva sadrži daleko veću količinu proteina i vlakana, kalcija, željeza i tanina, a posebice polifenola i karotenoida, a sadrži manje vlage, manje ugljikohidrata te manju kalorijsku vrijednost.

Tablica 2.1.3.1. Kemijski sastav pšeničnog brašna, ječmenog brašna i koprivinog praha

Kemijski sastav	Mjerna jedinica	Pšenično brašno	Ječmeno brašno	Koprivin prah
Vlaga	%	12.37 ± 0.25	12.2 ± 0.19	7.04 ± 0.77
Sirovi proteini	%	10.6 ± 0.23	11.84 ± 0.09	33.77 ± 0.35
Sirova vlakna	%	0.65 ± 0.13	1.03 ± 0.08	9.08 ± 0.14
Sirove mast	%	1.68 ± 0.23	1.73 ± 0.67	3.55 ± 0.06
Ukupni pepeo	%	0.56 ± 0.07	3.6 ± 0.08	16.21 ± 0.54
Ugljikohidrati	%	86.51 ± 0.27	81.8 ± 0.08	37.39 ± 0.72
Kalcij	mg/100g	18.94 ± 0.08	17.51 ± 0.26	168.77 ± 1.47
Željezo	mg/100g	3.37 ± 0.29	3.63 ± 0.11	227.89 ± 0.21
Tanini	%	NI*	0.53 ± 0.03	0.93 ± 0.01
Polifenoli	mg/GAE**/g	1.31 ± 0.01	1.76 ± 0.01	128.75 ± 0.21
Karotenoidi	µg/g	320.05 ± 0.08	382.3 ± 0.56	3496.67 ± 0.56
Kalorijska vrijednost	kcal/100 g	381.93 ± 0.05	369.68 ± 0.84	307.24 ± 0.13

Izvor: Adhikari i sur. (2015)

*NI- nije identificirano

**GAE- Gallic Acid Equivalent

Autori Rafajlovska i sur. (2013) navode kako se u lišću koprive nalaze veće količine proteina nego u stabljikama i korijenu. Sadržaj proteina u listovima kreće se od 16 do 27 %, ovisno o izvoru uzorka. Najveći sadržaj proteina je u stabljici i korijenu, a iznosi 14,5 %, odnosno, 11 %.

Nadalje, drugim istraživanjima sastava koprive ustanovljeno je da biljke sadrže značajan broj biološki aktivnih spojeva. Listovi koprive sadrže terpene (Gül i sur., 2012), karotenoide (Kukrić i sur., 2012), od kojih je glavni β-karoten, zatim neoksantin, violaksantin, lutein i

likopen. Također sadrže masne kiseline, osobito palmitinsku, cis-p, 12-linoleinsku i α -linolensku kiselinu (Guil-Guerrero i sur., 2003). Linolenska kiselina je dominantna masna kiselina koja se nalazi u listovima, a plodovi su bogatiji linolnom kiselinom. Kopriva zadrži različite polifenolne spojeve (Orčić i sur., 2014, Rutto i sur., 2013), esencijalne aminokiseline, klorofil, vitamine, tanine, ugljikohidrate, sterole, polisaharide, izolektine (Kukrić i sur., 2012) i minerale (Kara, 2009), od kojih je najvažnije željezo. Listovi koprive sadrže oko 4,8 mg/g suhog klorofila, ovisno o klimatskim i okolišnim uvjetima. Zanimljivo je da se više klorofila i karotenoida obično nalazi u biljkama koje su ubrane sa sjenovitih položaja. Kukrić i sur. (2012) potvrđuju kako postoje razlike u sadržaju klorofila i karotenoida u listovima različite starosti jer je koncentracija klorofila viša u mlađim listovima, a smanjuje se tijekom starenja biljaka.

Svježi listovi koprive sadrže visoke koncentracije vitamina A, C, D, E, F, K i P, kao i vitamine B kompleksa (Rutto i sur., 2013). Poznato je da lišće sadrži posebno velike količine minerala selena, cinka, željeza i magnezija. Listovi, stabljike i korijen koprive sadrže veće količine kalcija nego magnezija (Rafajlovska i sur., 2013). Ta dva elementa su prisutna u količinama gotovo tri puta većim u lišću nego u stabljikama i korijenu. Sadržaj kalcija izražen u odnosu na suhu masu nalazi se od 2,5 – 5 % u listovima, te od 0,7 – 1,5 % u stabljikama i od 0,6 – 0,9 % u korijenu. Najviše koncentracije cinka zabilježene su u listovima, a slijede bakar i mangan. Srednje vrijednosti za sadržaj kobalta bile su značajno više u lišću nego u stabljikama i korijenu. Sadržaj kobalta u listovima, stabljici i korijenu bio je u rasponu od 0,11 do 0,21 mg/kg, 0,10 – 0,18 mg/kg i 0,08 – 0,16 mg/kg u odnosu na odgovarajuću suhu masu. Listovi koprive još sadrže i bor, natrij, jod, krom, bakar i sumpor (Rafajlovska i sur., 2013).

Eterično ulje nadzemnih dijelova koprive sadrži estere (14,7 %), slobodne alkohole (2 %) i ketone (38,5 %), a identificirani su kao 2-metil-2-hepten-2-on, acetofenon i etilketon. U manjoj mjeri prisutni su i aldehidi. Glavne komponente eteričnog ulja koprive su karvakrol (38,2 %), karvon (9 %), naftalen (8,9 %), anetol (4,7 %), heksahidrofarnezil acetone i geranil acetone (3 %) (Joshi i sur., 2014).

Svježi list koprive zadrži 5-hidroksitriptamin (serotonin). Također sadrži i histamin, čija je koncentracija najveća u žarnim dlakama svježe ubrane biljke. U listovima koprive je aktivnost enzima kolin acetiltransferaze koji sudjeluje u produkciji acetilkolina gotovo dvostruko veća od ostalih biljaka koje sadrže acetilkolin (Upton, 2013). Žarne dlake sadrže visoku koncentraciju leukotriena B₄ i C₄ koji djeluju kao medijatori pri nastanku karakterističnih urtikarija na koži (Czarnetzki i sur., 1990).

2.1.4. Tehnologija uzgoja

Prilikom odabira parcele za uzgoj koprive iznimno je važna "povijest" parcele, odnosno prethodno uzgajane kulture. Prema starijoj literaturi, biljke poput konoplje preporučuju se kao pretkultura koprivi jer su učinkovite u suzbijanju korova (Bredemann, 1959). Lupina (*Lupinus* sp.) i ostale leguminoze odličan su izbor kao pretkultura jer obogaćuju tlo dušikom, nužnim za razvoj koprive. Gledajući iz perspektive ekološke poljoprivrede, leguminozne biljke kao predusjev se posebno preporučuju zbog njihove sposobnosti fiksacije dušika. Kulture koje se također preporučuju kao pretkulture koprivi su krumpir, šećerna repa i drugi okopavinski usjevi koji razvijaju veliku korijenovu masu. Također, u ekološkoj proizvodnji preporučuje se sadnja usjeva u zimskim uvjetima, kako bi se spriječilo ispiranje dušika iz tla. Podaci o negativnom utjecaju koprive kao pretkulture nisu dostupni.

Prije sjetve ili sadnje presadnica koprive potrebna je uobičajena osnovna obrada tla, oranje do 25 cm, tanjuranje i predsjetvena priprema. S obzirom na to da je kopriva nitrofilna biljka, preporučuje se prilikom obrade tla unos gnojiva. Kopriva se razmnožava generativno (sjemenom) i vegetativno (podancima i reznicama korijena). Sjeme se može izravno sijati ili se uzgoje presadnice. Sjeme koprive vrlo je sitno, a postoji i veliki rizik dormantnosti. Dormantnost sjemena može se prekinuti stratifikacijom, kao i mehaničkim oštećenjem ovojnice sjemena. Za proizvodnju presadnica potrebno je 0,1 - 0,2 kg sjemena/ha, odnosno 45 000 - 65 000 presadnica. Za izravnu sjetvu sjemena u polje potrebno je 3 - 4 kg/ha sjemena. Presadnice se mogu saditi ručno ili strojno. Radman (2015) navodi da se koprivu preporučuje uzgajati iz presadnica uz primjenu gnojidbe od 100 kg N/ha u cilju postizanja zadovoljavajućeg prinosa i visoke zdravstvene i nutritivne vrijednosti herbe.

Ujednačena kvaliteta biljnog materijala postiže se primjenom suvremenih hidroponskih tehnologija uzgoja, kao što je uzgoj u plutajućem hidroponu u negrijanom zaštićenom prostoru. Sjetva u polistirenske ploče ispunjene inertnim supstratima (perlit, vermikulit) obavlja se početkom rujna, pri čemu se u prvoj košnji signifikantno veći prinos postiže uzgojem koprive u vermikulitu, u odnosu na perlit (Stubljarić i sur., 2014).

Kontrola korova u proizvodnji koprive je vrlo bitna, osobito u prvoj godini. Preventivne mjere najvažnije su za uspješno suzbijanje korova u usjeva, dok su organske metode izravnog suzbijanja ograničene. Najvažnija preventivna mjera u suzbijanju korova je odabir odgovarajućeg predusjeva. U početku vegetacije najveći problem čine trave. Gušći sklop biljaka (50 cm x 50 cm) omogućava relativno brzo zatvaranje redova biljnom masom koprive, odnosno pokrivanje tla usjevom (Vetter i sur., 1996). Široki razmak između redova (100-150 cm) omogućava međurednu kultivaciju korova, što se preporučuje u intenzivnoj proizvodnji (Dreyer i Dreyling, 1997). Moguće je i ručno okopavanje i plijevljenje, što je naročito primjenjivo u ekološkoj proizvodnji (slika 2.1.4.1.).



Slika 2.1.4.1. Ručno okopavanje i plijevljenje u trajnom usjevu koprive

Izvor: <https://www.cloudschool.org>

Bolesti i štetočine ne predstavljaju veliki problem u uzgoju koprive. Kopriva je biljka domaćin za mnoge vrste leptira čije se gusjenice hrane njenim lišćem. Najpoznatije su gusjenice leptira *Aglais urticae* L. i *Aglais io* L., jer se oni brzo razvijaju i mogu uzrokovati potpunu defolijaciju listova. U prvoj godini uzgoja javlja se usporen rast, ali se biljke obično brzo oporave. Moguć je i napad gusjenica leptira *Vanessa atalanta* L. i *Cynthia cardui* L. Bolesti uzrokovane patogenima poput *Peronospora debaryi* Salmon et Ware, *Pseudoperonospora urticae* Lib. Salmon et Ware uzrokuju relativno male, lokalne štete. Veliki razvoj bolesti te napad štetočina u usjevu koprive nije zabilježena u masovnom uzgoju (Vogl i Hartl, 2003).

Berba koprive ovisi o namjeni za koju se usjev uzgaja. Obično se kosi ili bere dok su biljke visoke oko 30 cm. Obavlja se uz pomoć berača za ljekovito bilje ili strižnom kosom. Započinje u travnju, dok druga košnja može biti već nakon 15 - 20 dana. U jednoj godini može se postići šest do osam otkosa, odnosno deset u povoljnim klimatskim uvjetima. Ako je cilj uzgoja korijen, vađenje se obavlja plitkim poderavanjem, nakon čega se skuplja ručno. Korijen se zatim čisti od nadzemnih i oštećenih dijelova, pere i suši. U proizvodnji koprive za vlakna, košnja se obavlja u drugoj godini nakon podizanja usjeva i to od sredine srpnja do početka kolovoza. Žetva je moguća pomoću strojeva s rezačima poput one za konoplju zbog istih morfoloških karakteristika (Vetter i sur., 1996).

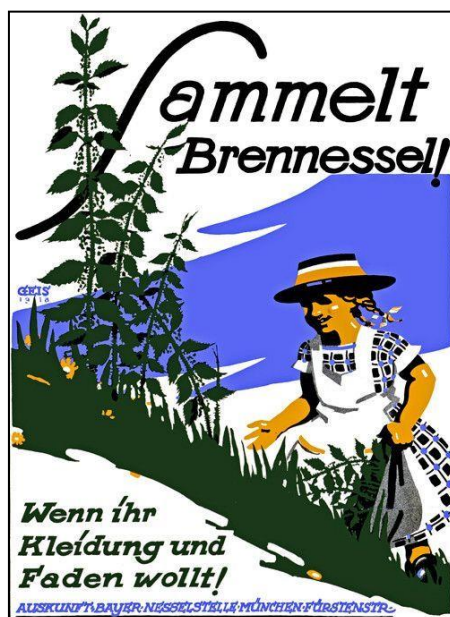
Sušenje koprive moguće je na polju nakon košnje ili u sušarama. U sušari se suši prvih dva sata na temperaturi od 60 °C, a potom na 50 °C. Obzirom da su sušare veliki potrošači energije i da to značajno utječe na ukupne troškove finalnog proizvoda, sve se više koristi

biomasa kao energent, i to u obliku drvenih peleta ili sječke. Takvi energenti značajno smanjuju troškove sušenja, povećavaju konkurentnost gotovog proizvoda na tržištu, a u pogledu ekologije su vrlo poželjni zbog niskih emisija štetnih plinova tijekom izgaranja. U praksi se primjenjuju različite metode sušenja koje uključuju sušenje vrućim zrakom, vakuumsko sušenje, sušenje smrzavanjem i mikrovalno vakuum sušenje pri obradi voća, povrća, gljiva i ljekovitog bilja (Giri i Prasad, 2007).

Za jedan kilogram suhog lista koprive potrebno je pet do šest kilograma svježih listova. Na površini od jednog hektara može se dobiti 10 - 15 t svježih, odnosno 2 - 3 t suhih listova koprive. Prinos svježeg korijena je 8 - 10 t/ha, odnosno 2,5 - 3,5 t/ha suhog korijena. S obzirom da se vađenje korijena obavlja u jesen, sušenje je nužno provoditi u sušarama.

2.1.5. Upotreba koprive

Tijekom 18. stoljeća kopriva se upotrebljavala kao diuretik, ali se koristila i za zaustavljanje krvarenja i liječenje kožnih osipa. Popularna metoda toga doba bila je protrljati tijelo svježim koprivama ako je osoba patila od reumatizma ili nedostatka fizičke snage. Za vrijeme Prvog svjetskog rata, sile Antante su Nijemcima nametnule ekonomsku blokadu kojom je i prekinuta opskrba pamukom. Njemačka tekstilna industrija je iz tih razloga počela opskrbljivati svoju vojsku uniformama i ostalom opremom napravljenom od vlakana koprive. Informaciju o sakupljanju koprive za odjeću širili su pomoću propagandnih materijala (slika 2.1.5.1.). Oprema za konje koju su njemački vojnici koristili u ratu također je bila napravljena od koprive (Bergfjord i sur., 2012).



Slika 2.1.5.1. Njemački propagandni materijal za sakupljanje koprive

Izvor: www.iwm.org.uk

Kopriva se u poljoprivredi vrlo uspješno može primijeniti kao ekološko, organsko tekuće gnojivo. Osim kao gnojivo, može se koristiti i kao repelent za neke insekte. Sok dobiven od koprive se kroz povijest koristio kao prirodna boja za tkanine. Od nadzemnog dijela dobivala se zelena, a od korijena žuta boja. Danas se u Europi kopriva koristi između ostalog za ekstrakciju klorofila koji se koristi kao bojilo prehrambenih proizvoda, E 140 (Anonymus, 2019b).

Zbog sadržaja proteina, polisaharida, sterola i hidroksi-masnih kiselina, osim u agronomiji, kopriva je poznata i u domeni medicine. Jedna je od najčešće korištenih ljekovitih biljaka na svijetu. Zbog njenog visokog sadržaja hranjivih tvari, kopriva se također koristi u narodnoj veterinarskoj medicini (Viegi i sur. 2003). Postoji mnogo dodatka prehrani na bazi koprive. Njihova popularnost može se objasniti netoksičnim kemijskim sastavom, relativno niskom cijenom te širokom rasprostranjenosti. Korištenje koprive u medicinske svrhe najviše je priznata kod liječenja benigne hiperplazije prostate, poznate kao povećanje prostate (Sökeland, 2000), kao i infekcije mokraćnog sustava (Koch, 2001). Kopriva pomaže kod ublažavanja simptoma osteoartritisa i bolova u zglobovima, obično u slučaju ruke, koljena, kukova i kralježnice. Može se koristiti u kombinaciji s nesteroidnim protuupalnim lijekovima, čime se omogućuje pacijentima smanjenje upotrebe tih lijekova jer se dugotrajnom uporabom može povećati rizik od srčanog ili moždanog udara. Istraživanja su također pokazala da primjena listova koprive izravno smanjuje bolove u zglobovima i može liječiti artritis. U istraživanju koje su proveli Christensen i Bliddal (2010) utvrđeno je da kombinacija koprive, ribljeg ulja i vitamina E smanjuje potrebu za analgeticima i drugim lijekovima protiv osteoartritisa.

Klingelhoef i sur. (1999) su dokazali protuupalne učinke koprive kod autoimunih bolesti, kao što je reumatoidni artritis. Infuz biljke može se koristiti za nazalno i menstrualno krvarenje, dijabetes, anemiju, astmu, gubitak kose i promicanje laktacije (Khare i sur., 2012). Terpeni i fenoli su glavne skupine povezane s inhibicijom raka, kao i kod liječenja glavobolje, reume i neke kožne bolesti (Dar i sur., 2013). Fenoli su također povezani s inhibicijom ateroskleroze i degenerativnih moždanih poremećaja povezanih sa starenjem.

Bourgeois i sur. (2016) ispitivali su korištenje koprive u kozmetičke svrhe kao kompleks protiv starenja, uključujući inhibiciju aktivnosti kolagenaze i elastaze. Ta svojstva mogu se pripisati ursoličnoj kiselini i kvercetinu prisutnom u ekstraktima koprive. Nedavna istraživanja pokazala su da kopriva ima i antidijabetička svojstva (Wahba i sur., 2015).

Kopriva se tradicionalno koristi kao hrana, osobito u proljeće u ruralnim područjima. Poznato je da su Rimljani konzumirali koprivu, a recept za juhu znan je i danas. Danas se kopriva koristi na razne načine u kulinarstvu. Aminokiseline iz dehidriranog obroka koprive nutricionistički je bolji u usporedbi s obrokom lucerne (Bekele i sur., 2015). Biljka koprive

može se konzumirati kuhana ili svježe pripremljena. Budući da ima sličan okus i teksturu, može se koristiti kao zamjena za špinat. Također, utvrđeno je da se kopriva može koristiti za koagulaciju mlijeka u procesu proizvodnje svježeg sira (Fiola i sur. 2016). U nekim Europskim zemljama (Srbija i Poljska), prodaje se kruh sa svježim listovima koprive (Đurović i sur., 2017). Listovi koprive mogu se koristiti za izradu biljnog čaja, koji je bogat vitaminima i mineralima. Unatoč koprivinim blagotvornim svojstvima, konzumacija čajeva ili sokova može uzrokovati osip na koži u pojedinačnim slučajevima. Iako je to rijetko, javljaju se alergijske reakcije nakon uzimanja sirovog lišća u obliku pirea ili soka. Zbog toga je potrebno dobro termički obraditi koprivu vrućom vodom, maceracijom, sušenjem ili tinktiranjem. Obradom listova deaktivira se mravlja kiselina, što omogućava sigurnu potrošnju ove vrijedne biljke.

Kopriva može životinjama osigurati hranjive bioaktivne tvari, antimikrobnu aktivnost, poboljšanje imuniteta i smanjenje stresa. Međutim, njen fitokemijski sastav je složen, a način djelovanja nejasan. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO, 2004), u svojim monografijama o "Odabranim ljekovitim biljkama" opisuje koprivu kao vrijednu biljku za mnoge medicinske svrhe. Opća uprava Europske komisije za zdravlje i sigurnost hrane pokazala je da kopriva ispunjava kriterije hrane, kako je definirano u Uredbi br. 178/2002 (EZ, 2002). Ovo mišljenje podržava Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA). Zaključno, kopriva nema štetnog učinka na čovjeka ili zdravlje životinja niti negativan učinak na okoliš.

2.2. Stimulatori biljnog rasta

2.2.1. Definicija

Stimulatori biljnog rasta ili biostimulatori su netoksične tvari uglavnom prirodnog porijekla ili mikroorganizam koji se primjenjuje na biljke s ciljem ojačavanja tolerancije na abiotički stres i povećanje kvalitete usjeva, bez obzira na sadržaj hranjivih tvari (Du Jardin, 2015). Njihov utjecaj na biljke nije posljedica njihove izravne sposobnosti reguliranja metabolizma jer njihovo djelovanje može biti višesmjerno. Za razliku od gnojiva i hormona, stimulatori biljnog rasta ne narušavaju metaboličke procese u biljci, čime se smanjuje negativna reakcija biljke na stres (Posmyk i Szafranska, 2016). Biostimulatori mogu sadržavati tragove prirodnih biljnih hormona, no njihovo djelovanje nije izravno na hormone te se iz tog razloga ne nazivaju "biljni hormoni". Najčešći sastojci biostimulatora su mineralni elementi, huminske tvari, vitamini, aminokiseline, hitin, hitosan te poli i oligosaharidi (Bulgari i sur., 2015).

Iako postoji veliki broj istraživanja koja pokazuju prednosti različitih biostimulatora na rast biljaka (Calvo i sur., 2014.), još uvijek nije potpuno jasan njihov sastav i mehanizam djelovanja. Složenost ekstrakata, odnosno široki raspon molekula sadržanih u otopini, čini vrlo teškim razumijevanje njihove aktivnosti. Izolacija i proučavanje jedne komponente prisutne u biostimulatoru može dovesti do nepouzdatih rezultata jer su učinci na biljke često posljedica kombinacije i sinergističkog djelovanja različitih spojeva. Dakle, biostimulatore je pravilnije klasificirati na temelju njihovog djelovanja u biljkama, odnosno, na fiziološki odgovor biljke, a ne na temelju njihovog sastava.

Globalno tržište biostimulatora nalazi se u Europi i neprestano raste (Calvo i sur., 2014). U posljednjih nekoliko godina napredak u razumijevanju nekoliko komercijalno dostupnih biostimulatora omogućen je primjenom molekularnih pristupa (Sharma i sur., 2014). Rezultati ovih studija sugeriraju da biostimulatori koji se temelje na biljnim ekstraktima ili mikrobnim kulturama mogu sadržavati metabolite koji su uključeni u percepciju stresa i omogućuju biljci obranu odbiotičkog ili abiotičkog stresa. Nakon što biljka opazi stres, biostimulatoripozitivno utječu na mehanizme tolerancije biljnog stresa (Petrozza i sur., 2014). Istraživanjemje identificirano mnogih malih molekula koje igraju kritičnu ulogu u signalizaciji stresa i reakciji biljaka na stres (Chaves i sur., 2003).

Biostimulatori mogu djelovati izravno na fiziologiju i metabolizam biljke ili na poboljšanje stanja tla. Biostimulantori u tlu utječu na mikrofloru i mogu imati pozitivan utjecaj na rast biljaka (Kunicki i sur., 2010). U skladu s navedenim, biostimulatori se mogu primijeniti na tlo ili na list biljke, ovisno o njihovom sastavu i željenim rezultatima. Obično se primjenjuju dodatno uz standardnu gnojidbu kako bi se poboljšala iskoristivost primijenjenih hranjivih tvari. Za razliku od gnojiva, stimulatori biljnog rasta djeluju na metabolizam biljke, a koncentracije hranjivih tvari koje su u njima prisutne su zanemarive (Bulgari i sur., 2015).

Primjena biostimulatora može povećati prinos usjeva za 5 – 10 % te povećati iskoristivost gnojiva za 5 – 25 % (Le Mire i sur., 2016).

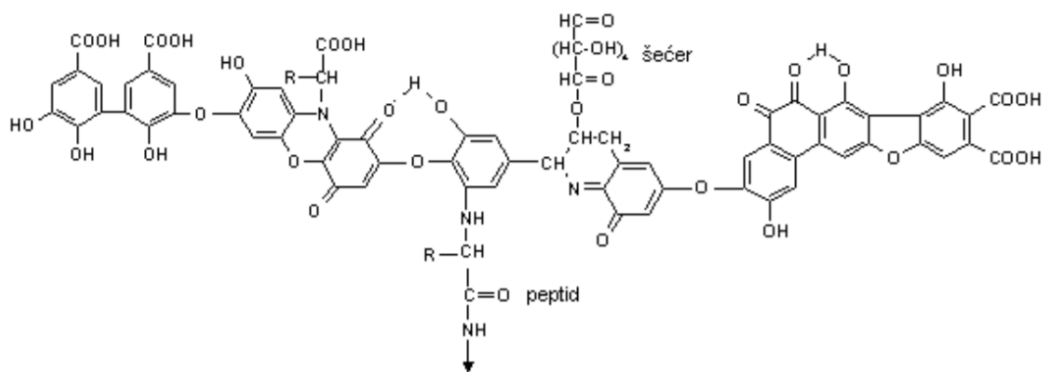
2.2.2. Podjela

Ne postoji zakonska podjela biostimulatora biljnog rasta u Europskoj Uniji niti u SAD-u. Kauffman i sur. (2007) smatraju da su biostimulatori dostupni u različitim formulacijama i s različitim sastojcima, ali su općenito razvrstani u tri glavne skupine na temelju njihovog izvornog sadržaja. Najčešće korištene komponente biostimulatora su mineralni spojevi, huminske tvari, vitamini, aminokiseline, hitin, hitozan te oligo- i polisaharidi (Hamza i Suggars, 2001; Kauffman i sur., 2007). Du Jardin (2015) navodi podjelu biostimulatora na huminske kiseline, proteinske hidrolizatore i druge spojeve koji sadrže dušik, ekstrakte algi i biljaka, biopolimere, anorganske spojeve te korisne gljive i bakterije.

Humusne tvari

Humusne tvari su prirodni sastojci organske tvari tla, nastale razgradnjom biljnih, životinjskih i mikrobnih ostataka, ali i iz metaboličke aktivnosti mikroba na tlu. Ekstrahiraju se iz prirodno humificirane organske tvari (treset ili vulkansko tlo), iz komposta ili iz mineralnih naslaga (leonardit, oksidacijski oblik lignita) (Du Jardin, 2015). Humusne tvari čine heterogeni spojevi topivi u vodi. Prema stupnju topivosti mogu se podijeliti u tri grupe: huminske kiseline, fulvo kiseline i humin (Gluhić, 2017). Zbog oslobađanja protona i eksudata iz korijena biljaka, ovi spojevi pokazuju složenu dinamiku disocijacije na supramolekularne koloide. Interakcijom organske tvari, mikroba i korijena biljke proizlaze humusne tvari. Kako bi se dostigao željeni prinos usjeva, potrebno je optimizirati količinu huminskih tvari u tlu. Meta-analiza učinaka humusnih tvari na biljke pokazuje povećanje suhe mase od $22 \pm 4\%$ izdanaka i $21 \pm 6\%$ korijena. Varijabilnost učinaka huminskih tvari ovisi o izvoru, uvjetima okoline, te dozi i načinu primjene (Rose i sur., 2014).

Oko četvrtine organskog ugljika na Zemlji nalazi se u huminskim kiselinama, a obuhvaćaju čak 50 - 75% ugljika otopljenog u vodi (Veselinović i sur., 2010). Huminsku kiselinu čini mješavina različitih kiselina koje sadrže karboksilne i druge skupine. Sastoji se od kompleksnih spojeva povezanih slabim Van der Waalsovima silama, a njihova složena molekularna struktura je prikazana naslici 2.2.2.1. Huminske kiseline i njihove soli sa dvovalentnim i trovalentnim kationima su teško topive, nalaze se u tlu kao gel i ne ispiru se. Iz tog razloga se zadržavaju u površinskom profilu tla, drže vodu, adsorbiraju ione i izmjenjuju ih, rezerve su biogenih elemenata u tlu, sadrže antibiotike (Gluhić, 2017).



Slika 2.2.2.1. Molekularna struktura huminske kiseline

Izvor: Gluhić (2017)

Fulvokiseline nastaju taloženjem huminske kiseline iz lužnatog ekstrakta djelovanjem kiseline. Čini ih kompleks organskih tvari topljivih u vodi pri svim pH vrijednostima. Zbog toga se među njima nalaze dijelom i nehuminske tvari (polisaharidi, većina organskih fosfornih spojeva i drugi niskomolekularni spojevi) koje se ne ubrajaju ili se ne mogu nazvati fulvokiseline. Imaju manju molekulsku masu od huminske kiseline i više hidrofilnih funkcionalnih grupa (Gluhić, 2017).

Humini su specifične huminske tvari. Za razliku od huminske i fulvo kiseline, humini nisu topivi, odnosno ne ekstrahiraju se u hladnoj lužini. Grupi humina pripadaju ugljikove tvari (bituminozne) nastale kao rezultat karboksilacije organskih ostataka (Gluhić, 2017).

Proteinski hidrolizati

Smjese aminokiselina i peptida dobivaju se kemijskim putem, hidrolizom enzimskih proteina iz agroindustrijskih nusproizvoda biljnog porijekla (ostaci usjeva) i životinjskih otpadaka (npr. kolagen) (Du Jardin, 2015; Calvo i sur., 2014). Kemijska sinteza se također može koristiti za pojedinačne ili mješovite spojeve. Calvo i sur. (2014) potvrđuju da takvi spojevi djeluju kao stimulatori rasta biljaka. Izravni učinci na biljke uključuju modulaciju unosa i asimilacije dušika, regulaciju enzima uključenih u asimilaciju dušika i njihovih strukturnih gena te djelovanje na signalni put stjecanja dušika u korijenu. Poznato je da proteinski hidrolizati povećavaju mikrobnu aktivnost tla, pa time i ukupnu plodnost tla. Istraživanjem sigurnosti hidrolize proteina na primjeru kvasca i biljke nije pronađena nikakva genotoksičnost, ekotoksičnost niti fitotoksičnost (Corte i sur., 2014). Ipak, postoji zabrinutost zbog sigurnosti korištenja proteinskih hidrolizata dobivenih iz nusproizvoda životinjskog podrijetla. Uredbom (EU) br. 354/2014 o ekološkoj proizvodnji, označavanju i kontroli, Europska Unija zabranila je primjenu životinjskih proteinskih hidrolizata u ekološkoj proizvodnji.

Ekstrakti algi

Ekstrakti algi se u poljoprivredi koriste kao sredstva za poboljšanje tla ili kao biljni stimulatori. Mogu se primjenjivati folijarno, a potiču rast biljke, toleranciju biljke na smrzavanje i sušu, fotosintetsku aktivnost, otpornost na gljivice, bakterije i viruse (Bulgari i sur., 2015). Morske alge koje se koriste za proizvodnju biostimulatora sadrže citokinine i auksine ili druge supstance slične hormonima (Hamza i Suggars, 2001). Iako biostimulatori mogu sadržavati tragove prirodnih biljnih hormona, s biološke strane gledano nisu i ne mogu se opisati kao hormoni (Bulgari i sur., 2015). Ekstrakti morskih algi koji se koriste za komercijalnu upotrebu uključuju polisaharid laminarin, alginat i karagenene. Najviše se koriste rodovi smeđih algi *Ascophyllum*, *Fucus* i *Laminaria*. Morske alge mogu se primjenjivati na tlo i na biljke (Craigie, 2011), odnosno, mogu se direktno unositi u tlo i u hidroponsku otopinu ili primjenjivati folijarno.

Hitozan

Hitozan je polisaharid koji nastaje deacetilacijom hitina, a može se dobiti prirodno ili proizvoditi industrijski. Hitozan je spoj koji se koristi u prehrambenom, kozmetičkom, medicinskom te agronomskom sektoru. Fiziološki učinci u biljkama su rezultat sposobnosti ovog polikationskog spoja da veže širok raspon staničnih komponenti, naročito DNA i staničnu stijenu. Također, ima sposobnost vezanja specifičnih receptora uključenih u aktivaciju obrambenih gena (Hawiger, 2013). Hitozan je razvijen prvenstveno s ciljem zaštite biljaka od gljivičnih patogena kao i tolerancije na abiotički stres (suša, sol, smrzavica).

Anorganski spojevi

Glavni korisni elementi prisutni u i na tlu u obliku anorganskih soli (ili kao netopljivi oblici) su aluminij, kobalt, natrij, selen i silicij. Ovi kemijski elementi potiču rast biljaka, toleranciju na abiotički stres te doprinose visokoj kvaliteti plodova. Također, potiču osmoregulaciju, interakciju s drugim elementima, sintezu biljnih hormona, interakciju sa simbiotima, a smanjuju transpiraciju te štite biljku od patogena. Odlični su antioksidanti i doprinose smanjenju toksičnosti teških metala (Pilon-Smits i sur., 2009).

Mikorizne gljive

Interakcija gljive s korijenom biljke može biti u obliku simbioze ili parazitizma. Biljke i gljive su se razvijale zajedno u suživotu od nastanka kopnenih biljaka, dok su se simbioza i parazitizam razvijali evolucijom. Mikorizne gljive su heterogena skupina gljiva koja uspostavlja egzogenu ili endogenu simbiozu s više od 90% svih biljnih vrsta. Najrašireniji oblik mikorize je endomikoriza, a unutar nje arbuskularna mikoriza (AM), pri kojoj hife gljive prodiru u stanice korijena (Behie i Bidochka, 2014). Kod ovog oblika simbioze postoji unutarnji micelij koji je

smješten unutar korijena domaćina, a vanjski je micelij smješten u tlu. Gljive su u ovakvim slučajevima obligatorni kolonizatori, no ne uzrokuju promjene u morfologiji korijena. Hife gljive izdužuju se izvan korijena i služe kao korjenove dlačice, pri čemu mogu prodrijeti u sitnije pore tla i usvojiti hranjiva koja su biljci nedostupna. Širenjem ekološke poljoprivredne proizvodnje povećava se i korištenje mikorize kao ekološki prihvatljivog stimulatora rasta biljke. Druge endofitne gljive kao *Trichoderma* spp. (Ascomycota) i red *Sebacinales* (Basidiomycota) mogu živjeti barem dio života udaljeni od biljke i još uvijek imati sposobnost koloniziranja korijena (Behie i Bidochka, 2014).

Korisne bakterije

Bakterije koje pokazuju stimulativni efekt na rast biljaka i formiranje prinosa su iz rodova *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Aeromonas*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Enterobacter*, ali i mnoge druge (Berg, 2009).

Najproučavanija grupa korisnih bakterija su tzv. rizosferne bakterije koje svojim direktnim i indirektnim mehanizmima djelovanja pozitivno utječu na rast i razvoj biljaka. U literaturi engleskog govornog područja nazivaju se PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Du Jardin, 2015). Prisutne su u rizosferi tla, odnosno u zoni korijena, koja je izuzetna važna zemljišna zona u kojoj se odvija interakcija biljke i mikroorganizama, a pripadaju heterogenoj grupi bakterija. Najznačajniji mehanizmi djelovanja ovih bakterija su fiksacija dušika, oslobađanje anorganski vezanog fosfora, proizvodnja siderofora, biljnih regulatora rasta i antibiotika.

2.2.3. Primjena u praksi

Biostimulatori imaju široku primjenu u proizvodnji povrća, voća te ukrasnog bilja. Komercijalno su dostupni kao sintetičke mješavine ili kao ekstrakti mikroorganizama. Upotreba biostimulatora dramatično je porasla u proteklom desetljeću (Calvo i sur., 2014). Podizanjem svijesti proizvođača poljoprivrednih proizvoda o održivoj proizvodnji, zdravlju ljudi i brizi za okoliš, primjena biostimulatora dobiva veliku prednost u usporedbi s kemijskim sredstvima. Biostimulatori se dobivaju iz širokog spektra materijala koji uključuju, ali nisu ograničeni na žive mikrobne organizme. Stimulatori biljnog rasta vrlo su raznoliki, mogu biti ekstrakti mikrobnog, životinjskog ili biljnog porijekla, organske tvari u tlu, industrijski nusproizvodi ili sintetičke molekule. Obzirom na njihovu visoku učinkovitost i ekotoksikološku prednost, sve je veći broj istraživanja na specifičnim kulturama na kojima se nastoji utvrditi sastav i mehanizmi djelovanja.

S ciljem promicanja stimulatora biljnog rasta i održive poljoprivrede te promicanja rasta i razvoja europske industrije biostimulanata, osnovano je Europsko vijeće za industriju biostimulanata EBIC (The European Council for the Biostimulant Industry) (Anonymus, 2019a). EBIC je osnovan u lipnju 2011. godine kao Europski konzorcij za biostimulantsku

industriju, a naziv je promijenio kada je stekao pravni identitet 2013. godine. Poljoprivrednici, investitori, regulatorne agencije, potrošači, znanstvenici i industrijalci još uvijek uče o biostimulatorima i njihovoj ulozi u održivoj poljoprivredi, a EBIC pruža platformu industriji biostimulanata za interakciju s tim ključnim skupinama dionika i za rješavanje problema koje postavljaju. Strategija Europskog vijeća je razvoj ovog industrijskog sektora te promicanje znanja i inovacija za gospodarstvo temeljeno na biološkom razvoju. Također, jedan od ciljeva je i stvaranjem tvrtki opremljenih proizvodima biostimulatora otvaranje novih radnih mjesta i poticanje gospodarskog razvoja.

3. Materijali i metode

3.1. Postavljanje pokusa

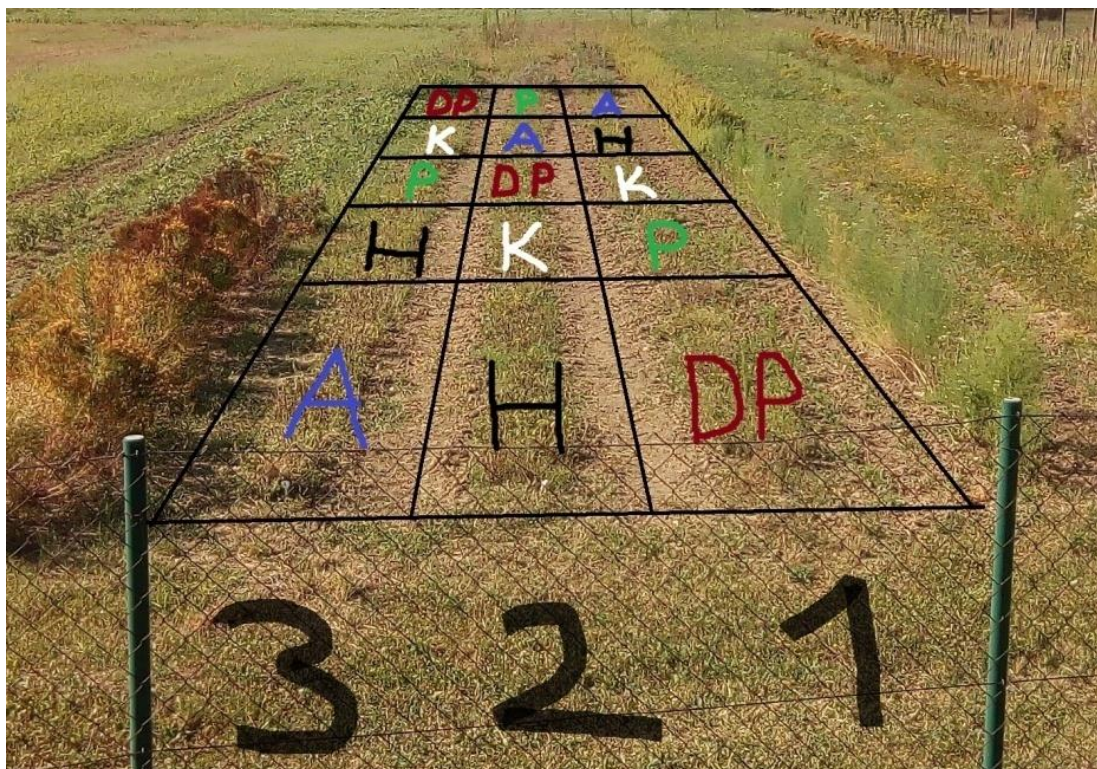
Istraživanje učinka stimulatora biljnog rasta ili biostimulatora na morfološke pokazatelje i kemijski sastav koprive provedeno je na otvorenom polju pokušališta Zavoda za povrćarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na lokaciji Maksimir. Sjetva sjemena koprive je provedena ručno 14. ožujka 2018. god. u polistirenske kontejnere s 86 lončića, punjene supstratom Klassman Potgrond H za povrtne kulture. Posijano je 5 sjemenki po svakom lončiću, a nakon nicanja ostavljene su po dvije biljke. Sadnja presadnica obavljena je sredinom lipnja 2018. godine, a monofaktorijski poljski pokus postavljen je i proveden na dvogodišnjem usjevu u razdoblju od 16. travnja do 24. srpnja 2019. godine.

Početno stanje usjeva analizirano je prije prvog tretiranja biostimulatorima i prije prve košnje. Također prije tretiranja, sondom su uzeti uzorci tla (nasumična metoda) te su podvrgnuti kemijskoj analizi u laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Ispitivanja su provedena prema standardnim normama (metodama) za osnovnu kemijsku analizu tla. Tablica 3.1.1. prikazuje rezultate osnovne kemijske analize tla koji uključuju pH vrijednost uzorka, udio humusa i dušika (%), količinu fosfora i kalija (AL-mg/100 g tla) te željeza (mg/kg tla). Vidljivo je da je tlo neutralno, slabo humozno, bogato opskrbljeno fosforom i srednje opskrbljeno kalijem, dok je opskrbljenost ionima željeza relativno visoka.

Tablica 3.1.1. Rezultati osnovne kemijske analize tla prije provedbe pokusa s biostimulatorima rasta u usjevu koprive na pokušalištu Zavoda za povrćarstvo, Zagreb – Maksimir (2019.)

Dubina uzorka	pH		%		AL-mg/100g		mg/kg
	H ₂ O	nKCl	humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fe
0 – 30 cm	7,32	6,23	1,53	0,15	38,3	17,5	45466

Monofaktorijski poljski pokus postavljen je na dvogodišnjem usjevu koprive po metodi slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja (slika 3.1.1.). Biljke su sadene u tri reda, u razmacima 1,5 m x 0,7 m te je svaki red podijeljen na pet osnovnih parcelica površine 3 m² s po 10 sadnih mjesta. Tako su u jednom ponavljanju četiri parcelice za tretiranje pojedinim biostimulatorima rasta, a peta je parcelica kontrolna, odnosno tretirana vodom. Sa svake je parcelice predviđeno morfometrijski analizirati biljni materijal s pet sadnih mjesta.



Slika 3.1.1. Prikaz parcelica koprive prskanih biostimulatorima rasta u tri ponavljanja (foto: B. Jurčić). Legenda: A – *Aminovital*; DP – *Delfan Plus*; H – *Humistar*; P – *Phylgreen*, K – kontrola

3.2. Provedba pokusa

3.2.3. Tretiranje biostimulatorima i košnja koprive

Primjena biostimulatora obuhvaćala je folijarno tretiranje usjeva koprive u različitim koncentracijama prema uputama proizvođača: *Aminovital* (3 ml/L), *Phylgreen* (1,5 ml/L), *Delfan Plus* (1,5 ml/L), *Humistar* (125 ml/L) te kontrola (biljke prskane vodom). Prvo tretiranje biostimulatorima provedeno je 26. travnja a naredna su provedena 19. lipnja i 24. srpnja. 2019. godine.

Otopina biostimulatora pripremljena je tako da je potrebni volumen pojedinog proizvoda u tekućem stanju precizno odmjeren menzurom. Miješan je s potrebnom količinom vode u cilju postizanja otopine preporučene koncentracije za folijarno tretiranje. Dobivenim otopinama punjeni su spremnici prskalica koje su služile kao instrument za folijarnu primjenu. U tretiranjima je trebalo obratiti pažnju na granična sadna mjesta kako ne bi dolazilo do drifta čestica otopine na susjedne parcelice.

Košnja koprive provedena je 30. svibnja i 17. srpnja 2019. god. (slika 3.1.2.), ručno, vrtlarskim škarama na način da su rezani svi izbojci do razine oko 15 cm iznad tla od koje se mogla

očekivati regeneracija biljaka. Herba je potom vezana u svežnjeve, označena i spremljena u PE vreće kako bi se transportirala s pokušališta do praktikuma.



Slika 3.1.2. Prikaz usjeva koprive nakon druge košnje (foto: B. Jurčić)

3.2.4. Njega usjeva

Njega usjeva obuhvaćala je višekratno okopavanje i međuredno kultiviranje, plijevljenje, odnosno, ručno uklanjanje korova te primjenu biostimulatora rasta. Prije i tijekom postavljanja pokusa nije primjenjivana gnojidba dušičnim ili drugim gnojivima, iako je kopriva nitrofilna vrsta, no tlo na pokušalištu sadržavalo je određene nutrijente potrebne za rast i razvoj biljke, što je vidljivo iz tablice 3.1.1. Također, usjev nije navodnjavan te su biljke koprive bile izložene vodnom i temperaturnom stresu zbog direktne izloženosti Suncu i utjecaja visokih radijalnih temperatura i temperatura zraka.

3.3. Analiza biljnog materijala

U praktikumu Zavoda za povrćarstvo prvo je utvrđena ukupna masa herbe po sadnom mjestu (g) koja je pri berbi bila vezana u svežnjeve, a potom je preračunat ukupni prinos herbe (g/m^2). Tri ponavljanja s po pet parcelica te svaka parcelica s pet sadnih mjesta dali su ukupno 75 svežnjeva s izbojcima koprive za analizu biljnog materijala.

Svežnjevima izbojaka koprive ručno se manipuliralo koristeći pritom zaštitne rukavice kako bi izbjegli kontakt s kožom jer je kopriva još bila svježija tijekom analize. Svežnjevi su razvezani i utvrđivao se broj izbojaka po pojedinom sadnom mjestu. Također, iz svakog svežnja se izdvajao reprezentativni izbojak koji je morfološki analiziran, odnosno, mjerena mu je masa (g), visina (cm), broj nodija, broj listova te duljina i širina najvećeg lista (mm). Za morfometrijsku analizu korištena je digitalna analitička vaga za određivanje mase i ravnalo.

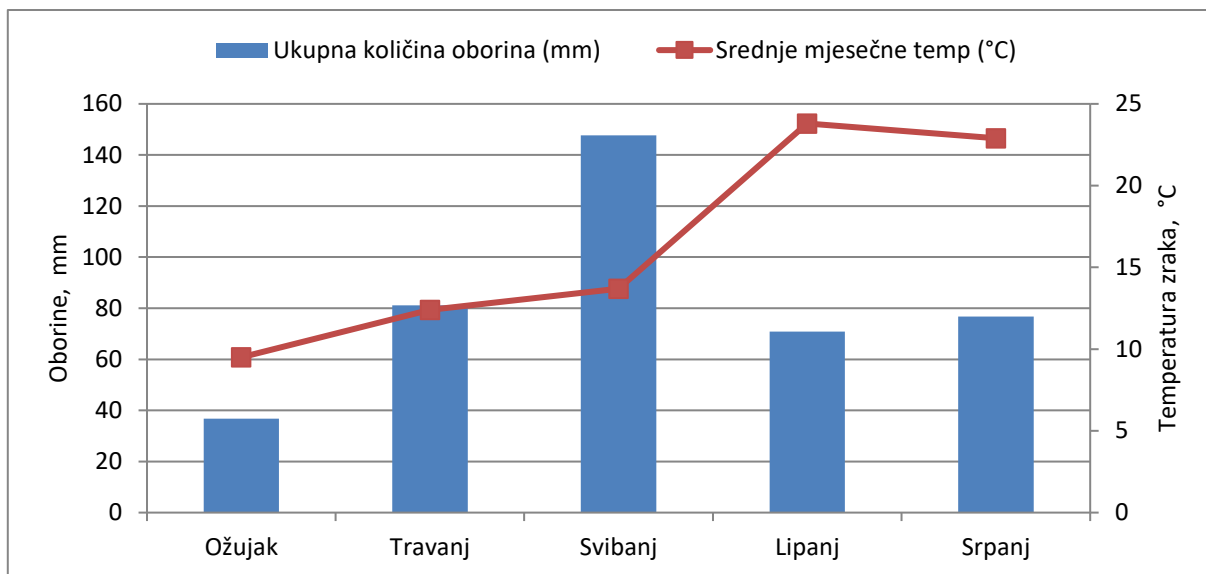
U reprezentativnim uzorcima herbe analiziran je osnovni kemijski sastav (suha tvar, N, P, K) te količina željeza. Sadržaj bioaktivnih tvari (količina polifenola, flavonoida, neflavonoida i antioksidacijski kapacitet) analiziran je samo u prvoj košnji, dok za drugu košnju to nije bilo moguće.

3.4. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka dobivenih morfološkom analizom promatranih svojstava, kao i podataka dobivenih kemijskom analizom herbe koprive provedena je u SAS programu za statističku analizu podataka. Kod svakog pojedinog svojstva međusobno su uspoređene srednje vrijednosti ostvarene pod utjecajem tretiranja biostimulatorima rasta, uključujući i podatke s kontrolne parcele. Rezultati su obrađeni analizom varijance (ANOVA), a dobivene srednje vrijednosti uspoređene su LSD testom na razini signifikantnosti $p \leq 0,01$.

3.5. Meteorološki uvjeti tijekom provođenja pokusa

Svaki pokus koji se provodi u određeno vrijeme na određenom lokalitetu donosi specifične rezultate za takve pojedinačne uvjete i okruženje. Prema podacima iz Državnog hidrometeorološkog zavoda za lokalitet Zagreb-Maksimir vidi se da tijekom provođenja ovoga pokusa u 2019. godini meteorološki uvjeti nisu bili najpovoljniji za rast i razvoj usjeva koprive, što se lako može iščitati iz klimadijagrama prikazanog u grafikonu 3.5.1. Prije svega, važno je obratiti pozornost na relativno nisku srednju mjesečnu temperaturu (13,7 °C) i neuobičajeno veliku količinu oborina (147,7 mm) u mjesecu svibnju. Čak postoje podaci da je u 3 dana u svibnju 2019. zabilježena veća količina padalina nego što je zabilježena u cijelom svibnju 2018. godine. Također je u svibnju i srednja dnevna naoblaka za Zagreb – Maksimir bila razmjerno veća nego ostalih mjeseci, odnosno zabilježen je manjak sunčeve svjetlosti neophodne za fotosintezu. Kasnije, za lipanj i srpanj zabilježene su značajno više srednje mjesečne temperature (23,8 i 22,9 °C) u odnosu na svibanj (13,7 °C), kao i periodi bez oborine. Biljke su bile izložene vodnom i temperaturnom stresu i takvi su uvjeti nepovoljno utjecali na rast i razvoj biljaka u usjevu.



Grafikon 3.5.1. Meteorološki podaci za količinu oborina (mm) i srednje temperature (°C) prikazani po mjesecima tijekom vegetacije koprive u 2019. godini zabilježeni na mjernoj postaji Zagreb- Maksimir

4. Rezultati i rasprava

4.1. Morfološka svojstva

Podaci o morfološkim svojstvima koprive iz dviju berbi prikazani su u tablicama 4.1.1. i 4.1.2. Općenito promatrajući, primjenom biostimulatora rasta nije zabilježena statistički značajna razlika između postignutih vrijednosti niti kod jednog od promatranih morfoloških svojstava, što će reći da se ne može izdvojiti niti jedan tretman koji bi imao pozitivno djelovanje na promatrana svojstva koprive. Na kontrolnom tretmanu (bez aplikacije biostimulatora rasta) također su postignute statistički podjednake vrijednosti u odnosu na one dobivene uz tretmane biostimulatorima. Jedina statistički značajna razlika zabilježena je u 2. košnji kod svojstva broj nodija/izbojku (tablica 4.1.2), gdje su se opravdano razlikovali samo tretmani *Phylgreen* (10,5 nodija/izbojku) i *Delphan Plus* (8,3 nodija/izbojku).

Tablica 4.1.1. Prikaz rezultata analize podataka morfoloških svojstava koprive u 1. košnji

1. košnja (prije cvatnje) 30.5.2019.								
Tretmani	Broj izbojaka po sadnom mjestu	Masa izbojaka po sadnom mjestu (g)	Reprezentativni izbojak/sadnom mjestu					
			Masa (g)	Visina (cm)	Broj nodija	Broj listova	Dužina lista (mm)	Širina lista (mm)
<i>Humistar</i>	39,0	290,0	13,2	52,6	9,0	19,1	79,0	49,9
<i>Phylgreen</i>	38,5	268,0	12,3	47,0	8,1	17,1	79,6	54,2
<i>Aminovital</i>	33,6	261,6	14,7	57,7	9,5	19,3	81,5	50,1
<i>Delphan Plus</i>	38,8	259,1	12,0	47,4	8,3	18,3	84,2	52,2
Kontrola	42,1	277,9	11,7	47,0	8,4	14,9	81,2	53,1
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Stubljari i sur. (2013) navode da su u usjevu koprive uzgajanom bez gnojidbe dušikom zabilježene sljedeće vrijednosti promatranih morfoloških svojstava izbojaka koprive: broj nodija 7,0; broj listova 11,1; dužina lista 32,0 mm; širina lista 21,8 mm. U ovome istraživanju provedenom u 2019. godini vrijednosti istih svojstava iz 1. košnje na kontrolnim parcelama bez primjene biostimulatora rasta bile su: broj nodija 8,4; broj listova 14,9; dužina lista 81,2 mm; širina lista 53,1 mm (tablica 4.1.1). Vrijednosti promatranih svojstava u 2. košnji istog istraživanja (tablica 4.1.2.) također su veće u usporedbi s citiranim istraživanjem (broj nodija 10,2; broj listova 20,7; dužina lista 67,7 mm; širina lista 37,9 mm). Više vrijednosti promatranih morfoloških svojstava u odnosu na citirano istraživanje, ukazuju da je 2019. godina vjerojatno bila povoljnija za rast koprive. Ako se ujedno promotri i utjecaj

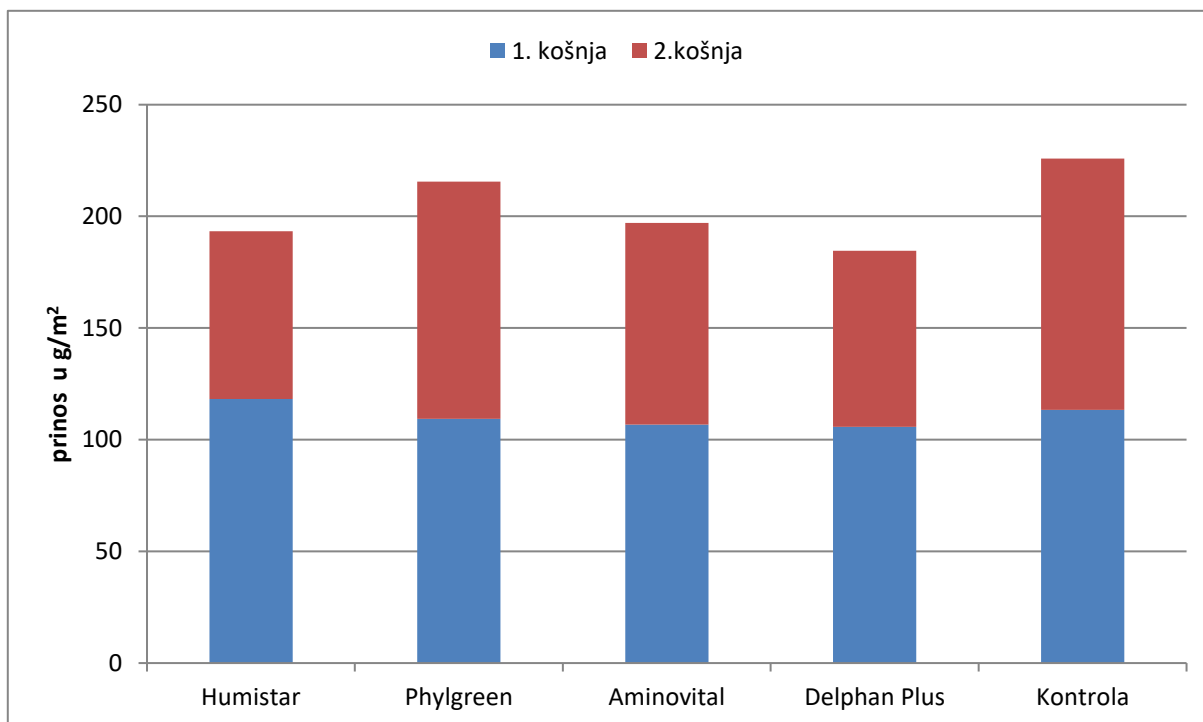
biostimulatora rasta, vidi se da su vrijednosti postignute uz njihovu primjenu u 1. košnji ipak razmjerno veće od vrijednosti dobivenih u kontrolnom tretmanu, iako se to sa statističkog stajališta ne može smatrati opravdanim. Među tretmanima biostimulatorima rasta u 1. košnji mogao bi se izdvojiti preparat *Aminovital* s razmjerno najvećim vrijednostima za svojstva masa i visina izbojka (14,7 g i 57,7 cm) te broj nodija i broj listova/izbojku (9,5 i 19,3). U 2. košnji situacija je obrnuta, odnosno, s nešto većim relativnim vrijednostima morfoloških svojstava listova u odnosu na ostale tretmane može se izdvojiti kontrolni tretman bez primjene biostimulatora (broj listova/izbojku 20,7; dužina/širina najvećeg lista 67,7/37,9 mm).

Tablica 4.1.2. Prikaz rezultata analize podataka morfoloških svojstava koprive u 2. košnji

2. košnja (tijekom cvatnje) 17.7.2019.								
Tretmani	Broj izbojaka po sadnom mjestu	Masa izbojaka po sadnom mjestu (g)	Reprezentativni izbojak/sadnom mjestu					
			Masa (g)	Visina (cm)	Broj nodija	Broj listova	Dužina lista (mm)	Širina lista (mm)
<i>Humistar</i>	53,9	183,8	7,4	55,1	10,2 AB	17,6	61,2	32,1
<i>Phylgreen</i>	56,9	238,5	9,3	44,0	10,5 A	20,4	65,2	33,8
<i>Aminovital</i>	53,6	221,5	7,9	39,9	10,0 AB	20,0	58,5	32,4
<i>Delphan Plus</i>	60,7	195,7	5,3	33,0	8,3 B	13,5	62,1	28,7
Kontrola	63,4	275,7	9,0	47,5	10,2 AB	20,7	67,7	37,9
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

Iz grafikona 4.1.1. vidi se da su prinosi nadzemne biljne mase koprive u 1. košnji kod svih tretmana bili neznatno viši od 100 g/m² (od 105,7 g/m² kod *Delphan Plus* do 118,3 g/m² kod *Humistar*), odnosno, statistički su podjednaki među svim tretmanima. U visini prinosa u 2. košnji također nisu zabilježene značajne statističke razlike između tretmana, jer su prinosi bili u rasponu od 75,0 g/m² (*Humistar*) do 112,5 g/m² (kontrola bez tretiranja). Vidi se da je kod tretmana preparatom *Humistar* u 1. košnji ostvaren razmjerno najveći prinos herbe, a u 2. košnji razmjerno najmanji.

U konačnici su razmjerno najveći kumulativni prinosi svježe herbe po jedinici površine zabilježeni kod kontrolnog tretmana (225,9 g/m²), a zatim i kod tretmana *Phylgreen* (215,6 g/m²), što je vidljivo u grafikonu 4.1.1. Prema podacima Radman i sur. (2016), kumulativni prinos prve i druge košnje u uzgoju koprive bez gnojidbe dušikom iznosi 394 g/m², što indicira da je razvoj koprive pri ovome istraživanju iz 2019. godini ipak bio uvelike sporiji, tim više što su oba istraživanja provedena na istom lokalitetu.



Grafikon 4.1.1. Kumulativni prinos herbe koprive iz 1. i 2. košnje prikazan prema različitim tretmanima biostimulatorima rasta

4.2. Kemijska svojstva

Među podacima analize kemijskih svojstava u 1. i 2. košnji utvrđena je statistički opravdana razlika uz mogućnost pogreške od 1 %, odnosno podaci se međusobno značajno razlikuju. Rezultati dobiveni nakon 1. košnje prikazani su u tablici 4.2.1. Vidljivo je da je udio suhe tvari u rasponu od 23,78 (*Delphan Plus*) do 25,24 %, (*Phylgreen*). Kod istih je tretmana ujedni najviši i međusobno podjednak udio dušika u suhoj tvari (3,42 i 3,48 %). Kod tretmana *Humistarom* i kontrolnog tretmana najveći su udjeli fosfora (0,70 i 0,77 %) i kalija (2,50 %). Najveće količine željeza (1550 i 1560 mg/kg) zabilježene su kod tretmana *Phylgreenom* i kod kontrolnog tretmana.

U 2. košnji svi tretmani imaju veći udio suhe tvari (uglavnom veći od 30 %), dok su kod ostalih promatranih svojstva (N, P, K, Fe) vrijednosti niže u odnosu na 1. košnju. Najveći udio suhe tvari zabilježen je kod tretmana *Humistarom* (32,98 %) i kod kontrolnog tretmana (32,99 %). Biostimulatori *Delphan Plus* i *Phylgreen* pokazuju najveći utjecaj na udio dušika (2,88 i 2,85 %), a kod tretmana *Delphanom Plus* ujedno je i najviši udio fosfora (0,39%). Prateći udio kalija zabilježeno je da su biljke najbolje reagirale na tretman biostimulatorom *Aminovital* (1,91 %).

Tablica 4.2.1. Prikaz rezultata analize osnovnog mineralnog sastava herbe koprive u 1. košnji

1. košnja (prije cvatnje) 30.5.2019.					
Tretmani	Suha tvar (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Fe (mg/kg)
<i>Humistar</i>	24,79 C	3,35 BC	0,70 AB	2,50 A	1162 B
<i>Phylgreen</i>	25,24 A	3,48 A	0,67 B	2,36 B	1550 A
<i>Aminovital</i>	25,19 B	3,31 C	0,69 B	2,49 A	1068 C
<i>Delphan Plus</i>	23,78 D	3,42 AB	0,67 B	2,29 B	755,7 D
Kontrola	24,78 C	3,35 BC	0,77 A	2,50 A	1560 A

Tablica 4.2.2. Prikaz rezultata analize osnovnog mineralnog sastava herbe koprive u 2. košnji

2. košnja (tijekom cvatnje) 17.7.2019.					
Tretmani	Suha tvar (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Fe (mg/kg)
<i>Humistar</i>	32,98 A	2,60 C	0,33 C	1,65 C	988,3 A
<i>Phylgreen</i>	31,94 B	2,85 A	0,36 B	1,50 D	523,7 E
<i>Aminovital</i>	29,86 D	2,77 B	0,36 B	1,91 A	914,0 B
<i>Delphan Plus</i>	30,15 C	2,88 A	0,39 A	1,75 B	774,3 C
Kontrola	32,99 A	2,62 C	0,34 C	1,47 D	673,0 D

Za razliku od 1. košnje u kojoj je kontrolni tretman sadržavao najvišu količinu željeza u suhoj tvari, u 2. je košnji biostimulator *Humistar* iskazao najveći utjecaj na količinu željeza (988,3 mg/kg). Također je interesantno istaknuti da je u obje košnje koprive udio dušika u suhoj tvari bio najveći kod tretmana *Phylgreenom* i *Delphanom Plus*. Isto se može uočiti da je kod tretmana *Delphanom Plus* u obje košnje količina željeza bila podjednako niska (755,7 i 774,3 mg/kg), dok se kod tretmana *Phylgreenom*, kao i kod kontrolnog tretmana drastično smanjila u 2. košnji.

Radman (2015) navodi da u herbi koprive udio dušika kod različitih rokova košnje varira u rasponu 2,67 do 3,52 %, slično rezultatima dobivenim i u ovom istraživanju (2,60 - 3,48 %). Iz istraživanja koje su proveli Radman i sur. (2016) vidi se da je u uzgoju koprive bez gnojidbe dušikom u 1. košnji utvrđen podjednaki udio suhe tvari (26,3 %) kao i u ovom istraživanju, dok je u 2. košnji udio suhe tvari manji (25,3 %) u usporedbi s 29,86 – 32,99 % iz ovog istraživanja. Također, utvrđena je razmjerno jednaka razina fosfora (0,37 %) ako se promatra 2. košnja ovoga pokusa (0,33 do 0,39 %), no ako se promatraju rezultati iz 1. košnje, ova je razina upola niža (0,67 do 0,77 %). Zanimljivo je da je udio kalija u suhoj tvari (1,91%) identičan u 2. košnji kod oba istraživanja.

Promatrajući količinu željeza u suhoj tvari koju su zabilježili gore navedeni autori (2360 mg/kg) vidi se da je ona znatno veća od postignute u tretmanima u ovome istraživanju (1560 mg/kg).

U tablici 4.2.3. prikazani su rezultati analize specijaliziranih metabolita u herbe koprive u 1. košnji, dok za analizu istih svojstava u 2. košnji nije bilo mogućnosti. Općenito promatrajući, vidljiv je značajan, pozitivni ili negativni utjecaj tretmana biostimulatorima rasta u odnosu na kontrolno tretiranje.

Tablica 4.2.3. Prikaz rezultata analize specijaliziranih metabolita u herbe koprive u 1. košnji

1. košnja (prije cvatnje) 30.5.2019.				
Tretmani	Fenoli (mg/100g)	Neflavonoidi (mg/100g)	Flavonoidi (mg/100g)	Antioksidacijski kapacitet (mg/100g)
<i>Humistar</i>	941,874 A	512,893 A	428,982 A	1502,957 D
<i>Phylgreen</i>	873,845 C	461,177 C	412,668 B	1541,877 C
<i>Aminovital</i>	849,694 D	429,315 D	420,378 B	1512,832 D
<i>Delphan Plus</i>	791,785 E	415,606 E	376,179 C	1658,523 A
Kontrola	926,175 B	492,802 B	433,373 A	1586,723 B

Sadržaj ukupnih fenola u herbi koprive bio je u rasponu od 791,79 do 941,87 mg/100g, neflavonoida od 415,61 do 512,89 mg/100g, flavonoida od 376,18 do 433,37 mg/100g, dok je antioksidacijski kapacitet bio u rasponu od 1502,96 do 1658,52 mg/100g.

Iz iste je tablice vidljivo da je tretman *Humistaro*m imao pozitivan utjecaj na količinu fenola, neflavonoida i flavonoida, budući da su njegovom primjenom postignute najveće vrijednosti ovih svojstava, odnosno veće u odnosu na kontrolni tretman. S druge strane, primjenom preostalih biostimulatora biljnog rasta (*Aminovital*, *Delphan Plus* i *Phylgreen*) postignut je negativni učinak na količinu bioaktivnih tvari u odnosu na kontrolni tretman.

Antioksidacijski kapacitet u herbi koprive od 1658,52 mg/100g postignut je kod biljaka tretiranih biostimulatorom *Delphan Plus* te se visoko signifikatno razlikuje od ostalih tretmana. Obrnuto, kod tretiranja preparatima *Humistar* i *Aminovital* zabilježen je najniži antioksidacijski kapacitet (1502,957 i 1512,832 mg/100g), značajno niži i u odnosu na kontrolni tretman.

5. Zaključak

Temeljem rezultata istraživanja provedenog u cilju utvrđivanja utjecaja biostimulatora rasta (*Aminovital*, *Delphan Plus*, *Humistar*, *Phylgreen*) na prinos, morfološke pokazatelje i osnovni kemijski sastav dvogodišnje koprive tijekom dvije košnje herbe može se zaključiti sljedeće:

- Nije dokazan utjecaj biostimulatora rasta na prinos herbe koprive po sadnom mjestu niti u jednoj košnji, niti kumulativno.
- Nije dokazan utjecaj biostimulatora rasta na morfološka svojstva herbe koprive (broj i masa izbojaka/sadnom mjestu, visina izbojka, broj nodija i listova po izbojku, dužina i širina lista).
- U obje košnje ustanovljen je značajan, no uglavnom stohastični utjecaj biostimulatora rasta na osnovni mineralni sastav herbe koprive.

U prvoj je košnji kod aplikacije pripravka *Phylgreen* ustanovljen povećani udio suhe tvari, dušika i željeza. Primjenom *Humistara* ostvarena je podjednaka količina fosfora i kalija u odnosu na kontrolni tretman, koja je ujedno značajno veća nego kod ostalih tretmana biostimulatorima.

U drugoj je košnji primjenom pripravka *Humistar* ostvaren veći udio suhe tvari u odnosu na ostale tretmane biostimulatorima, a podjednak kao i kod kontrolnog tretmana. Udio dušika značajno je veći kod tretmana *Phylgreenom* i *Delphanom Plus*, udio fosfora značajno je povećan tretmanom s *Delphanom Plus*, kalija s *Aminovitalom*, a željeza s *Humistarom* u odnosu na ostale tretmane.

Udio suhe tvari veći je, a dušika, fosfora, kalija i željeza je manji u drugoj košnji u odnosu na prvu košnju herbe.

- Značajan utjecaj na specijalizirane metabolite u herbi koprive (fenoli, ne flavonoidi i flavonoidi) ostvaren je primjenom biostimulatora *Humistar*. Primjena *Delphana Plus* indicira najveći pozitivni utjecaj na antioksidacijski kapacitet herbe koprive.

U cilju postizanja ekonomski opravdanog uzgoja koprive za proizvodnju herbe mogu se izdvojiti proizvodi *Delphan Plus* i *Humistar*, no ovakva tema bi trebala biti predmet daljnjih istraživanja te bi se pokus trebao ponoviti kako bi se točnije utvrdio utjecaj stimulatora biljnog rasta na morfološke pokazatelje i kemijski sastav koprive.

6. Popis literature

1. Adhikari B.M., Bajracharya A., Shrestha A.K. (2015). Comparison of nutritional properties of stinging nettle (*Urtica dioica*) flour with wheat and barley flours. Food Science & Nutrition. 4: 119-124 [online].
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26788318> - pristup 24.07.2019.
2. Alhmedi A., Haubruge E., Bodson B., Francis F. (2007). Aphidophagous guilds on nettle (*Urtica dioica*) strips close to fields of green pea, rape and wheat. Insect Science. 14: 419-424.
3. Anonymus (2019a). European Biostimulants Industry Council.
<http://www.biostimulants.eu/> - pristup 30.07.2019.
4. Anonymus (2019b). Edible Wild Food. <http://www.ediblewildfood.com/stinging-nettle.aspx> - pristup 02.09.2019
5. Bacci L., Baronti S., Predieri S., di Virgillio N. (2009). Fibre yield and quality of fibre nettle (*Urtica dioica* L.) cultivated in Italy. Industrial Crops and Products 29: 480-484.
6. Behie S.W., Bidochka M.J. (2014). Nutrient transfer in plant-fungal symbioses. Trends in Plant Science. 19: 734-740.
7. Bekele B., Melesse A., Beyan M., Berihun K. (2015). The effect of feeding stinging nettle (*Urtica simensis* S.) leaf meal on feed intake, growth performance and carcass characteristics of hubbard broiler chickens. Global Journal of Science Frontier Research. [online].
<https://pdfs.semanticscholar.org/9bc1/3b350a5bbbbed5261b8b45358cbd9f3fff32a.pdf> - pristup 26.07.2019.
8. Berg G. (2009). Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. App Microbiol Biotechnol 84: 11-48.
9. Bergfjord C., Mannering U., Frei K.M., Gleba M., Scharff A.B., Skals I., Heinemeier J., Nosch M.-L., Holdst B. (2012). Nettle as a distinct Bronze Age textile plant. Scientific Reports 2: 664 DOI: 10.1038/srep0066
10. Bisht S., Bhandari S., Bisht N.S. (2012). *Urtica dioica* (L.): an undervalued, economically important plant. Agricultural Science Research Journals. 2(5): 250-252.
11. Bourgeois C., Leclerc É.A., Corbin C., Doussot J., Serrano V., Vanier J.R., Seigneuret J.-M., Auguina D., Pichon C., Lainé É., Hano C. (2016). Nettle (*Urtica dioica* L.) as a

- source of antioxidant and anti-aging phytochemicals for cosmetic applications. C. R. Chim. 16: 1090–1100.
12. Bredemann G. (1959). Die große Brennessel *Urtica dioica* L. Forschung über ihren Anbau zur Fasergewinnung. Akademie-Verlag, Berlin, Germany.
 13. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. Biological Agriculture and Horticulture. 31(1): 1-17.
 14. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil. 383:3-41.
 15. Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S. (2003). Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. Funct. Plant Biol. 30: 239–264.
 16. Christensen R., Bliddal, H. (2010). Is Phytalgic® a goldmine for osteoarthritis patients or is there something fishy about this nutraceutical? A summary of findings and risk-of-bias assessment. Arthritis Res. Ther. 12, 105.
 17. Corte L., Dell'Abate M.T., Magini A., Migliore M., Felici B., Roscini L., Sardella R., Tancini B., Emiliani C., Cardinali G., Benedetti A. (2014). Assessment of safety and efficiency of nitrogen organic fertilizers from animal-based protein hydrolysates-a laboratory multidisciplinary approach. Journal of the Science of Food and Agriculture. 94: 235-245.
 18. Craigie J.S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol. 23: 371-393.
 19. Czarnetzki B., Thiele T., Rosenbach T. (1990). Immunoreactive Leukotrienes in nettle plants (*Urtica urens*). Int Arch Allergy Immunol. 91: 43-46. [online]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2155878> - pristup 24.07.2019.
 20. Dar S.A., Ganai F.A., Yousuf A.R., Balkhi M.U., Bhat T.M., Sharma P. (2013). Pharmacological and toxicological evaluation of *Urtica dioica*. Pharm. Biol. 51: 170–180.
 21. Dreyer J., Dreyling G. (1997). Erzeugung technischer Naturfasern aus Fasernesseln (*Urtica dioica* L.) Anbausystem und Produktivität im Raum Hamburg. In K. H. Kromer (ed.). Erzeugung, Aufbereitung und Verarbeitung von Naturfasen für nichttextile Zwecke. VDI/MEG-Kolloquium Agrartechnik No. 22. Bonn, Njemačka, str. 153-162.
 22. Dreyer J., Müssing J. (2000). New hiroyons in natural fiber production: retting and nettle with enzymes. 3rd International Symposium Bioresouce Hemp and Other Fibre Plants. September 13-16, Wolsburg, Germany
 23. Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14.

24. Đurović S., Pavlić B., Šorgić S., Popov S., Savić S., Pertonić M., Radojković M., Cvetanović A., Zeković Z. (2017). Chemical composition of stinging nettle leaves obtained by different analytical approaches. *J. Funct. Food.* 32:18–26.
25. EZ (2002). Uredba br. 178/2002 Europskog parlamenta i vijeća o utvrđivanju općih načela i uvjeta zakona o hrani, osnivanju Europske agencije za sigurnost hrane te utvrđivanje postupka u područjima sigurnosti hrane. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A32002R0178> - pristup 26.07.2019.
26. Fiola C., Prado D., Mora M., Alava J.I. (2016). Nettle cheese: Using nettle leaves (*Urtica dioica*) to coagulate milk in the fresh cheese making process. *International Journal of Gastronomy Food Science.* 4:19–24.
27. Giri S.K., Prasad S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering.* 78(2): 512-521.
28. Gluhic D. (2017). Humusne tvari i primjena huminske kiseline u poljoprivredi. Pregledni rad. *Glasnik zaštite bilja.* 40(3): 64–72.
29. Guil-Guerrero J.L., Rebolloso-Fuentes M.M., Isasa M.E.T. (2003). Fatty acids and carotenoids from stinging nettle (*Urtica dioica* L.) *J. Food. Compos. Anal.* 16:111–119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157502001722> - pristup 24.07.2019.
30. Gül S., Demirci B., Başer K.H.C., Akpulat H.A., Aksu P. (2012). Chemical composition and *in vitro* cytotoxic, genotoxic effects of essential oil from *Urtica dioica* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88:666–671. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-012-0535-9> - pristup 24.07.2019.
31. Hadwiger L.A. (2013). Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. *Plant. Sci.* 208: 43-49.
32. Hamza B., Suggars A. (2001). Biostimulants: myths and realities. *Turfgrass Trends.* 10: 6-10.
33. Hartl A., Vogl C.R. (2002). Dry matter and fibre yields, and the fibre characteristics of five nettle clones (*Urtica dioica* L.) organically grown in Austria for potential textile use. *Amer. J. Alternative Agric.* 17:195-200.
34. Joshi B., Mukhija M., Kalia A. (2014). Pharmacognostical review of *Urtica dioica* L. *Int. Jour of Green Pharmacy.* [online] 16, 201-207. <https://www.greenpharmacy.info/index.php/ijgp/article/view/414> - pristup 24.07.2019.
35. Kara D. (2009). Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. *Food Chem.* 114:347–354. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608011473> - pristup 24.07.2019.

36. Kauffman G.L., Kneivel D.P., Watschke T.L. (2007). Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.* 47: 261–267.
37. Khare V., Kushwaha P., Verma S., Gupta A., Srivastava S., Rawat A. K. S. (2012). Pharmacognostic evaluation and antioxidant activity of *Urtica dioica* L. *Chin. Med. UK* 3: 128–135.
38. Klingelhofer S., Obertreis B., Quast S., Behnke B. (1999). Antirheumatic effect of IDS 23, a stinging nettle leaf extract, on in vitro expression of T helper cytokines. *J. Rheumatol.* 26: 2517–2522.
39. Koch E. (2001). Extracts from fruits of saw palmetto (*Sabal serrulata*) and roots of stinging nettle (*Urtica dioica*): Viable alternatives in the medical treatment of benign prostatic hyperplasia and associated lower urinary tracts symptoms. *Plant Medicine* 67: 489–500.
40. Kregiel D., Pawlikowska E., Antolak H. (2018). *Urtica* spp.: Ordinary Plants with Extraordinary Properties. *Molecules.* 23(7): 1664.
[online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6100552/>. – pristup 24.07.2019
41. Kukrić Z.Z., Topalić-Trivunović L.N., Kukavica B.M., Matoš S.B., Pavičić S.S., Boroja M.M., Savić A.V. (2012). Characterization of antioxidant and antimicrobial activities of nettle leaves (*Urtica dioica* L.). *Acta periodica technologica.* 43: 257-272. https://www.researchgate.net/publication/267030543_Characterization_of_antioxidant_and_antimicrobial_activities_of_nettle_leaves_Urtica_dioica_L - pristup 24.07.2019.
42. Kunicki E., Grabowska A., Sekara A., Wojciechowska R. (2010). The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Hort.* 22:9-13.
43. Le Mire G., Nguyen M.L., Fassotte B., du Jardin P., Verheggen F., Delaplace P., Haissam Jijakli M. (2016). Review: implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated ecosystems. *Biotechnology Agronomy Society and Environment.* 20(S1): 299-313.
44. Orčić D., Francišković M., Bekvalac K., Svirčev E., Beara I., Lesjak M., Mimica-Dukić N. (2014). Quantitative determination of plant phenolics in *Urtica dioica* extracts by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric detection. *Food Chemistry.* 143:48–53. [online].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613010261> - pristup 24.07.2019.
45. Petrozza A., Santaniello A., Summerer S., Di Tommaso G., Di Tommaso D., Paparelli E. (2014). Physiological responses to Megafol (R) treatments in tomato plants under drought stress: a phenomic and molecular approach. *Sci. Hort.* 174: 185–192.
46. Pilon-Smits E.A.H., Quinn C.F., Tapken W., Malagoli M., Schiavon M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12, 267-274

47. Posmyk M. M., Szafrńska K. (2016). Biostimulators: A New Trend towards Solving an Old Problem. *Frontiers in Plant Science* 7: 748 [online].
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4885868/> - pristup 24.07.2019
48. Radman S. (2015). Utjecaj gnojidbe dušikom i načina uzgoja na kemijski sastav dvodomne koprive (*Urtica dioica* L.). Doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb
49. Rafajlovska V., Kavrakovski Z., Simonovska J., Srbionska M. (2013). Determination of protein and mineral contents in stinging nettle. *Quality of Life*. 4: 26-30 [online]
<http://doisrpska.nub.rs/index.php/qualityoflife/article/view/717/662> - pristup 24.07.2019.
50. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., Brown A.L., Jackson W.R., Cavagnaro T.R. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy* 124: 37-89.
51. Rutto L.K., Xu Y., Ramirez E., Brandt M. (2013). Mineral properties and dietary value of raw and processed stinging nettle (*Urtica dioica* L.) *International Journal of Food Science*. 2013/857120 <https://www.hindawi.com/journals/ijfs/2013/857120/abs/> - pristup 24.07.2019.
52. Schafner W., Häfelfinger B., Ernst B. (2004). Ljekovito bilje - kompendij. Rijeka, Leo-commerce, str. 282-283.
53. Sharma H.S.S., Fleming C., Selb C., Rao J.R., Martin T. (2014). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J. Appl. Phycol.* 26: 465–490.
54. Sökeland J. (2000). Combined sabal and *Urtica* extract compared with finasteride in men with benign prostatic hyperplasia: Analysis of prostate volume and therapeutic outcome. *BJU Int.* 86:439–442.
55. Stubljär S., Fabek S., Benko B., Žutić I., Toth N. (2014). Utjecaj inertnog supstrata i gustoće sjetve na prinos koprive u plutajućem hidroponu. Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josip Jurja Strossmayera u Osijeku. 110-111 <https://www.bib.irb.hr/700993> - pristup 25.07.2019.
56. Upton R. (2013). Stinging nettles leaf (*Urtica dioica* L.): Extraordinary vegetable medicine. *Journal of Herbal Medicine*: 9-38.
57. Veselinović A.M., Bojić A.LJ., Purenović M. ., Nikolić G.M., Anđelković T.D., Dačić S.D., Bojić D.V. (2010). Ispitivanje utjecaja parametara UV/H₂O₂ procesa na degradaciju huminskih kiselina. *Hem. ind.*, 64 (4): 265-273.
58. Vetter A., Wieser P., Wurl G. (1996). Untersuchungen zum Anbau der Großen Brennessel (*Urtica dioica* L.) und deren Eignung als Verstärkungsfaser für Kunststoffe. Final report 2/1996 of the project Plants or Energy and Industry. No. 11.10.430. Thruinger Landesanstalt für Landwirtschaft, Dornburg, Njemačka

59. Viegi L., Pieroni A., Guarrera P.M., Vangelisti R. (2003). A review of plants used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. J. Ethnopharmacol. 89: 221-244.
60. Virgilio D.N., Papazoglou E.G., Jankauskiene Z., Lonardo D.S., Praczyk M., Wielgus K. (2015). The potential of stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a crop with multiple uses. Industrial Crop and Products. [online]. 68, 42-49.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669014004920?via%3Dihub>
 - pristup 24.07.2019
61. Vogl C.R., Hartl A. (2003). Production and processing of organically grown fiber nettle (*Urtica dioica* L.) and its potential use in the natural textile industry: a review. American Journal of Alternative Agriculture. [online]. 18: 119-128.
<https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-alternative-agriculture/article/production-and-processing-of-organically-grown-fiber-nettle-urtica-dioica-l-and-its-potential-use-in-the-natural-textile-industry-a-review/C4F60F5B7895A19B2682EEC5CC29EDA7> - pristup 24.07.2019
62. Wahba H.E., Motawe H.M., Ibrahim A.Y. (2015). Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. J. Mater. Environ. Sci. 6: 499–506.
63. WHO (2004). World Health Organization. Monographs on Selected Medicinal Plants; WHO: Geneva, Switzerland, 2: 1–358.
64. Wurl G., Vetter A. (1994). Anbau, Ertrag und Qualität von Fasernesseln unter Thüringer Bedingungen. In H. Zarges (ed.). Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Alternativen in der Flächennutzung, der Erzeugung und Verwertung landwirtschaftlicher Produkte. Vorträge zum Generalthema des 106. VDLUFA-Kongress vom 19-24.9.1994 in Jena. VDLUFA-Schriftenreihe 38, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Njemačka, 891-894.

Izvori slika

- Slika 2.1.1.1. <http://florawww.eeb.uconn.edu/200900028.html> - pristup 26.07.2019.
- Slika 2.1.1.2. <http://www.floracatalana.net/urtica-dioica-l> - pristup 30.07.2019.
- Slika 2.1.4.1. <https://www.cloudschool.org/> - pristup 25.07.2019.
- Slika 2.1.5.1. www.iwm.org.uk - pristup 25.07.2019.

Životopis

Bruno Jurčić, rođen 4.11.1994. u Zagrebu, pohađao je opću gimnaziju Luciana Vranjanina od 2009. do 2013. godine kada upisuje preddiplomski studij Agrarne ekonomike na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Stekao je zvanje inženjera agrarne ekonomike obranom završnog rada s temom „Uzgoj i upotrebna vrijednost borača (*Borago officinalis*) i pupoljke (*Oenothera biennis*)“ 2016. godine nakon čega upisuje diplomski studij Ekološke poljoprivrede i agroturizma na istome fakultetu.

2018. godine sudjeluje u CEEPUS programu razmjene studenata te upisuje ljetni semestar na Sveučilištu za prirodne resurse i primijenjene bioznanosti u Beču (BOKU) gdje pohađa kolegije na engleskome jeziku. Od 2017. do 2019. je punopravni član udruge KSA te Fakultetskog vijeća Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Student posjeduje razinu znanja jezika: napredni stupanj engleskog (B2) i početno znanje njemačkog jezika (A1); vještine rada na računalu: Microsoft Office, Adobe Creative Suite, Outlook, održavanje, rad na mreži i mrežna korespondencija.