

# Utjecaj zvuka od 1 kHz na rast biljke i aktivnost antioksidacijskih enzima kod bosiljka

---

Perković, Nika

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:490862>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**Utjecaj zvuka od 1kHz na rast biljke i aktivnost  
antioksidacijskih enzima kod bosiljka**

Završni rad

Perković Nika

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij:

Biljne znanosti

**Utjecaj zvuka od 1 kHz na rast biljke i aktivnost  
antioksidacijskih enzima kod bosiljka**

Završni rad

Perković Nika

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivanka Habuš Jerčić

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA**  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Nika Perković, JMBAG **0178127289**, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

**UTJECAJ ZVUKA OD 1 KHZ NA RAST BILJKE I AKTIVNOST ANTIOKSIDACIJSKIH ENZIMA KOD BOSILJKA**

Svojim potpisom jamčim:

- Da sam jedina autorica/jedini autor ovoga završnog rada;
- Da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirati ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- Da ovaj završni 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 završnog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- Da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Potpis studenta / studentice*

**IZVJEŠĆE**  
**O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA**

Završni rad studenta/ice **Nika Perković**, JMBAG **0178127289**, naslova

**UTJECAJ ZVUKA OD 1 KHZ NA RAST BILJKE I AKTIVNOST**  
**ANTIOKSIDACIJSKIH ENZIMA KOD BOSILJKA**

Mentor je ocijenio ocjenom \_\_\_\_\_.

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. izv. prof. dr. sc. Ivanka Habuš Jerčić      mentor

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_      član

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_      član

\_\_\_\_\_

## Zahvala

Prije svega, željela bih se zahvaliti svojoj obitelji, na vjeri i neizmjerne podršci koju su mi pružili. Posebno se zahvaljujem svojoj majci koja me bodri i motivira od samog početka studiranja. Hvala ti mama!

Jedno veliko hvala mojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Ivanki Habuš Jerčić na povjerenju, strpljenju, podijeljenom znanju, pomoći i vođenju kroz ovo istraživanje.

Također, hvala svim prijateljima i kolegama koji su mi ove tri godine učinili ljepšima i zanimljivijima.

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	2
2. Pregled literature .....	3
2.1. Zvuk .....	3
2.2. Percepcija zvuka i njegov učinak na biljke .....	4
2.3. Stres.....	5
3. <i>Ocimum basilicum</i> L. (bosiljak) .....	7
3.1. Sistematika bosiljka.....	7
3.2. Morfologija bosiljka i porodice Lamiaceae .....	8
3.3. Ljekovita svojstva bosiljka .....	9
4. Materijali i metode .....	11
4.1. Uzgoj bosiljka .....	11
4.2. Mjerenje morfoloških svojstava bosiljka .....	13
4.3. Mjerenje sadržaja ukupnih proteina i enzima SOD i POX.....	14
4.3.1. Ekstrakcija proteina topivih u vodi .....	14
4.3.2. Mjerenje sadržaja ukupnih proteina.....	15
4.3.3. Mjerenje aktivnosti superoksid – dismutaze (SOD).....	15
4.3.4. Mjerenje aktivnosti peroksidaze (POX).....	17
5. Rezultati i rasprava.....	18
5.1. Rezultati morfoloških svojstava .....	18
5.1.1. Utjecaj tretmana zvukom na duljinu biljke .....	19
5.1.2. Utjecaj tretmana zvukom na lisnu površinu.....	20
5.1.3. Utjecaj tretmana zvukom na suhu i svježu masu tvari .....	21
5.2. Rezultati biokemijskih parametara .....	23
5.2.1. Utjecaj tretmana zvukom na sadržaj ukupnih proteina .....	24
5.2.2. Utjecaj tretmana zvukom na aktivnost superoksid – dismutaze (SOD) .....	25
5.2.3. Utjecaj tretmana zvukom na aktivnost peroksidaze (POX).....	26
6. Zaključak.....	27
7. Literatura.....	28
8. Prilog.....	30
8.1. Popis korištenih izvora – poveznica .....	30
9. Životopis .....	31

## **Sažetak**

Završnog rada studentice **Nika Perković** naslova

### **UTJECAJ ZVUKA OD 1 KHZ NA RAST BILJKE I AKTIVNOST ANTIOKSIDACIJSKIH ENZIMA KOD BOSILJKA**

Biljke percipiraju zvuk kao mehanički podražaj koji utječe na promjene u metabolizmu stanice. Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je da zvučni podražaji mogu utjecati na stopu klijanja i povećati rast i razvoj biljaka, tolerantnost biljaka na sušu. Međutim izlaganje biljaka umjetnom zvuku različitih frekvencija može imati i štetne učinke na metabolizam stanice. Stoga je vrlo važno utvrditi koje frekvencije zvuka utječu pozitivno, a koje negativno na rast i razvoj biljaka.. Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj zvuka od 1000 Hz na rast biljke i aktivnost antioksidacijskih enzima (peroksidaze i superoksid - dismutaze) kod bosiljka. Dobiveni rezultati utvrđuju negativan utjecaj zvuka frekvencije 1000 Hz na duljinu biljke i lisnu površinu, kao i na masu svježe tvari. Tretman zvukom također je utjecao na smanjenje sadržaja ukupnih proteina u listu bosiljka te na pojačanu aktivnost enzima peroksidaze i superoksid – dismutaze.

**Ključne riječi: bosiljak, zvuk, morfološke karakteristike, antioksidacijski enzimi**



## **Summary**

Of the final work – student **Nika Perković**, entitled

### **INFLUENCE OF 1 KHZ SOUND ON PLANT GROWTH AND ACTIVITY OF ANTIOXIDANT ENZYMES IN BASIL**

Plants perceive sound as a mechanical stimulus that affects changes in the metabolism of the cell. Previous research has shown that sound stimuli can affect the germination rate and increase plant growth and development, plant tolerance to drought. However, exposing the plants to artificial sound of different frequencies can also have adverse effects on the metabolism of the cell. Therefore, it is very important to determine which sound frequencies have a positive, and which have a negative effect on the growth and development of plants. The aim of this study was to determine the influence of 1000 Hz sound on plant growth and activity of antioxidant enzymes (peroxidase and superoxide - dismutase) in basil. The obtained results establish the negative influence of sound with a frequency of 1000 Hz on the length of the plant and leaf surface, as well as on the fresh weight of plant. Sound treatment also reduced total protein content in the leaf of the basil and increased the activity of the enzymes peroxidase and superoxide – dismutase.

**Keywords:** basil, sound, morphological characteristics, antioxidant enzymes

## 1. Uvod

Biljke igraju vitalnu ulogu u održavanju života na Zemlji. Nastanjuju gotovo sve tipove staništa te se prema njemu i dijele na vodene, močvarne, biljke vlažnih i suhих staništa, slanih i pješčanih područja, biljke u pukotinama stijena, na sjenovitim i na osunčanim mjestima. Zemlja danas broji preko 330 000 biljnih vrsta, te se svi slažu da su mnogobrojne vrste još uvijek neotkrivene. Postojanje ljudskih bića također je pod izravnim utjecajem biljaka. Biljke osiguravaju hranu; sirovine za industriju, kao što su drvo, smole, ulja i guma; vlakna za proizvodnju tkanina i užadi; lijekove; insekticide i goriva. Više od polovice ljudske populacije oslanja se na rižu, kukuruz i pšenicu kao primarni izvor hrane. Osim komercijalne i estetske vrijednosti, biljke čuvaju i druge prirodne resurse štiteći tlo od erozije, kontrolirajući razinu i kvalitetu vode te stvarajući povoljnu atmosferu za život.

Biljke svrstavamo u sesilne organizme. Kao sjedeći organizmi, reagiraju na promjene u okolini te svoj rast i razvoj prilagođavaju istima. Dakle, na njihov rast i razvoj utječu čimbenici okoliša poput vode, temperature, svjetlosti i tla. Iako nedovoljno istraženo, utvrđeno je da biljke reagiraju i na zvuk. Biljke osjećaju različite zvučne frekvencije, od onih umjetno odabranih sve do reprodukcije snimljenih prirodnih zvukova. Nedavna studija je utvrdila da biljni organizmi percipiraju zvuk kao mehanički podražaj i prevode ga u stanične i metaboličke promjene (Frongia i sur. 2020.).

Poznato je da je voda jedan od najvažnijih čimbenika za opstanak biljke. Tako korijen *Arabidopsis* raste prema zvuku od 200 Hz, jer se smatra da je to frekvencija zvuka koji proizvodi tekuća voda. Također, sadnice kukuruza usmjeravaju svoj korijen prema izvoru zvuka 220 Hz. Istraživanje Khait i sur. (2019.) navodi da biljke percipiraju zvuk grmljavine, koja obično prethodi obilnim kišama. Time se biljke pripremaju za nadolazeće oborine, te mogu zatvoriti svoje cvjetove kako bi se zaštitile od jake kiše.

Zvučni podražaji mogu utjecati na stopu klijanja i povećati rast i razvoj biljaka (Vincent 2017.), poboljšavajući prinos nekih usjeva (Cai i sur. 2014.). Nadalje, zvučni valovi mogu poboljšati imunitet biljaka protiv patogena (Choi i sur. 2017.) i također mogu povećati njihovu otpornost na sušu (Lopez-Ribera i Vicient 2017.). Izloženost zvuku određenih frekvencija također povećava učinkovitost apsorpcije svjetlosne energije što se prevodi u veću fotosintetičku energiju (Cai i sur. 2014.).

Danas se zvuk primjenjuje u poticanju rasta biljaka, poboljšanju funkcionalne proizvodnje metabolita, osiguranju visokog prinosa, u svrhu zaštite od štetočina i dr. (Bhandawat i Jayaswall 2022.).

### 1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj zvuka od 1 kHz na rast biljke i aktivnost antioksidacijskih enzima kod model biljke bosiljka.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Zvuk

Zvuk je mehanički val koji nastaje titranjem čestica koje čine medij. Takvi se valovi šire prenošenjem poremećaja elastičnog medija, tj. prenošenjem poremećaja tlaka na susjedne čestice, šireći se u obliku longitudinalnih valova u tekućinama i plinovima te u obliku longitudinalnih i transverzalnih valova u čvrstim tvarima (Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2013. – 2024.). Zvuk koji čuje ljudsko uho nalazi se u rasponu od 16 Hz do 20 kHz. Visina (frekvencija) zvuka mjeri se u hercima (Hz), a glasnoća se izražava u decibelima (dB).

Zvuk frekvencija nižih od 20 Hz nazivamo infrazvuk, a generiraju ga prirodne katastrofe poput potresa i erupcija vulkana. Ultrazvukom nazivamo valove koji nastaju titranjem frekvencija izvora zvuka viših od 20 kHz (čuju ga životinje poput šišmiša i dupina, a koriste za navigaciju i lov) ( ORL – Centar za sluh i govor), a viših od 1 MHz (frekvencije veće od 1 milijardu Hz) hiperzvukom. Izazvanu promjenu tlaka zraka (akustični tlak) ljudsko uho osjeća kao zvuk.

Glasnoću zvuka ljudsko uho percipira kao jakost zvuka koja ovisi o frekvenciji i jakosti. Razina glasnoće izražava se u fonima i jednaka je razini jakosti u decibelima koje odgovaraju zvuku frekvencije od 1 kHz na cijelom području, od čujnosti do granice bola (Mikulić 2017.).

**Tablica 1.** Razina glasnoće zvukova izražena u decibelima

Zvuk	Razina glasnoće (dB)
Raketa za polijetanje	180 – 200
Motor zrakoplova	140
Pneumatski čekić	100
Bučna glazba	90
Prometna ulica	80
Normalan razgovor	60
Šapat	20
Šuštanje lišća	10

Izvor: Frongia i sur. 2020.

Oštećenje bubnjića, time i sluha izaziva razina glasnoće od 140 dB, a može ga prouzročiti i kratkotrajna buka s razinom jakosti od 120 dB (Mikulić 2017.).

Tretmani zvukom utječu na rast i razvoj biljaka, sintezu bjelančevine i aktivnost enzima, a ovise o frekvenciji, razini tlaka, kao i trajanju i razdoblju izloženosti. Don Carlson je tijekom 70-ih godina osmislio tehniku *sonic bloom*, a predstavlja zvukove u rasponu frekvencija ptičjeg pjeva. Te frekvencije utječu na otvaranje puči i proces transpiracije, što omogućuje lakše usvajanje i kretanje hranjivih tvari i vode kroz biljku. Brojna istraživanja utvrdila su da zvuk utječe na ubrzano klijanje sjemena, otpornost na određene klimatske uvjete, brži rast korijena, lisne mase, aktivnost enzima... (Chuanren i sur. 2004., Hassanien i sur. 2014., Yang i sur. 2002., Yang i sur. 2003.).

## 2.2. Percepcija zvuka i njegov učinak na biljke

Biljke komuniciraju slanjem hlapivih kemijskih signala (hlapivih spojeva) i putem mreže gljiva koje umrežavaju njihovo korijenje (Frongia i sur. 2020.). Hlapivi spojevi sudjeluju u interakciji biljaka s drugim biljkama, oprašivačima i mikroorganizmima.

Nedavnim istraživanjem je utvrđeno da biljke također mogu producirati zvučne valove niskih frekvencija od 50 – 120 Hz. Korištenjem malih visoko osjetljivih zvučnih prijemnika dokazano je da biljke emitiraju zvuk iz ksilema i slab ultrazvuk kad se nalaze u stresnim uvjetima (Frongia i sur. 2020.). Zvučni valovi mijenjaju stanični ciklus biljke, tako što „dotiču“ lišće biljke, ubrzavajući protoplazmatsko kretanje u stanicama (Weiming i sur. 2015.). Stimulacijom zvučnih valova može se povećati sadržaj topivih šećera i proteina, a same vibracije mogu utjecati na preraspodjelu mikrofilamenata, povećati razinu poliamina te regulirati transkripciju određenih gena (Chuanren i sur. 2004.).

Zabilježeno je da zvuk od 1 kHz s intenzitetom od 100 dB ima značajan utjecaj na sadržaj ATP – a, aktivnost superoksid dismutaze (SOD) i sadržaj topivih proteina u kiviju, te da su se aktivnosti SOD-a te sadržaj proteina i ATP-a smanjile kada je zvuk bio veće frekvencije i intenziteta od prethodno navedene (Yang i sur. 2002., Yang i sur. 2003.). Također frekvencija zvuka od 1000 Hz s intenzitetom od 100 dB utjecala je na metabolizam i povećala brzinu rasta korijena krizantema, te ubrzala klijanje uskolisne ljubičaste šišarke (Chuanren i sur. 2004.).

Nedavno istraživanje pokazuje da biljke zvuk percipiraju kao mehanički podražaj koji kod biljaka rezultira staničnim i metaboličkim promjenama (Frongia i sur. 2020.). Izloženost zvuku utječe na učinkovitost apsorpcije svjetlosne energije koja se pretvara u fotosintetsku, te na taj način utječe na povećanje prinosa usjeva (Hassanien i sur. 2014.).

U istraživanju Frongia i sur. (2020.), dokazano je značajno povećanje rasta pupoljaka zelenog graha izloženog frekvencijama od 2 kHz i intenzitetu od 90 dB. U istraživanju Abdullah i sur. (2019.), zeleni grah uzgajan je u komorama od prozirnog akrila, smještenim na otvorenom, u kontroliranim uvjetima. Graha je bio izložen petorim vrstama akustičnih uzoraka zvuka (sopran, klasična glazba, recitacija Kur'ana, rock glazba i prirodni zvukovi), a rezultati pokazuju da različite vrste akustičnih uzoraka zvuka djeluju na različite organe biljke zelenog graha. Sopran je pozitivno utjecao na dužinu stabljike, a recitacija Kur'ana poboljšala stvaranje listova (prosječno 7 listova). Kod rajčice je proučavan utjecaj zvuka uzastopnih frekvencija od 0,6 kHz, 1,24 kHz i 1,6 kHz na rajčicu. Ukupni sadržaj fenola, likopena i askorbinske kiseline povećavali su se za čak 70%, 20% i 14%. Najučinkovitija frekvencijska vrijednost, prema rezultatima svih parametara mjerenih u plodovima rajčice (likopen, vitamin C, ukupni šećeri, kiseline i ukupne razine polifenola), bila je 1,6 kHz (Atuntas i Ozkurt 2019.).

### 2.3. Stres

U suvremenoj poljoprivredi stres se javlja višestruko uvećan, kao rezultat i posljedica intenzivne i neadekvatne moderne poljoprivrede, kao i nepravilne uporabe sredstava koja se u njoj koriste. Za normalan rast i razvoj biljke, potrebni su optimalni uvjeti, međutim, optimalni uvjeti za rast i razvoj biljaka rijetko su prisutni u tijeku vegetacije. Utjecaj vanjskih faktora koji negativno utječu na metaboličke procese, a ujedno i na rast i razvoj biljke, izazivaju stres.

Stresom nazivamo svaku promjenu faktora koji ometaju rast i razvoj biljke. Uzrokuju ga biotički i abiotički čimbenici, uključujući i one antropogene (Mešić i sur. 2022.). Abiotički stres predstavlja nežive čimbenike okoline, poput ekstremne hladnoće, suše, nedostataka svjetlosti, nepovoljnih svojstava tla, koji znatno utječu na rast i razvoj biljke. Rezultira pojačanim nastankom slobodnih radikala u biljci, koji uzrokuju oštećenje stanica i povećavaju osjetljivost na bolesti i štetnike (Vukadinović 2020.). Ravnoteža između nastajanja i neutralizacije slobodnih radikala presudna je za održavanje aktivnog rasta i metabolizma biljaka kao i njihove tolerancije na abiotički stres (Jug i sur. 2006.). Biotički stres je stres koji se javlja kao rezultat oštećenja koje nanose drugi živi organizmi, poput bakterija, virusa, gljivica, korisnih i štetnih insekata, korova i kultiviranih ili autohtonih biljaka (Umar i sur. 2021.). Biotički faktori oduvijek su u fokusu istraživanja zbog znatnih gubitaka koje uzrokuju na usjevu koji predstavlja izvor prihoda.

Ovisno o vremenu trajanja, stres može biti kratkotrajan i dugotrajan (Mešić i sur. 2022.). Slabiji se stres kompenzira adaptacijom i aklimatizacijom, dok jači stres uzrokuje dugoročna oštećenja koja dovode do smrti stanica (Devi i sur. 2017.). Adaptacija biljke na stres uključuje morfološke i/ ili fiziološke karakteristike vrste, poput uvučenih stoma i/ili dubokog korijena (Hall 1981.), a aklimatizacija označava prilagodbu određenim uvjetima, temeljenu na promjeni homeostaze.

Mehanizam koji omogućava biljci preživljavanje stresnih uvjeta naziva se otpornost ili rezistencija. Odgovor na stresne uvjete može biti izbjegavanje stresa (u fazi dormantnosti) ili tolerancija na stres. Kod biljaka koje imaju veću toleranciju na izazvani stres, dolazi do aktivacije gena i sinteze potrebnih enzima s ciljem prilagodbe stresnim uvjetima okoline (Jug i sur. 2006.).

### 3. *Ocimum basilicum* L. (bosiljak)

#### 3.1. Sistematika bosiljka

Bosiljak (*Ocimum basilicum* L.) je jednogodišnja biljka koja pripada porodici usnača lat. *Lamiaceae*. Porodici usnača pripada oko 200 rodova s 3200 vrsta, od čega je 65 vrsta roda *Ocimum*. Porodicu karakteriziraju cvjetovi kojima su latice obično spojene u gornju i donju usnu. Podrijetlom iz Indije i sjeverne Afrike, rabi se kao začin (u svježem, sušenom i smrznutom obliku), kao eterično ulje u prehrambenoj i kozmetičkoj industriji, kao ukrasna biljka i u narodnoj medicini kao lijek protiv raznih bolesti. U Hrvatskoj se uzgaja kao ljekovita i ukrasna biljka. Cijela biljka bosiljka koristi se u ljekovite svrhe kao *Herba Basilica* i ulje *Oleum Basilici*. Latinski naziv bosiljka sastoji se od riječi *ocimum* – koja označava naziv aromatične biljke ili djeteline i *basilicum* – grčke riječi *basilicos* što znači kraljevski (Carević – Stanko 2013.).

Sistematika bosiljka:

Carstvo: *Plantae*

Odjeljak: *Tracheophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Red: *Lamiales*

Porodica: *Lamiaceae*

Rod: *Ocimum*

**Vrsta:** *Ocimum basilicum*



### 3.2. Morfologija bosiljka i porodice Lamiaceae

Biljke porodice usnača uglavnom su zeljastog, drvenastog i grmolikog oblika. Stabljike su najčešće četverobridne s unakrsno nasuprotnim, nerazdijeljenim, često žljezdastim aromatičnim listovima bez palistića. Cvjetovi su većinom dvospolni, a sastoje se od vjenčića koji je dvousnat. Unutar cvijeta nalazi se tučak s nadraslom, četverodijelnom i četveroogradnom plodnicom s po jednim sjemenim zametkom u svakom pretincu. Osim tučka, u cvijetu nalazimo 4 prašnika, od kojih su najčešće 2 kraća (slika 3.2.1). Plod porodice usnača je kalavac, koji se raspada u 4 jednosjemena plodića. U Republici Hrvatskoj se može naći 30 rodova s oko 160 vrsta, među kojima su najpoznatije vrste metvica, majčina dušica, lavanda, kadulja, mrtva kopriva itd.



Slika 3.2.1. Cvijet bosiljka

(Autor: Habuš Jerčić I. 2024)

Bosiljak je zeljasta biljka s razgranatom stabljikom koja može narasti 50 – 80 cm i razgranatim korijenom koji prodire plitko do 40 cm dubine. Listovi bosiljka su ovalni, ušiljeni na vrhu, a na rubovima rjeđe plitko nazubljeni. Veličina listova proporcionalno se povećava od vrha prema bazi stabljike. Mali bijeli cvjetovi cvatu od lipnja do kolovoza i smješteni su na vrhu stabljike (slika 3.2.1). Plod bosiljka je sitan i tamnosmeđe boje. Najbolje uspijeva na

humusom bogatom, dubokom tlu poput aluvijalnih plodnih tala. S površine od 1 ha, može se dobiti 8000 – 10 000 kg sirove ili 2000 – 3000 kg suhe mase bosiljka, što bi bilo 8 – 12 kg eteričnog ulja (Carović – Stanko 2024.).

Razlikujemo mediteranski, indijski ili afrički bosiljak, a uz njih postoje više desetaka genotipova bosiljka koja se razlikuju po boji, veličini, mirisu i okusu (Shahrajabian i sur. 2020.). Obzirom na izgled i veličinu lista, postoje vrste sa srednje velikim listovima, grmolike vrste sa sitnijim listovima, kao što su Piccolo, Omicum b. minimum, te vrste kojima su listovi veličine dlana (Genovese, Foglia di lattuga). Osim po veličini listova, bosiljak se razlikuje i po aromi. Tako zelene sorte karakterizira slađa aroma, crvene karakterizira opor (pomalo gorak) okus i miris, a ljubičaste sorte karakterizira jak okus nalik klinčiću (slika 3.2.2).



Slika 3.2.2. Vrste bosiljka

(<https://planthouse.hr/proizvod/sjeme/sjeme-povrca/bosiljak-genovese> ,  
<https://www.rogersgardens.com/blogs/current-news-events/sun-kissed-basil-the-top-varieties-for-southern-california-gardens> , <https://hr.topcombi.org/7032417-types-and-description-of-the-best-varieties-of-basil-their-cultivation-in-the-open-ground>)

### 3.3. Ljekovita svojstva bosiljka

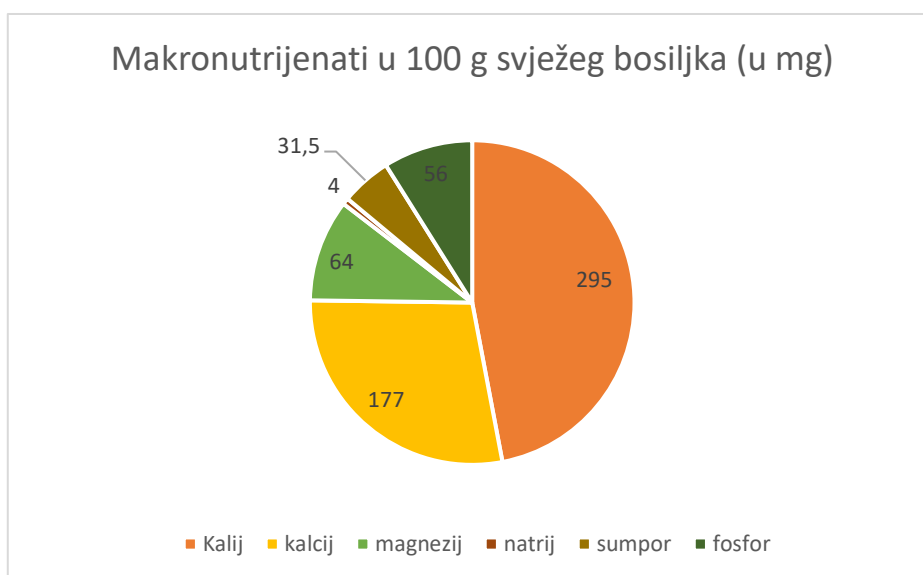
Prema glavnim kemijskim sastavnicama eteričnog ulja bosiljak se dijeli u 9 kemotipova. Razlikujemo 4 glavna kemotipa: kemotip A (linalolski), kemotip B (metilkavikolski), AB (sadrži više linalola, a manje metilkavikola) i kemotip BA (sadrži više metilkavikola, a manje linalola) (Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2013. – 2024.). Herba sadrži 0,3- 0,6% eteričnog uja čije su glavne komponente linalol, eugenol, estragol 1,8 cineol (tablica 3.3.1.). Osim eteričnog ulja bosiljak sadrži tanine, saponine i flavonoide. Djeluje kao karminativ,

antitustik, diuretik i dezinficijens. Posjeduje antioksidativno i antimikrobno djelovanje (Carović – Stanko 2024.).

Tablica 3.3.1. Kemijski sastav bosiljka

Kemijski spoj	%
<b>1,8 – cineol</b>	7,2
<b>Cis linalool – oksid</b>	0,38
<b>Kamfor</b>	0,49
<b>Linalol</b>	1
<b>Bergamot</b>	7,96
<b>β elemen</b>	1
<b>β kubenen</b>	1,10
<b>Eugenol</b>	8,26

Izvor: Zrle F. (2019.)



Grafikon 3.3.1. Makronutrijenti prikazani u mg u 100 g svježeg bosiljka

Izvor: <https://farms-hr.desigusxpro.com/posadka/ogorod/drugie-rasteniya/bazilik/dlya-pohudeniya-kak-prinimat.html>

## 4. Materijali i metode

Bosiljak je uzgojen i evaluiran u laboratoriju te izložen frekvenciji od 0 i 1000 Hz u komori rasta Zavoda za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku.

### 4.1. Uzgoj bosiljka

U plastične posude stavljeno je 160 g supstrata i posijana je po jedna sjemenka bosiljka (slika 4.1.1.). Korišteni supstrat bio je Kekila TSM 3. Biljke su istoga dana zalijane s količinom vode od 0,6 dcl i stavljene u komoru rasta te su se posudice poklopile staklenim poklopcima. Tijekom vegetacije koja je trajala 35 dana biljke su se zalijevale svaka dva dana s količinom vode od 0,3 dcl. Četiri dana nakon stavljanja pokusa maknuti su stakleni poklopci (slika 4.1.2.) i stavljani su veći plastični. Početna temperatura u komori rasta iznosila je 23°C. Šesnaest dana nakon temperatura je povećana na 25°C. Dvadeset dana nakon sjetve prorahljuje se supstrat i sadnice tretmana sa zvukom se izlažu zvuku frekvencije od 1000 Hz uz intenzitet 80 – 90 dB. Kontrolni tretman su predstavljale biljke koje nisu tijekom vegetacije bile izložene zvuku određene frekvencije. Trideset i peti dan nakon sjetve pokus je bio završen (slika 4.1.3.).



Slika 4.1.1. Vaganje supstrata (posudica + supstrat)

(Autor: Perković N. 2024.)



Slika 4.1.2. Dan postavljanja pokusa – posudice poklopljene staklenim poklopcima

(Autor: Perković N. 2024.)

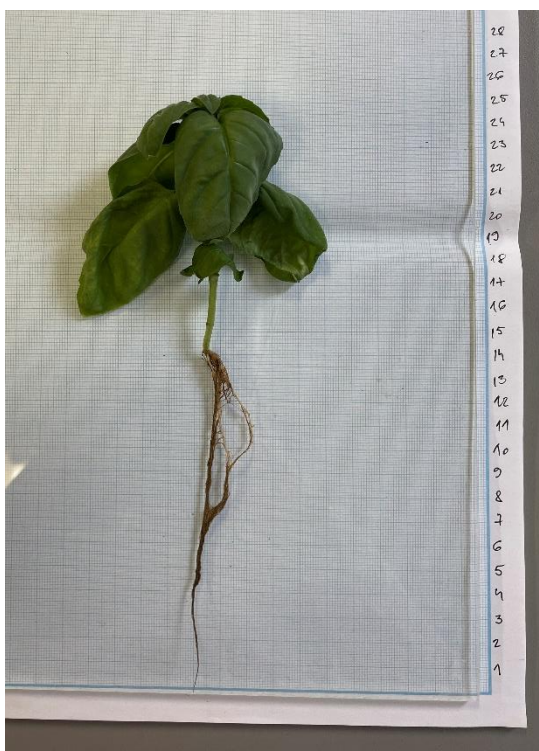


Slike 4.1.3. Bosiljak na dan skidanja pokusa

(Autor: Perković N. 2024.)

## 4.2. Mjerenje morfoloških svojstava bosiljka

Od morfoloških svojstava na biljkama iz oba tretmana mjerene su dužine nadzemnog dijela biljke i korijena (slika 4.2.1.), lisna površina (slika 4.2.3.) te svježa (slika 4.2.2.) i suha masa tvari. Morfološka svojstva su se mjerila trideset i peti dan nakon sjetve, tj. trinaest dana nakon izlaganja zvuku.

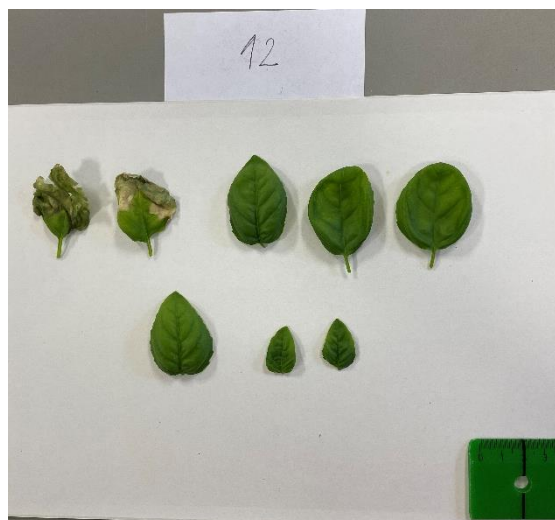


Slika 4.2.1. Mjerenje duljine nadzemnog dijela biljke i korijena

(Autor: Perković N. 2024.)



Slika 4.2.2. Mjerenje svježe tvari biljke  
(Autor: Perković N. 2024.)



Slika 4.2.3. Mjerenje lisne površine  
(Autor: Perković N. 2024.)

### 4.3. Mjerenje sadržaja ukupnih proteina i enzima SOD i POX

Nakon mjerenja morfoloških svojstava, bosiljak se liofilizirao do konstantne mase. Nakon liofilizacije, smljeven je u prah i provedeno je spektrofotometrijsko mjerenje sadržaja ukupnih proteina te aktivnosti enzima SOD i POX u listu.

#### 4.3.1. Ekstrakcija proteina topljivih u vodi

Izolacija proteina topljivih u vodi provedena je pomoću pufera koji je priređen na slijedeći način. U odmjernu tikvicu od 50 mL dodano je 1,58 mL 1 M otopine  $K_2HPO_4$ , 0,96 mL 1M otopine  $KH_2PO_4$ , 500  $\mu$ L 10 mM EDTA (etilendiaminotetraoctena kiselina), 44 mg askorbinske kiseline te potom voda do oznake. Odvagano je 100 mg biljnog tkiva na koje je potom dodan 1 mL hladnog pufera te 200  $\mu$ L 2%-tne otopine polivinilpolipirolidona (slika 4.3.1.1). Ovako priređena reakcijska smjesa ostavljena je preko noći pri temperaturi od 4 °C te je potom centrifugirana pri 14 000 rpm u trajanju od 30 min pri 4 °C. Dobiveni supernatant korišten je u kasnijim analizama.



Slika 4.3.1.1. Vorteksiranje uzorka

(Autor: Perković N. 2024.)

#### 4.3.2. Mjerenje sadržaja ukupnih proteina

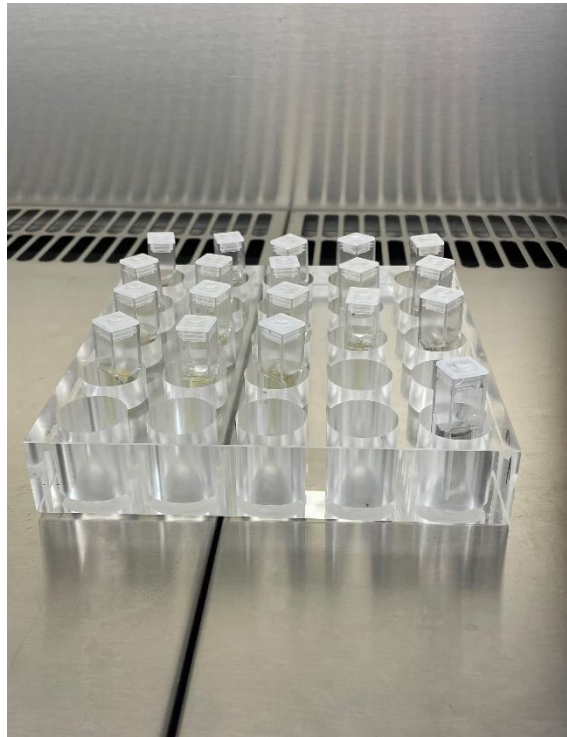
Supernatant od 60  $\mu\text{L}$  uzorka pomiješan je s 3 ml Bradford reagensa te je ostavljen na inkubaciju pri sobnoj temperaturi u trajanju od 10 min. Apsorbancija je izmjerena pri valnoj duljini od 595 nm. Kvantifikacija proteina provedena je metodom vanjskog standarda uz albumin iz seruma goveda kao standard. Rezultati su izraženi u mg/g suhog lista.

#### 4.3.3. Mjerenje aktivnosti superoksid – dismutaze (SOD)

Za potrebe određivanja sadržaja SOD-a u ovome radu korištena je spektrofotometrijska metodom detekcije koja se temelji na upotrebi nitro plavog tetrazolijskog klorida (NBT) kao supstrata, prema Giannopolites i Ries (1977.). U prisutnosti superoksidnih radikala, NBT se reducira u neotopiv, plavo obojeni formazan koji se pokazuje apsorpcijski maksimum na valnoj duljini od 560 nm. Ukoliko je prisutan SOD, redukcija samoga NTB-a je inhibirana. Aktivnosti SOD-a izražava se kao ona količina enzima koja uzrokuje 50% inhibicije redukcije NTB-a pri 560 nm u prisutnosti riboflavina na svjetlu.



U kivetu je dodano 2,9 mL otopine koja se sastojala od 50 mM kalij-fosfatnog pufera (KP-pufer) vrijednosti pH 7,0, 0,1 mM EDTA, 13 mM metionina i 75  $\mu$ M nitro plavog tetrazolijskog klorida (NBT). Potom je dodano 100  $\mu$ L ekstrakta proteina i riboflavina do konačne koncentracije od 2  $\mu$ M. Uzorci su zatim pomiješani i stavljeni 10 min ispod izvora svjetla te je bila pokrenuta reakcija koja je zaustavljena zamračivanjem uzoraka (slika 4.3.3.1). Po završetku reakcije apsorbancija je izmjerena pri valnoj duljini od 560 nm. Aktivnost SOD izražena je kao inhibicija redukcije NBT u %.



Slika 4.3.3.1. Kivete ispod izvora svjetlosti

(Autor: Perković N. 2024.)

#### 4.3.4. Mjerenje aktivnosti peroksidaze (POX)

Aktivnost peroksidaze (POX) mjerena je spektrofotometrijskom metodom. Pufer za mjerenje aktivnosti POX-a sastojao se od 50 mM KP – pufera, 18 mM gvajakola i 5 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. U kivetu je dodano 950 µL pufera za mjerenje aktivnosti POX-a te 10 µL uzorka. Apsorbancija je mjerena spektrofotometrom svakih 10 s tijekom 3 minute pri valnoj duljini od 470 nm. Rezultati su izraženi kao µM s<sup>-1</sup>.

## 5. Rezultati i rasprava

### 5.1. Rezultati morfoloških svojstava

Tablica 5.1.1. prikazuje rezultate analize varijance (ANOVA) za duljinu nadzemnog dijela biljke i korijena, suhu i svježu masu tvari te lisnu površinu bosiljka.

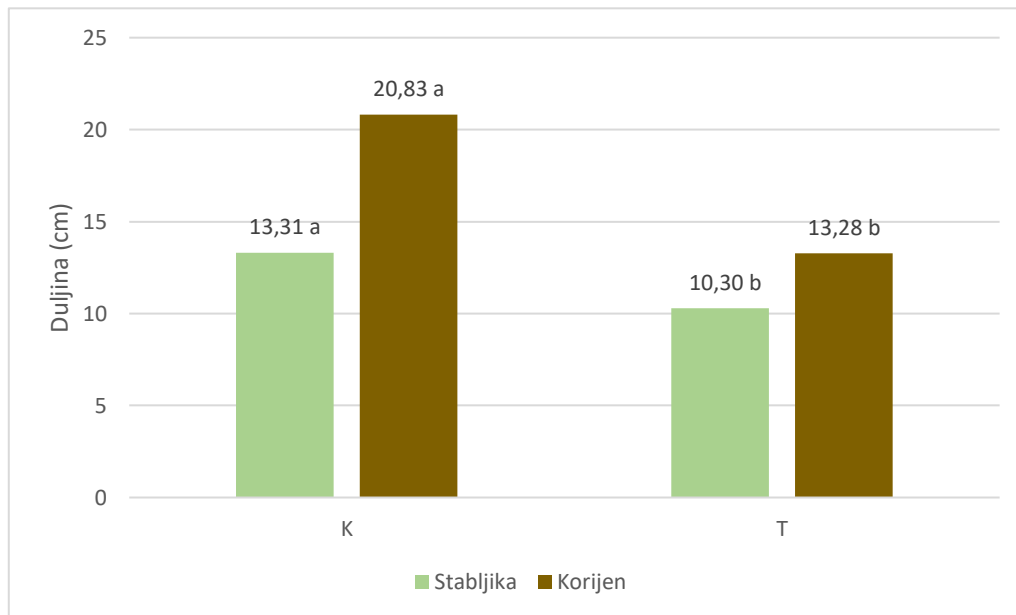
Tablica 5.1.1. Analiza varijance morfoloških svojstava

Morfološka svojstva	Tretman zvukom	
	F vrijednost	Pr>F
Duljina nadzemnog dijela	49,48	***
Duljina korijena	129,79	***
Svježa masa	31,87	***
Suha masa	1,93	ns
Lisna površina	63,11	***

\*, \*\*, \*\*\* F vrijednost značajna kod  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$ ; ns - nije značajno

Značajan učinak tretmana zvukom od 1000 Hz na biljke utvrđen je za duljinu nadzemnog dijela, duljinu korijena, svježu masu biljke te lisnu površinu, dok na suhu masu biljke tretman zvukom nije značajno utjecao.

### 5.1.1. Utjecaj tretmana zvukom na duljinu biljke



Grafikon 5.1.1.1. Prosječne vrijednosti za duljinu nadzemnog dijela i korijena (cm)

(K – kontrola, T – tretman zvukom frekvencije 1000 Hz)

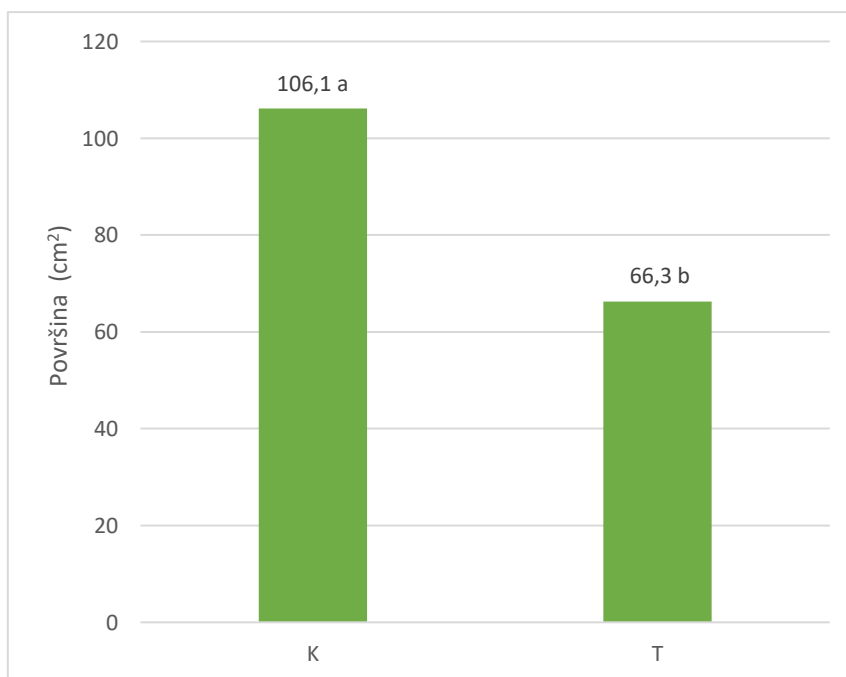
Vrijednosti istog svojstva označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Na grafu 5.1.1.1. prikazana je duljina nadzemnog dijela i korijena biljke. Tretman zvukom frekvencije 1000 Hz utjecao je na duljinu stabljike bosiljka kao i na duljinu korijena. Duljina stabljike izložene zvuku iznosila je 10,30 cm, dok je stabljika kontrolnog tretmana iznosila 13,31 cm. Duljina korijena izloženog zvuku iznosila je 13,28 cm, dok je kod kontrolnog tretmana iznosila 20,83 cm. Tretman zvukom od 1000 Hz rezultirao je slabijim rastom nadzemnog dijela za 23% te korijena za 36%.

Rast biljaka rezultat je diobe stanica. Kako zvuk povećava protoplazmatsko kretanje u biljnim stanicama, tako utječe i na proteinske strukture, fluidnost i propusnost membrane (Hu-Cheng i sur. 2002., Keli i sur. 1999., Ziwei i sur. 1999.) Povećanjem fluidnosti stanice se brže dijele. Dokazano je da zvukovi u rasponu 20 Hz – 20 kHz utječu na rast biljaka i stanični ciklus (Chowdhury i sur. 2014., Ghoshi sur. 2016.). Tako je *Dendranthema morifolium* izložena zvuku od 1 kHz/ 100 Db pokazala povećanu brzinu rasta korijena (Zhao i sur. 2003.). Iako osnova mehanizma poboljšanog rasta nije potpuno objašnjena, Bochu i sur. (2004.), Gosh i sur. (2006.), navode da povećanje sadržaja fitohormona u biljci poput indol - 3 - octene kiseline (IAA) i gibberelina potiču rast biljaka. Druga istraživanja pokazuju da bi razlog povećanog rasta mogao biti povećan sadržaj topivih proteina i šećera (Yi i sur. 2003.).

Međutim, rezultati ovog istraživanja nisu u suglasnosti s rezultatima istraživanja navedenih autora. Pretpostavka je da je to zbog udaljenosti izvora zvuka od same biljke. Udaljenost izvora zvuka od biljke iznosila je 35 cm, za razliku od navedenih istraživanja u kojima je udaljenost iznosila više od 5 m. Zvuk (mehanički val) u ovom istraživanju jače je „udarao“ biljke. Osim toga, biljke bosiljka su neprekidno 13 dana bile izložene zvuku frekvencije 1000 Hz, dok su u drugim istraživanjima biljke bile izložene svaki dan po 60 min. Također, važno je obratiti pozornost i na učinak refleksije u komorama rasta. Naime dio zvučnog vala se odbija od zidova komore čime se pojačava učinak zvučnog vala.

### 5.1.2. Utjecaj tretmana zvukom na lisnu površinu



Grafikon 5.1.2.1. Prosječne vrijednosti za lisnu površinu (cm<sup>2</sup>)

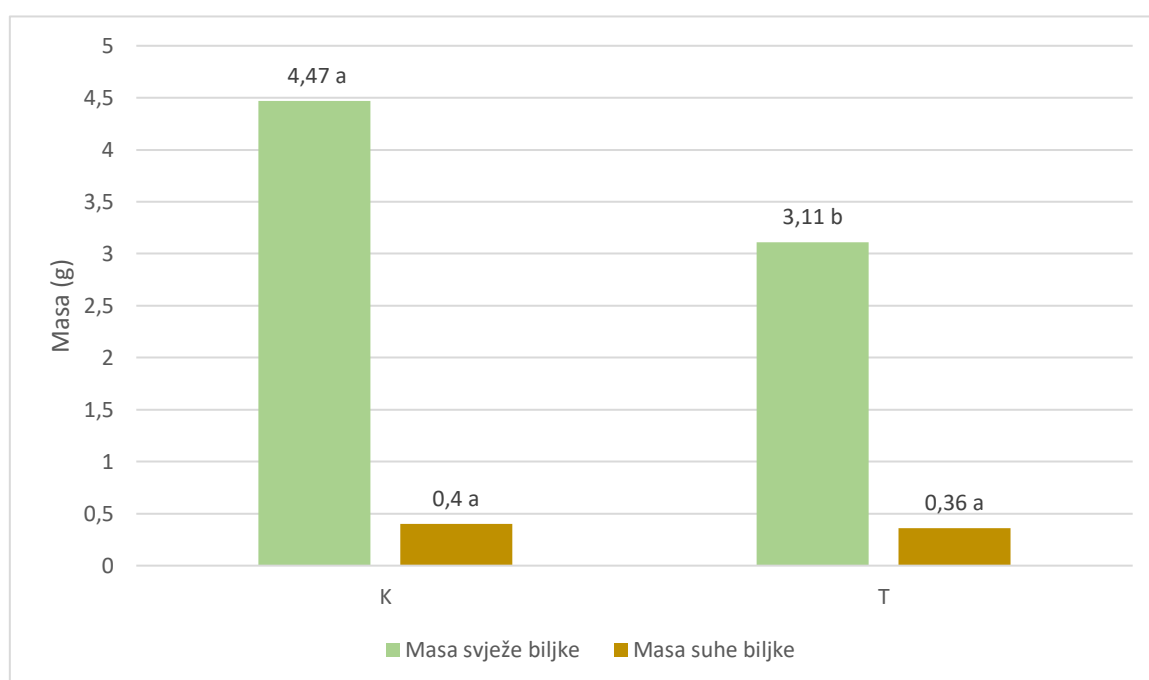
(K – kontrola, T – tretman zvukom frekvencije 1000 Hz)

Vrijednosti istog svojstva označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Na grafu 5.1.2.1. prikazane su prosječne vrijednosti lisne površine izražene u cm<sup>2</sup>. Tretman zvukom frekvencije 1000 Hz značajno je utjecao na lisnu površinu bosiljka. Prosječna vrijednost lisne površine biljka izloženih zvuku iznosila je 66,3 cm<sup>2</sup>, dok je lisna površina kontrolnog tretmana iznosila 106,1 cm<sup>2</sup>.

Rezultati dobiveni u našem istraživanju u suprotnosti su s rezultatima Qi i sur. (2010.) koji su utvrdili značajno povećanje lisne površine kod jagoda pod utjecajem zvuka različitih frekvencija, međutim samo u početnom stadiju rasta i razvoja. U fazi pred cvatnju izloženost biljaka zvuku više nije imalo značajan učinak na lisnu površinu. Njihovo istraživanje provedeno je u plasteniku i biljke su bile izložene zvuku različitih frekvencija i jačina sa učestalošću svaki drugi dan po tri sata. Stoga utjecaj zvuka na biljke u njihovom istraživanju nije bio toliko intenzivan kao u našem.

### 5.1.3. Utjecaj tretmana zvukom na suhu i svježu masu tvari



Grafikon 5.1.3.1. Masa svježe i suhe biljke (g)

(K – kontrola, T – tretman zvukom frekvencije 1000 Hz)

Vrijednosti istog svojstva označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Graf 5.3.1.1. prikazuje masu svježe i suhe biljke izražene u gramima. Utjecaj zvuka značajno je utjecao na masu svježe biljke bosiljka. Masa svježe biljke izložene zvuku iznosila je 3,11 g, a u kontrolnom tretmanu 4,47 g. Za razliku od svježe mase, masa suhe biljke nije se značajno razlikovala u kontrolnom tretmanu i tretmanu zvukom. U tretmanu zvukom, suha masa iznosila je 0,36 g, a u kontrolnom 0,4 g. Tretman zvukom od 1000 Hz rezultirao je manjom svježom masom za 30 % te manjom suhom masom za 10%.

Wang i sur. (2003.) su utvrdili da frekvencija zvuka 0,4 Hz s intenzitetom od 106 dB značajno utječe na povećanje mase svježe biljke riže, kao i duljinu izdanka, aktivnost korijenova sustava i indeks klijavosti. Weinberger i Measures (1979.) navode da je tretman zvukom 5 kHz/ 92dB povećao broj vrhova korijena i suhu masu pšenice. Bochu i sur. (2003.) utvrdili su značajno povećanje svježe mase riže kod tretmana frekvencije 400 Hz i 106 dB, međutim s povećanjem frekvencije masa svježe tvari se postupno smanjivala.

## 5.2. Rezultati kemijskih parametara

Tablica 5.2.1. prikazuje rezultate analize varijance (ANOVA) za ukupni sadržaj proteina, aktivnost superoksid – dismutaze i peroksidaze.

Tablica 5.2.1. Analiza varijance kemijskih parametara

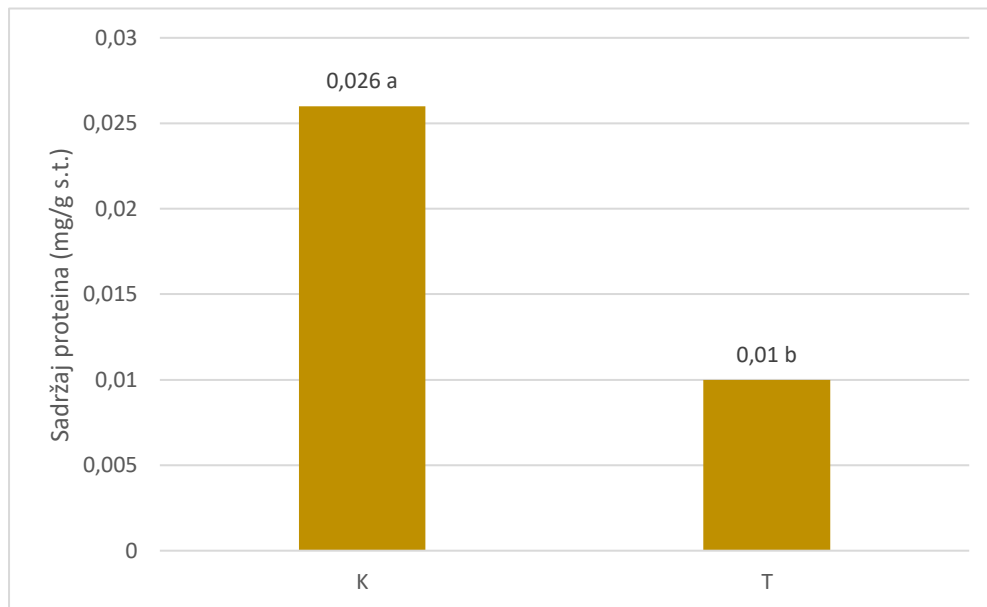
Svojstva	Tretman zvukom	
	F	Pr > F
Ukupni sadržaj proteina	217,66	***
Aktivnost superoksid - dismutaze	367,8	***
Aktivnost peroksidaze	7,79	**

\*, \*\*, \*\*\* F vrijednost značajna kod  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$

Visoko značajni učinak tretmana zvukom od 1000 Hz na biljke utvrđen je za ukupni sadržaj proteina i aktivnost superoksid - dismutaze, a značajni učinak utvrđen je za aktivnost peroksidaze.



### 5.2.1. Utjecaj tretmana zvukom na sadržaj ukupnih proteina



Grafikon 5.2.1.1. Ukupni sadržaj proteina u listu (mg/g s.t.)

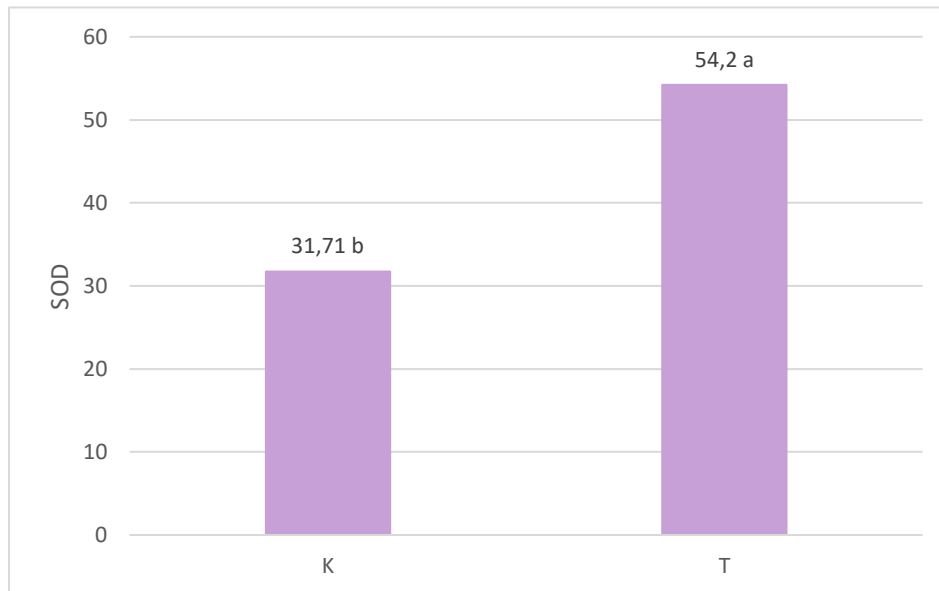
(K – kontrola, bez zvuka, T – zvuk frekvencije 1000 Hz)

Vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Na grafu 5.2.1. prikazan je sadržaj ukupnih proteina u listu. Tretman zvukom do 1000 Hz značajno je utjecao na smanjenje sadržaja ukupnih proteina. Sadržaj proteina u listovima izloženim zvuku iznosio je 0,01 mg/g s.t., dok je u kontrolni tretmanu iznosio 0,026 mg/g s.t.. Utjecaj zvuka od 1000 Hz smanjio je sadržaj ukupnih proteina u listu za 62%.

Zvuk od 1000 Hz/100 dB utječe na povećanje aktivnost SOD-a i sadržaja topivih proteina u kalusu kivija, ali se te vrijednosti smanjuju kada se frekvencija poveća (Xiaocheng i sur., 2003.). Budući da se u našem istraživanju radi o biljkama bosiljka koje su direktno izložene zvuku od 1000 Hz, a u prethodnom istraživanju su izloženi kalusi u zatvorenim Petrijevim posudicama možemo pretpostaviti da je zvuk ove jačine značajnije djelovao na biljke bosiljka koje su reagirale smanjenom sintezom proteina već na 1000 Hz.

## 5.2.2. Utjecaj tretmana zvukom na aktivnost superoksid – dismutaze (SOD)



Grafikon 5.2.2.1. Aktivnost superoksid – dismutaze (%NBT)

(K – kontrola, bez zvuka, T – zvuk frekvencije 1000 Hz)

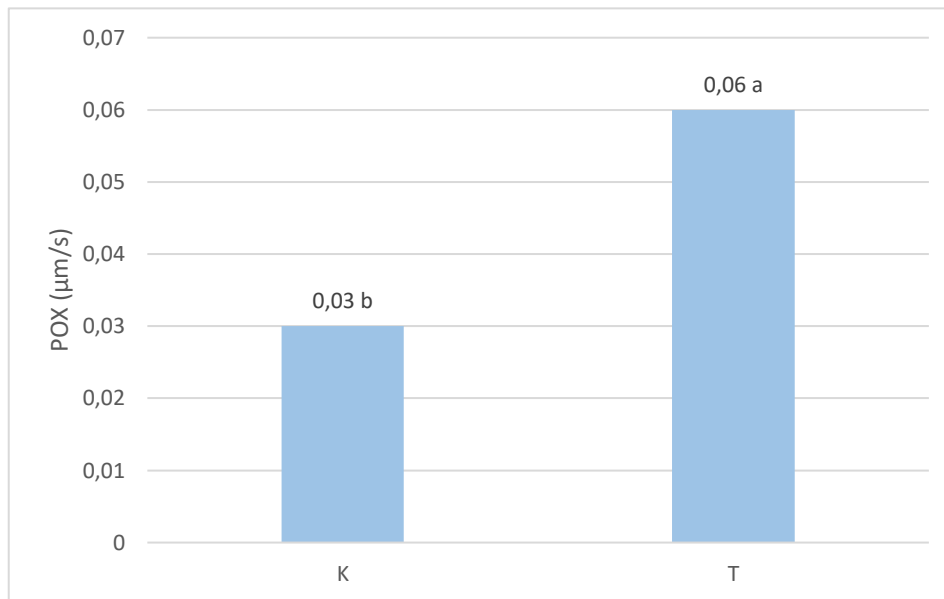
Vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Na grafu 5.2.2.1. prikazana je aktivnost superoksid - dismutaze. Tretman zvukom frekvencije 1000 Hz značajno je utjecao na aktivnost SOD-a. Aktivnost superoksid – dismutaze u listu izloženom zvuku iznosila je 54,2 % NBT, dok je u kontrolnom tretmanu iznosila 31,71 % NBT. Tretman zvukom povećao je aktivnost superoksid – dismutaze za 71%.

Zvuk pojačava sadržaj topivih proteina, ATP, određene fitohormone, poput ABA, te zaštitne enzime kao što su katalaza i superoksid – dismutaza u različitim biljnim vrstama (Wang i sur. 2002., da Silva i Dobranszki 2014.). Zaštitni se enzimi aktiviraju kao odgovor na stresove poput suše, nedostatka hranjivih tvari, herbicida, temperaturnih fluktuacija i mnogih drugih (Bhandawat i sur. 2020.)

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem u suglasnosti su s rezultatima Li i sur. (2008.) koji su utvrdili povećanje aktivnosti superoksid – dismutaze (SOD), katalaze (CAT), peroksidaze (POX) i askorbat peroksidaze (APX) u različitim organima ljekovite *Dendrobium candidum*. Istraživanje je provedeno na biljkama koje su stimulirane zvučnim valom intenziteta 100 dB i frekvencijom 1000 Hz. Rezultati pokazuju pojačanu aktivnost enzima (SOD, POX, CAT, APX) u lišću 6., 9. i 12. dana, u stabljici 9. dana, a u korijenu 9. i 12. dana.

### 5.2.3. Utjecaj tretmana zvukom na aktivnost peroksidaze (POX)



Grafikon 5.2.3.1. Aktivnost peroksidaze (µm/s)

(K – kontrola, T – zvuk frekvencije 1000 Hz)

Vrijednosti označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $p \leq 0,05$ )

Graf 5.2.3.1. prikazuje aktivnost peroksidaze u listu bosiljka. Tretman zvukom utjecao je na aktivnost peroksidaze (POX), koja je u listu izloženom zvuku iznosila 0,06 µm/s, a u kontrolnom tretmanu 0,03 µm/s. Utjecaj zvuka povećao je aktivnost peroksidaze za 100%.

Istraživanje provedeno na sadnicama krizantema tretirane zvučnim valovima intenziteta 100dB i frekvencijom 1000 Hz, utvrdilo je rezultate koji su u suglasnosti s rezultatima našeg istraživanja. Naime u ovom istraživanju tretiranje zvukom tijekom 3, 6, 9, 12 i 15 dana (svaki dan 60 min) rezultiralo je povećanjem aktivnosti antioksidativnih enzima peroksidaze, superoksid – dismutaze i katalaze. Aktivnost enzima povećavala se ovisno o vrsti enzima i vremenu trajanja tretmana ;aktivnost peroksidaze (POX) i katalaze povećala se tijekom 6 dana, a aktivnost superoksid – dismutaze (SOD) tijekom 9 dana (Xiujuan i sur. 2003.).

## 6. Zaključak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj tretmana zvuka od 1000 Hz na rast biljke bosiljka i aktivnost antioksidacijskih enzima. Od morfoloških svojstava mjerena su dužina nadzemnog dijela biljke i korijena, kao i lisna površina te masa suhe i svježe tvari. Od kemijskih parametara mjerio se sadržaj ukupnih proteina, kao i aktivnost enzima superoksid - dismutaze i peroksidaze.

Na osnovu dobivenih rezultata utvrđeno je da tretman zvukom od 1000 Hz i 90 dB utječe na smanjenje duljine korijena, nadzemnog dijela, smanjenje lisne površine, kao i mase svježe biljke. Međutim na suhu masu, tretman zvukom nije značajno utjecao.

Značajan učinak tretmana zvukom od 1000 Hz i 90 dB utvrđen je kod svih mjerenih kemijskih parametara. Utvrđeno je značajno smanjenje sadržaja ukupnih proteina te povećana aktivnost superoksid - dismutaze i peroksidaze.

## 7. Literatura

1. Abdullah N. A. H., Rani K. A., Rahiman M. H. F., Noor A. M. (2019). The Effect of Acoustic Exposure on the Growth of Mung Beans (*Vigna Radiata*). *Pertanika Journal of Science & Technology*, 27(3).
2. Atuntas O., Ozkurt H. (2019.) The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves. *J Food Sci Technol* 56: 2186 – 2194.
3. Bhandawat A., Jayaswall K. (2022). Biological relevance of sound in plants. *Environmental and Experimental Botany*. 200: 104919.
4. Bochu W., Xin C., Zhen W., Qizhong F., Hao Z., Liang R. (2003). Biological effect of sound field stimulation on paddy rice seeds. *Colloid. Surfaces B* 32: 29-34.
5. Cai W., He H., Zhu S., Wang N. (2014.) Biological effect of audible sound control on mung bean (*Vigna radiate*). Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International. doi: 10.1155/2014/931740.
6. Choi B., Ghosh R., Gururani M.A., Shanmugam G., Jeon J., Kim J., Park S.-C., Jeong M.-J., Han K.-H., Bae D.-W. (2017) Positive regulatory role of sound vibration treatment in *Arabidopsis thaliana* against *Botrytis cinerea* infection. *Sci Rep.* 7;7(1):2527. doi: 10.1038/s41598-017-02556-9.
7. Collins M. E., Foreman J. E. (2001). The effect of sound on the growth of plants. *Canadian Acoustics*. 29(2): 3-8.
8. Das M. (2023). Potential effects of audible sound signals including music on plants: A new trigger. *Environment Conservation Journal*. 24(3): 296-304.
9. Demey M. L., Mishra R. C., Van Der Straeten D. (2023). Sound perception in plants: from ecological significance to molecular understanding. *Trends in Plant Science*. 28(7): 825-840.
10. Lamalakshmi Devi E., Kumar S., Basanta Singh T., Sharma S. K., Beemrote A., Devi C. P., Wani S. H. (2017). Adaptation strategies and defence mechanisms of plants during environmental stress. *Medicinal plants and environmental challenges*. 359-413.
11. Frongia F., Forti L., Arru L. (2020). Sound perception and its effects in plants and algae. *Plant signaling & behavior*. 15(12): 1828674.
12. Hall A. E. (1981). Adaptation of Annual Plants to Drought in Relation to Improvements in Cultvars. *HortScience*. 16(1): 37-38.
13. Hassanien R. H., Hou T. Z., Li Y. F., Li B. M. (2014). Advances in effects of sound waves on plants. *Journal of Integrative Agriculture*. 13(2): 335-348.
14. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. (Pristupljeno 21.7.2024.)
15. Jug I., Engler M., Teklić T. (2006). Oksidacijski stres kod biljaka u nepovoljnim agroekološkim uvjetima. In 41. Hrvatski i 1. Međunarodni znanstveni simpozij agronoma (pp. 399-400).
16. Khait I., Obolski U., Yovel Y., Hadany L. (2019). Sound perception in plants. In *Seminars in cell & developmental biology*. 92: 134-138.
17. Li B., Wei J., Wei X., Tang K., Liang Y., Shu K., Wang B. (2008). Effect of sound wave stress on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation of *Dendrobium candidum*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 63(2): 269-275.
18. López-Ribera I., Vicient C.M. (2017). Drought tolerance induced by sound in Arabidopsis plants. *Plant Signal Behav.* 12(10):10. doi: 10.1080/15592324.2017.1368938.
19. Mešić A., Pajač Živković I., Vourka A., Židovec V., Duralija B. (2022). Uloga biostimulatora u smanjenju stresa biljaka. *Glasnik zaštite bilja*. 45(3.): 38-42.
20. Mikulić M. (2017). Ljudski sluh (Diplomski rad). Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:160:589961>
21. Qi L., Teng G., Hou T., Zhu B., Liu X. (2010). Influence of sound wave stimulation on the growth of strawberry in sunlight greenhouse. *IFIP. AICT* 317: 449-454.

22. Shahrajabian M. H., Sun W., Cheng Q. (2020). Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): A review. *International Journal of Food Properties*, 23(1): 1961-1970.
23. Umar O. B., Ranti L. A., Abdulbaki A. S., Bola A. L., Abdulhamid A. K., Biola M. R., Victor K. O. (2021). Stresses in plants: Biotic and abiotic. *Current trends in wheat research*. 1-8.
24. Vicient C.M. (2017). The effect of frequency specific sound signals on the germination of maize seeds. *BMC Res Notes*. 10(1): 323. doi: 10.1186/s13104-017-2643-4.
25. Vukadinović V. (2020). Utjecaj okolišnih faktora na oksidacijski stres biljaka Preuzeto s: [https://tlo-i-biljka.eu/Gnojdba/Zanimljivosti/Zanimljivosti\\_03\\_2020\\_ROS.pdf](https://tlo-i-biljka.eu/Gnojdba/Zanimljivosti/Zanimljivosti_03_2020_ROS.pdf)
26. Weiming C., Songming Z., Wang N., Huinong H., Beihua Y. (2015). Design of an experimental platform to investigate the effects of audible sounds on plant growth. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 8(5): 162-169.
27. Xiujian W., Bochu W., Yi J., Defang L., Chuanren D., Xiaocheng Y., Sakanishi A. (2003). Effects of sound stimulation on protective enzyme activities and peroxidase isoenzymes of chrysanthemum. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 27(1): 59-63.
28. Xiujian W., Bochu W., Yi J., Chuanren D., Sakanishi A. (2003). Effect of sound wave on the synthesis of nucleic acid and protein in chrysanthemum. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 29 (2-3): 99-102.
29. Yang X. C., Wang B. C., Duan C. R., Dai C. Y., Jia Y., Wang X. J. (2002). Brief study on physiological effects of sound field on *Actinidia* Chinese callus. *Journal of Chongqing University*. 25: 79-84.
30. Zrle F. (2019) *Suvremena proizvodnja i ljekovita svojstva bosiljka (Ocimum basilicum L.)* (Diplomski rad), Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:181382>

## 8. Prilog

### 8.1. Popis korištenih izvora – poveznica

ORL Centar za sluh i govor - <http://centarzasluhigovor.com/> - pristup 12.07.2024.

Alternativa za Vas <https://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/glazba-razvoj-biljaka> - pristup 18.07.2024.

Carović-Stanko K. (2024.) Ljekovito i medonosno bilje [https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/9637963/mod\\_resource/content/1/3\\_LJAMB\\_Vrste%202\\_2024.pdf](https://moodle.srce.hr/2023-2024/pluginfile.php/9637963/mod_resource/content/1/3_LJAMB_Vrste%202_2024.pdf) - pristup 20.07.2024.

Zeleni bosiljak – koristi i štete <https://farms-hr.desigusxpro.com/posadka/ogorod/drugie-rasteniya/bazilik/zelenyj-polza-i-vred.html> - pristup 20.07.2024.

## 9. Životopis

Nika Perković je rođena 19.02.2003. u Zagrebu, Republika Hrvatska. Od 2009. do 2017. pohađa Osnovnu školu Ivana Benkovića u Dugom Selu. Od 2017. do 2021. pohađa Gimnaziju Sesvete. Nakon srednjoškolskog obrazovanja upisuje preddiplomski studij, smjer Biljne znanosti na Agronomskom fakultetu Sveučilište u Zagrebu. Stručnu praksu je odradila na Zavodu za oplemenjivanje bilja, genetiku i biometriku na Agronomskom fakultetu Sveučilište u Zagrebu.