

»55. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2021«

# **Vpliv UV-B žarkov na kalitev in zgodnjo rast izbranih vrst zelenjave**

Raziskovalno področje: BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtorja: Ali Soufi, David Krajnc

Mentor: prof. Katja Holnthaner Zorec

II. gimnazija Maribor

Maribor, 2020

»55. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2021«

# **Vpliv UV-B žarkov na kalitev in zgodnjo rast izbranih vrst zelenjave**

Raziskovalno področje: BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtorja: Ali Soufi, David Krajnc

Mentor: prof. Katja Holnthaner Zorec

II. gimnazija Maribor

Maribor, 2021

# Kazalo

## Vsebina

POVZETEK .....	6
1. UVOD .....	7
2. TEORETIČNE OSNOVE .....	8
2.1 Rastline.....	8
2.1.1 Lucerna ali Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) .....	8
2.1.2 Vrtna kreša ( <i>Lepidium sativum</i> ) .....	9
2.1.3. Gorčica ( <i>Brassica nigra</i> ).....	10
2.1.4. Redkvica ( <i>Raphanus sativus var. sativus</i> ).....	11
2.1.5. Rukola ( <i>Eruca vesicaria</i> ) .....	12
2.2. UV sevanje .....	13
2.2.1. Vpliv UV B sevanja na rastline .....	15
2.3 Klorofilmeter.....	16
2.4 Encim gvajakol peroksidaza .....	16
3.1 NAMEN NALOGE.....	16
3.2 Raziskovalna vprašanja .....	16
3.3 Hipoteze .....	17
4. MATERIAL IN METODA DELA .....	18
4.1.1 Gojenje in obsevanje rastlin .....	18
4.1.2 Merjenje velikosti rastlin.....	21
4.1.3 Merjenje biomase (sveže in suhe) .....	22
4.1.4 Štetje listnih rež.....	23
4.1.5 Encimska aktivnost guaiakol peroksidaze.....	23
4.1.6 Merjenje vsebnosti klorofila v listih.....	25

5.1	REZULTATI.....	26
5.1	Dinamika kalitve .....	26
5.2	Biomasa rastlin .....	29
5.3	Število listnih rež.....	30
5.4	Velikost nadzemnega rastlinskega dela.....	30
5.5	Količina klorofila .....	31
5.6	Encimska aktivnost guaiakol peroksidaze.....	32
6.	RAZPRAVA .....	33
7.	ZAKLJUČEK.....	36
8.	DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	37
9.	VIRI.....	38
9.1	Elektronski viri.....	39
	Priloge: .....	41

Kazalo slik:

Slika 1:	alfalfa	9
Slika 2:	vrtna kreša	10
Slika 3:	gorčica	11
Slika 4:	redkvica	12
Slika 5:	rukola	13
Slika 6:	svetlobni spekter	15
Slika 7:	kalčki gorčice	19
Slika 8:	semena redkvice	19
Slika 9:	gojenje rastlin	20
Slika 10:	večje rastline gorčice in redkvice	20
Slika 11:	obsevanje rastlin	20
Slika 12:	merjenje rastline	21
Slika 13:	tehtanje rastlin redkvice	22
Slika 14:	priprava lista na mikroskopiranje	23

Slika 15: List redkvice pod mikroskopom	23
Slika 16: merilna glava klorofilometra s senzorjem	25

#### Kazalo grafov:

Graf 1: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah redkvice ( <i>Raphanus sativus</i> ).....	25
Graf 2: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah vrtna kreša ( <i>Lepidium sativum</i> ).....	26
Graf 3: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah rukole ( <i>Eruca vesicaria</i> ).....	26
Graf 4: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah gorčice ( <i>Brassica nigra</i> ).....	27
Graf 5: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah alfalfe ( <i>Medicago sativa</i> ).....	27
Graf 6: razmerje med svežo in suho maso obsevanih in neobsevanih rastlin.....	28
Graf 7: razmerje med svežo in suho maso ter razlika med njima.....	28
Graf 8: povprečno število listnih rež na mm <sup>2</sup> .....	29
Graf 9: velikost nadzemnih delov rastlin po desetih dneh.....	30
Graf 10: povprečna količina klorofila v listih obsevanih in neobsevanih rastlin.....	30
Graf 11: encimska aktivnost guaiakol peroksidaze pri rastlinah.....	31
Graf 12: sprememba absorpcije rastlinskega ekstrakta v 1 min.....	31

#### Kazalo preglednic

Preglednica 1: dinamika kalitve redkvice, pojav zelenih listov za prvih devet dni (od 30.12.2020 do 8.1.2021) .....	41
Preglednica 2: dinamika kalitve gorčice, pojav zelenih listov za prvih devet dni (od 30.12.2020 do 8.1.2021) .....	41
Preglednica 3: Dinamika kalitve rukole, pojav zelenih listov za prvih devet dni (26.1.2021 do 4.2.2021) .....	42
Preglednica 4: Dinamika kalitve alfalfe (lucerne), pojav zelenih listov za prvih devet dni (26.1.2021 do 4.2.2021) .....	42

## **POVZETEK**

Kalčki različnih rastlinskih vrst so pogosta sestavina zdrave prehrane, bogati z vitamini in primerna zimska zelenjava, zato sva želela ugotoviti, kakšen učinek imajo nanje UV žarki. Izbrane rastlinske vrste (rukola, alfalfa, redkvica, vrtna kreša in gorčica) sva tekom kalitve in zgodnje faze rasti za 75 minut na dan izpostavljala UV-B svetlobi. Vpliv žarkov sva vrednotila z različnimi parametri. Merila in opazovala sva dinamiko kalitve, pojav prvih zelenih listov, velikost nadzemnega dela, število listnih rež, razliko med svežo in suho biomaso, količino gvajakol peroksidaze, količino klorofila in vidne kvalitativne spremembe v obliki in barvi listov. Na podlagi rezultatov lahko sklepava, da UV-B svetloba vpliva na kalitev in zgodnjo rast vseh obravnavanih rastlinskih vrst, a ta vpliv v 14 dneh, kolikor je trajal poskus, ni zelo velik. Prav tako je odvisen od vrste rastline, saj imajo rastline različno stopnjo odpornosti na UV sevanje.

# 1. UVOD

Rastline so pritrjeni, večcelični, evkariontski, kopenski, fotoavtotrofni organizmi z razvitimi organi kot so steblo, korenine in listi. Kot vir energije za fotosintezo in s tem tvorbo organskih snovi uporabljajo vidno svetlobo (obsegu od 400–700 nm), kot vsi kopenski organizmi pa so izpostavljene tudi različnim količinam UV svetlobe (100 – 400 nm).

Intenzivnost UV sevanja na zemljino površino se zvišuje v povezavi s tanjšanjem ozonskega plašča. Kljub temu, da samo majhna količina UV-B sevanja doseže površino Zemlje, ima na organizme velik učinek. Pri rastlinah lahko povzroča poškodbe DNK, spremembe pri fotosintezi, rasti, razvoju in morfologiji (Breznik in sodelavci, 2005).

Ozon je plin v zemljini atmosferi, ki se nahaja v stratosferi. Njegova glavna funkcija je absorpcija ultravijolične svetlobe. Pred več kot štiridesetimi leti, leta 1975, so znanstveniki prvič opazili ozonsko luknjo. To je območje nad Antarktiko, kjer je koncentracija ozona manjša od normalne. Posledica tanjšanja plasti ozona je naraščanje UV-B sevanja na zemeljski površini. Znanstveniki so ugotovili, da na nastanek in povečanje ozonske luknje vplivajo plini, ki vsebujejo bromove in klorove atome. Ti plini se med drugim uporabljajo pri razkuževanju bazenov, odpadne vode, pri raznih industrijskih obratih, prisotni so v napravah za hlajenje in gašenje. Pri nenadzorovanem izpustu teh plinov potujejo visoko v ozračje, kjer reagirajo z molekulami ozona (Salawitch, 2019).

Ozonska luknja poimenuje mesto, kjer količina ozona pade na 100 ali manj Dobsonovih enot (DU). Ena Dobsonova enota ustreza plasti ozona, ki bi bila debela 10  $\mu\text{m}$  pri standardnem tlaku in temperaturi. Povprečna vrednost v zemljini atmosferi je okoli 300 DU, torej je na območju ozonske luknje plast ozona od 2 do 3-krat tanjša kot običajno (NASA Ozone Watch, 2018).

Ker ima UV sevanje različne vplive na celoten ekosistem, nas zaradi povečanja količine UV žarkov zanima, kako se rastline odzivajo na razlike v sestavi sončnega sevanja. Preučevala sva kalitev in zgodnjo rast petih rastlinskih vrst, ki jih pogosto uporabljamo za pridelavo kalčkov in kot zelenjavo: redkvice (*Raphanus sativus var. sativus*), gorčice (*Brassica nigra*), rukole (*Eruca vesicaria*), vrtno kreše (*Lepidium sativum*) in lucerne (*Medicago sativa*).

Opazovala in merila sva morfološke lastnosti (uspešnost kalitve, dolžino korenčic, kalčkov, vidne spremembe listov, sveža in suha biomasa) in biokemijske lastnosti (encimsko aktivnost guaiakol peroksidaze) rastlin, obsevanih z UV B svetlobo in jih primerjala s kontrolno skupino, obsevano le z vidno svetlobo. Zanimalo naju je tudi, ali se vse v poskusu obravnavane rastlinske vrste enako odzivajo na dodatno obsevanje z UV B žarki.

## 2. TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Rastline

Rastline so eno izmed kraljestev živih bitij, v katerega uvrščamo približno 300.000 danes znanih vrst. Skupina vključuje splošno razširjene in poznane življenjske oblike, sistemsko pa jih delimo na golosemenke, kritosemenke, mahove in praprotnice. Za rastline je značilno, da pridobivajo energijo za rast in delovanje organizma iz sončne svetlobe s pomočjo procesa fotosinteze, ki poteka v kloroplastih, poleg tega imajo njihove celice celične stene, grajene iz celuloze (Stušek in ostali, 2010). Za naše delo smo izbrali rastline iz skupine kritosemenk, ki jih pogosto uporabljamo v prehrani v obliki kalčkov. Te rastline so lucerna, kreša, redkvica, gorčica in rukola.

#### 2.1.1 Lucerna ali Alfalfa (*Medicago sativa*)

Kraljestvo: rastline

Deblo: *Magnoliophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Red: *Fabales*

Družina: *Fabaceae*

Rod: *Medicago*

Vrsta: *M. sativa*

(United States Department of Agriculture, 2021)

Lucerna, znana tudi kot alfalfa ali *Medicago sativa*, je rastlina, ki se že več stoletij goji kot krma za živino in v medicinske namene. Cenjena je zaradi odlične vsebnosti vitaminov, mineralov in beljakovin v primerjavi z drugimi vrstami krmnih rastlin. Lucerna je del družine



stročnic, vendar velja tudi za zelišče. Poleg tega, da se uporablja kot krma, je bila v preteklosti uporabljena za zdravilne namene pri nekaterih obolenjih. Danes se semena, listi in kalčki te rastline uporabljajo kot prehranski dodatek, saj imajo ugodne učinke na krvožilni in živčni sistem (Bora in Sharma, 2010).



Slika 1: alfalfa

### 2.1.2 Vrtna kreša (*Lepidium sativum*)

Kraljestvo: rastline

Deblo: *Magnoliophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Podrazred: *Dilleniidae*

Red: *Capparales*

Družina: *Brassicaceae*

Rod: *Lepidium*

Vrsta: *Lepidium sativum*

(United States Department of Agriculture, 2021)

Vrtna kreša je hitro rastoča, jedilna rastlina. Vsebuje veliko vitamina K ter tudi A in C. Ima tudi precej veliko vsebnost mangana. Uporablja se kot dodatek v juhah in solatah. Cenjena je tudi kot zdravilno zelišče. Uporablja se kot analgetik, antispazmodik deluje protivnetno in se uporablja pri zdravljenju zlomov. (Vinti Dixit JR, 2020)



Slika 2: Vrtna kreša

### 2.1.3. Gorčica (*Brassica nigra*)

Kraljestvo: rastline

Deblo: *Magnoliophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Podrazred: *Dilleniidae*

Red: *Capparales*

Družina: *Brassicaceae*

Rod: *Brassica*

Vrsta: *Brassica nigra*

(United States Department of Agriculture, 2021)

Gorčica se goji zaradi semen, ki se uporabljajo predvsem v kulinariki kot začimba. Uporabljati so jo začeli že pred več kot 2000 leti v Rimskem imperiju. Pogosto se uporablja v Indijski kuhinji. Užitni so tudi mladi listi in cvetovi. V tradicionalni medicini se gorčica uporablja za kopeli, s katerimi se zdravi kožne bolezni. Gorčični čaj se uporablja za zdravljenje vnetega grla in lajšanje bronhitisa. (Toxopeus in Utomo, 2016 )



Slika 3: Gorčica

#### **2.1.4. Redkvica (*Raphanus sativus var. sativus*)**

Kraljestvo: rastline

Deblo: *Magnoliophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Podrazred: *Dilleniidae*

Red: *Capparales*

Družina: *Brassicaceae / Cruciferae*

Rod: *Raphanus*

Vrsta: *Raphanus sativus*

(United States Department of Agriculture, 2021)

Redkvica je užiten koren, ki je v Evropi prisoten že od predrimskih časov. Semena redkev se lahko stisne, da pridobimo olje. Koren se lahko poje svež ali pa kot priloga. Listi se lahko pripravijo kot solata ali špinača. Uporablja se lahko kot odvajalo in za zdravljenje želodčnih motenj (Piluek in Beltran, 2016)



Slika 4: redkvica

### 2.1.5. Rukola (*Eruca vesicaria*)

Kraljestvo: rastline

Deblo: *Magnoliophyta*

Razred: *Magnoliopsida*

Podrazred: *Dilleniidae*

Red: *Capparales*

Družina: *Brassicaceae / Cruciferae*

Rod: *Eruca*

Vrsta: *Eruca vesicaria*

(United States Department of Agriculture, 2021)

Rukola je užitna rastlina. Največkrat se surova doda k hrani. V nekaterih predelih Azije semena rukole stisnejo za olje, ki se uporablja za kisanje in kot jedilno olje. Semena se uporabljajo tudi kot krma za živali. Ima visoko hranilno vrednost. V tradicionalni medicini se uporablja proti okužbam oči in za zdravljenje prebavnih in ledvičnih težav. Listi se ponekod uporabljajo kot krma za živali (Ibn Oaf, 2004)



*Slika 5: rukola*

## **2.2. UV sevanje**

Sevanje je pojav, pri katerem se energija v obliki delcev ali valovanja širi iz vira. Torej, sevanje je oddajanje in razširjanje valovanja ali delcev in s tem energije v prostor. Lahko pa se pojem sevanje uporablja tudi za energijo, ki se širi pri tem pojavu. Ravno od energije je odvisno, kakšen učinek bo imelo sevanje na telo, ki ga zadane ali gre skozenj (Kralj, 2003).

Poznamo različne vrste sevanja. Lahko ga razdelimo na tri večje skupine:

- mehansko sevanje,
- elektromagnetno sevanje,
- sevanja, pri katerih vir oddaja delce.

Za ~~to~~ raziskovalno nalogo je pomembno elektromagnetno sevanje. Sem spadajo radijski valovi, infrardeči žarki, vidna svetloba, rentgenski in gama žarki ter ultravijolično sevanje. Slednje pri krajših valovnih dolžinah ob rentgenskih in gama žarkov uvrščamo med ionizirajoča sevanja. Takšno sevanje ima dovolj energije, da lahko pri prehodu skozi snovi izbije elektrone iz atomov in tako ustvari ione in proste radikale. To lahko ima škodljive učinke za živa bitja.

Ultravijolično sevanje je del elektromagnetnega spektra med vidno svetlobo in rentgenskimi žarki. Valovne dolžine se raztezajo od 400 nm do 100 nm. Človeško oko tega sevanja ne zazna. Vidijo ga nekatere druge živali. Oddajajo ga telesa pri zelo visokih temperaturah (zvezde), ali pa nastane ob razelektritvah v plinih. (Kralj, 2003)

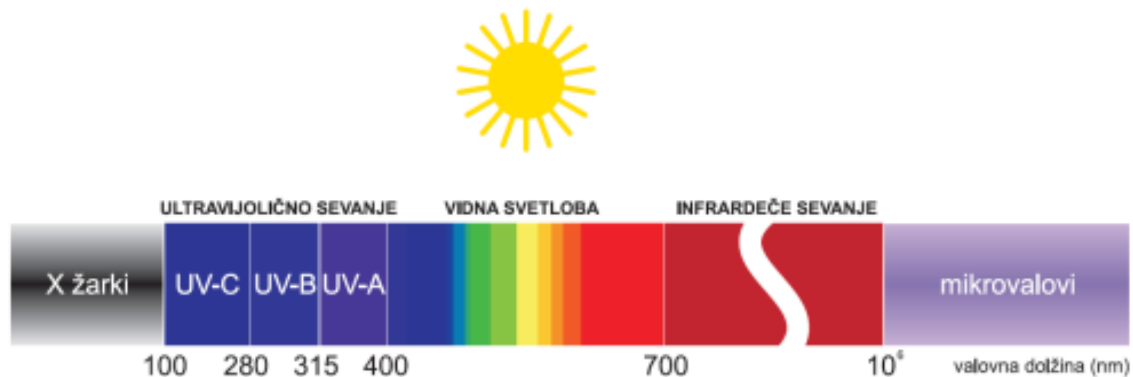
UV sevanje ima majhno moč prodiranja, zato so pred njim zaščiteni vodni organizmi, pri človeku pa so neposredni učinki na telo omejeni na kožo. Večje količine sevanja pri človeku povzročajo pordelost kože (sončne opekline) in pri daljši izpostavljenosti pospešeno staranje kože in večje tveganje za kožnega raka. 20 odstotkov primerov očesne katarakte lahko pripišemo prekomerni izpostavljenosti UV sevanju. Prav tako so povzročitelj vnetja očesne veznice in roženice. UV sevanje tudi zavira delovanje imunskega sistema. Posledice tega so večje napredovanje kožnih tumorjev, večje tveganje okužbe z mikroorganizmi in zmanjšana učinkovitost nekaterih cepiv.

Obenem pa je UV sevanje tudi nujno potrebno za človeško telo, saj vzpodbuja nastajanje vitamina D, ki je potreben za nastanek kalcija v kosteh (NIJZ, 2019).

Ultravijolično sevanje delimo glede na valovno dolžino na tri skupine:

- UV A (315 - 400 nm)
- UV B (280 - 315 nm)
- UV C (100 - 280 nm)

Krajša kot je valovna dolžina, večji vpliv ima UV sevanje na naravo. Ker ozonska plast v atmosferi v celoti vsrka UV C svetlobo, ta ne doseže površja in zato nima vpliva. UV B svetloba ima večji vpliv kot UV A. (Kralj, 2003; Land, 2007)



Slika 6: svetlobni spekter

Vir: Gajšek P. Solarij in zdravje. Ljubljana: Inštitut za neionizirna sevanja: Uprava RS za varstvo pred sevanji, 2009.

### 2.2.1. Vpliv UV B sevanja na rastline

Rastline imajo glavno vlogo pri samem obstoju vsega življenja na Zemlji. So primarni proizvajalci hrane, kar pomeni, da si hrano izdelajo same v procesu fotosinteze, za katerega je ključna vidna svetloba. Vir svetlobe je sonce, kar pomeni, da so izpostavljene UV sevanju. Ultravijolična svetloba je za rastline tudi zelo nevarna, zato morajo imeti rastline pred njo tudi zaščito. Ker UV C sevanje pri normalnih pogojih ne doseže Zemljine površine, je največje tveganje za rastlino UV B svetloba.

Vpliv UV svetlobe se na rastlinah vidi tako na izgledu rastline, kot na celični ravni. Sevanje vpliva na velikost rastline, velikost površine in barvo listov ter izgled listnih robov. Obsevane rastline so praviloma manjše, imajo manjše liste, so bolj rumenkaste barve in imajo privihane listne robove (Zuk-Golaszewska, 2003).

UV svetloba prav tako vpliva na celični metabolizem. V celici nastajajo tako imenovane reaktivne kisikove zvrsti (ROS, angl. Reactive oxygen species), ki so stranski produkt oksidativnega metabolizma. ROS so reducirane oblike atmosferskega kisika. Mednje sodi tudi vodikov peroksid. So odgovor celice na biotski in abiotski stres. Celico branijo, vendar ji v prevelikih količinah lahko škodujejo. Tukaj pridejo na vrsto encimi, kot so gvajakol peroksidaza in druge reduktaze. (Konda, 2012)

## 2.3 Klorofilometer

Klorofilometer je naprava, ki se uporablja za merjenje količine klorofila v listih rastlin, ne da bi jih poškodovali. Količina klorofila je lahko pokazatelj zdravja rastline, saj zdrave rastline praviloma vsebujejo več klorofila kot nezdrave, neposredno pa je povezana tudi z zmogljivostjo in učinkovitostjo fotosinteze. Dolgotrajna izpostavljenost stresnim dejavnikom povzroča zmanjšanje količine klorofila v listih in zato lahko s pomočjo klorofilometra ugotovljamo njihov vpliv na rastlino (Süß, 2015).

## 2.4 Encim gvajakol peroksidaza

Gvajakol peroksidaze je beljakovina, ki oksidira darovalce aromatskih atomov, kot je gvajakol, v procesu pa razgradi vodikov peroksid, ki je za celico v prevelikih količinah škodljiv. Gvajakol peroksidaza je pomembna obramba celice pred abiotskimi in biotskimi stresi, saj normalizira količino vodikovega peroksida v celici (Sharma, 2012).

Večja encimska aktivnost pomeni, da je v celici prisotnega več vodikovega peroksida, kar posledično zahteva večjo aktivnost gvajakol peroksidaze, da se količine normalizirajo.

## 3.1 NAMEN NALOGE

Namen naloge je ugotoviti, kakšen vpliv ima UV B svetloba na kalitev, zgodnjo rast, zgradbo in delovanje izbranih rastlinskih vrst.

## 3.2 Raziskovalna vprašanja

Z izvedbo te naloge smo želeli odgovoriti na vprašanje:

- Kako izpostavljenost rastlin UV B žarkom vpliva na kalitev, začetno rast, zgradbo in biokemijske lastnosti pri redkvici (*Raphanus sativus var. sativus*), gorčici (*Brassica nigra*), rukoli (*Eruca vesicaria*), vrtni kreši (*Lepidium sativum*) in lucerni (*Medicago sativa*)?



### 3.3 Hipoteze

1. Izpostavljenost UV B žarkom bo zavirala kalitev in pojav prvih zelenih listov pri vseh obravnavanih rastlinskih vrstah: redkvici (*Raphanus sativus var. sativus*), gorčici (*Brassica nigra*), rukoli (*Eruca vesicaria*), vrtni kreši (*Lepidium sativum*) in lucerni (*Medicago sativa*).

Raziskovalci, ki so raziskovali vpliv UV svetlobe na vrsto fižola (*Vigna mungo*), so prišli do zaključka, da izpostavljenost UV te rastline UV sevanju zmanjšuje število kaljenih semen, vendar jo pospešuje (Syed Shahid Shaukat, 2013).

2. Pri vseh obravnavanih vrstah se bodo pod vplivom UV B svetlobe pojavile vidne poškodbe listov, zmanjšalo se bo število listnih rež, zavirala se bo začetna rast, manjša bo vsebnost klorofila in povečala se bo encimska aktivnost guaiakol peroksidaze.

V raziskavi, ki so jo naredili na rastlinah soje, so prišli do ugotovitve, da UV-B svetloba pomembno zmanjša število listnih rež (C. Gitz, 2005). V drugih raziskavah poročajo o zmanjšanju vsebnosti klorofila v listih obsevanih z UV B svetlobo (Zuk-Golaszewska, 2003, Alinia-Ahandani, 2018). V raziskavi, narejeni na rastlini *Aeschynomene aspera* L. so ugotovili, da UV-B negativno vpliva na encimsko aktivnost, kar pomeni, da večja vsebnost antioksidativnih encimov zagotavlja zaščito pred oksidativnim stresom (S. Ramya in V. Balakrishnan, 2013).

## 4. MATERIAL IN METODA DELA

### 4.1.1 Gojenje in obsevanje rastlin

Material:

- Papirnati lončki
- papirnate brisače
- semena redkvice (*Raphanus sativus var. sativus*), Sonnentor
- semena gorčice (*Brassica nigra*), Sonnentor
- semena rukole (*Eruca vesicaria*), Sonnentor
- semena vrtno kreše (*Lepidium sativum*), Sonnentor
- semena lucerne (*Medicago sativa*), Sonnentor
- žarnica PL-L 36W/01/4P UV-B
- Led svetilo ~~žarnica s celotnim spektrom dnevne svetlobe~~ (LED Grow, vidni spekter, 400  $\mu\text{mol}/\text{sm}^2$ , Elkosun)
- aluminijasta folija
- sončna očala
- Merilec temperature in zračne vlage (Isolaab)
- Plastična folija
- Pinceta
- Pipeta (3 mL)
- Plastični kozarci
- Pregrinjalo
- Zemlja za presajanje (Terra Brill)

Metoda dela:

Pred začetkom gojenja sva lončke ustrezno označila. V vsakem lončku sva dno prekrila s štirimi papirnatimi brisačami, ki sva jih napojila s šestimi mililitri vode. Papirnate brisače sva uporabila namesto prsti zaradi boljše vidljivosti in lažjega spremljanja kalitve in rasti, hkrati pa tudi zaradi lažjega merjenja. V vsakem lončku je bilo 30 semen enake rastline, ki so bili

pred tem namočeni v vodi. Za eno rastlino sva uporabila 4 lončke in vsak je bil prekrit s plastično folijo, ki je ohranjala konstantno relativno zračno vlago. Vsi lončki so bili postavljeni v regal z LED žarnico, ki je bila oddaljena 40 centimetrov od rastlin. Celoten okvir sva prekrila s pregrinjalom, da bi zmanjšala vplive iz okolja. Rastline v testni skupini so bile vsak dan izpostavljene UV B žarkom za 90 minut, pri tem pa je bila UV žarnica oddaljena od rastlin 30 cm. V času obsevanja z UV svetlobo sva lončke s kontrolnimi rastlinami prekrila z aluminijasto folijo, ki je preprečila vdor žarkov. Ob delovanju UV žarnice sva uporabljala sončna očala za zaščito ter se umaknila iz prostora. Semena in rastlinice sva deset dni opazovala, beležila število vzkaljenih semen in pojav zelenih listov ter dnevno zalivala po tremi mililitri vode.

Deseti dan sva rastline presadila v zemljo in nadaljevala z zalivanjem s 25 ml vode. V nadaljevanju sva dnevnim obsevanjem, pri tem beležila razlike v barvi in deviacije na listih. Vsaka rastlinska vrsta je bila gojena 14 dni, po tem sva rastline vzela iz zemlje in jih dala sušiti.

Ekspiriment sva izvajala pri temperaturi  $20,5 - 25,0^{\circ}\text{C}$  in relativni zračni vlagi med 30 - 42%.



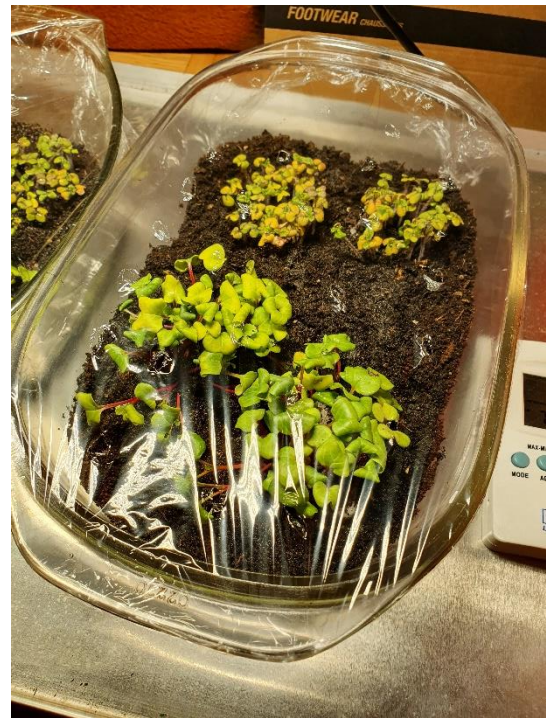
*Slika 8: kalčki gorčice*



*Slika 7: semena redkvice*



*Slika 9: gojenje rastlin*



*Slika 10: večje rastline gorčice in redkvice*



*Slika 11: obsevanje rastlin*

## 4.1.2 Merjenje velikosti rastlin

Material:

- ravnilo
- milimetrski papir
- digitalno kljunasto merilo (Powerfix,  $\pm 0,01$ )
- pinceta
- rastlinski material (10 dni stare rastline)

Metoda dela:

Pred presaditvijo rastlin v zemljo, sva z digitalnim kljunastim merilom izmerila dolžino nadzemnega dela rastline (steblo in listi brez korenin). Izračunala sva povprečno velikost rastlin znotraj ene skupine in standardno deviacijo te skupine.



Slika 12: merjenje rastline

### 4.1.3 Merjenje biomase (sveže in suhe)

Material:

- analitska tehtnica (Kern, natančnost 0,01 g)
- svež rastlinski material (14 dni stare rastline)
- suh rastlinski material

Metoda dela:

Iz vsake rastlinske skupine sva naključno odbrala 15 rastlin in jih stehtala. Rastline sva pustila nekaj dni na zraku, da so se posušile in ponovno stehtala. Rastlino sva označila kot posušeno, kadar se njena masa ni spreminjala. To merjenje sva opravila na 14. dan od začetka gojenja, to je ko sva semena postavila v lončke. Izračunala sva razmerje med svežo in suho maso.



Slika 13: tehtanje rastlin redkvice

#### 4.1.4 Štetje listnih rež

Material:

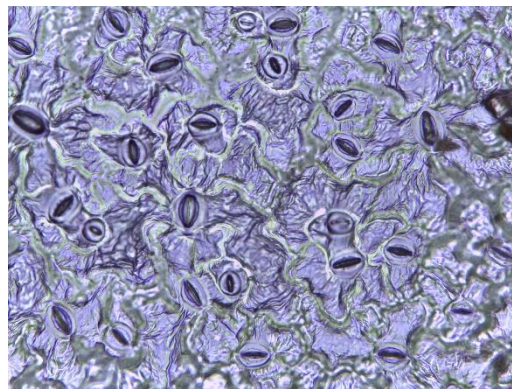
- prozorni kozmetični lak (Essence)
- mikroskop (Kolleg)
- milimetrski papir
- ravnilo
- pinceta
- objektno steklo

Metoda dela:

Odtrgala sva pet naključno izbranih listov iz vsake skupine rastlin in liste na spodnji strani namazala z prozornim lakom. Ko se je lak posušil, sva ga s pinceto previdno odstranila in namestila na objektno steklo. Preštela sva listne reže v vidnem polju velike povečave (400X). Na vsakem preparatu sva opravila tri štetja in nato izračunala povprečje ter s pomočjo podatka o premeru vidnega polja izračunala število listnih rež na mm<sup>2</sup> listne površine. Premer vidnega polja pa sva izmerila z milimetrskim papirjem.



Slika 14: priprava lista na mikroskopiranje



Slika 15: List redkvice pod mikroskopom

#### 4.1.5 Encimska aktivnost guaiakol peroksidaze

#### Material:

- spektrofotometer SpectroVis Plus, Vernier
- prenosni računalnik s programom LoggerPro3 (Asus),
- centrifuga (LC – 321; Tehtnica Železniki)
- čaše (50 ml),
- terilnica s pestilom,
- PVC-kivete za enkratno uporabo (Ratiolab),
- avtomatske pipete s pripadajočimi nastavki ( LLG Micropipette; 10 - 100  $\mu$ L, 100 - 1000  $\mu$ L, 1 - 10 mL),
- kalijev fosfatni pufer (pH 7),
- guaiakol (Sigma-Aldrich),
- 30% vodikov peroksid,
- aluminijasta folija,
- svež rastlinski material (12 dni stare rastline),
- destilirana voda.

#### Metoda dela:

Encimsko aktivnost guaiakol peroksidaze sva določala spektrofotometrično, metodo sva priredila po Konda (2012).

50 ml reagenčnega pufru, ki mora biti dnevno svež, sva pripravila iz 49,5 ml kalijevega fosfatnega pufru (pH 7), 0,5 ml guaiakola in 39  $\mu$ l 30% raztopine vodikovega peroksida.

Raztopino sva dobro premešala. Ker je vodikov peroksid občutljiv na svetlobo, sva stekleničko zavila v aluminijasto folijo. Reagenčni pufer sva do uporabe pustila na sobni temperaturi.

Za pripravo rastlinskega ekstrakta sva uporabila po 100 mg zamrznjenih listov rastlin. Material sva strla v hladni terilnici in dodala 1,5 ml 100 mM kalijevega fosfatnega pufru (pH 7). Homogenat smo prelili v pravilno označene mikroeprovete in jih nato 20 min centrifugirali pri 6.000 obratih/min. Supernatant smo odlili v nove označene mikroeprovete in jih postavili na led do nadaljnje uporabe.

Testno mešanico sva pripravila v kiveti iz 900  $\mu$ l reagenčnega pufru in 100  $\mu$ l izvlečka ene vrste rastline. Mešanico sva na hitro premešala in izmerila absorpcijo, pri tem sva pazila, da čas, od mešanja do meritve bil enak (20 sekund). Za umeritveni vzorec sva uporabila



destilirano vodo. Meritev je potekala 1 min s 5-sekundnimi intervali. Na krivulji sva določila najbolj linearen del in izmerila spremembo absorpcije v minuti.

Izračun encimske aktivnosti:  $EA = \frac{\Delta A/min}{\epsilon \times l}$

$\Delta A/min$  = sprememba absorpcije v eni minuti

$l$  = debelina kivete (1 cm)

$\epsilon$  = ekstinkcijski koeficient tetraguaiakola pri 470 nm = 26,6/mM×cm

#### 4.1.6 Merjenje vsebnosti klorofila v listih

Material:

- klorofilometer (SPAD – 502, Konica Minolta),
- svež rastlinski material (12 dni stare rastline).

Metoda dela:

Za merjenje vsebnosti klorofila sva uporabila klorofilometer, ki sva ga pred uporabo kalibrirala. Nato sva liste namestila v merilno glavo s senzorjem in izmerila za vsako skupino rastlin 20 meritev na različnih listih.

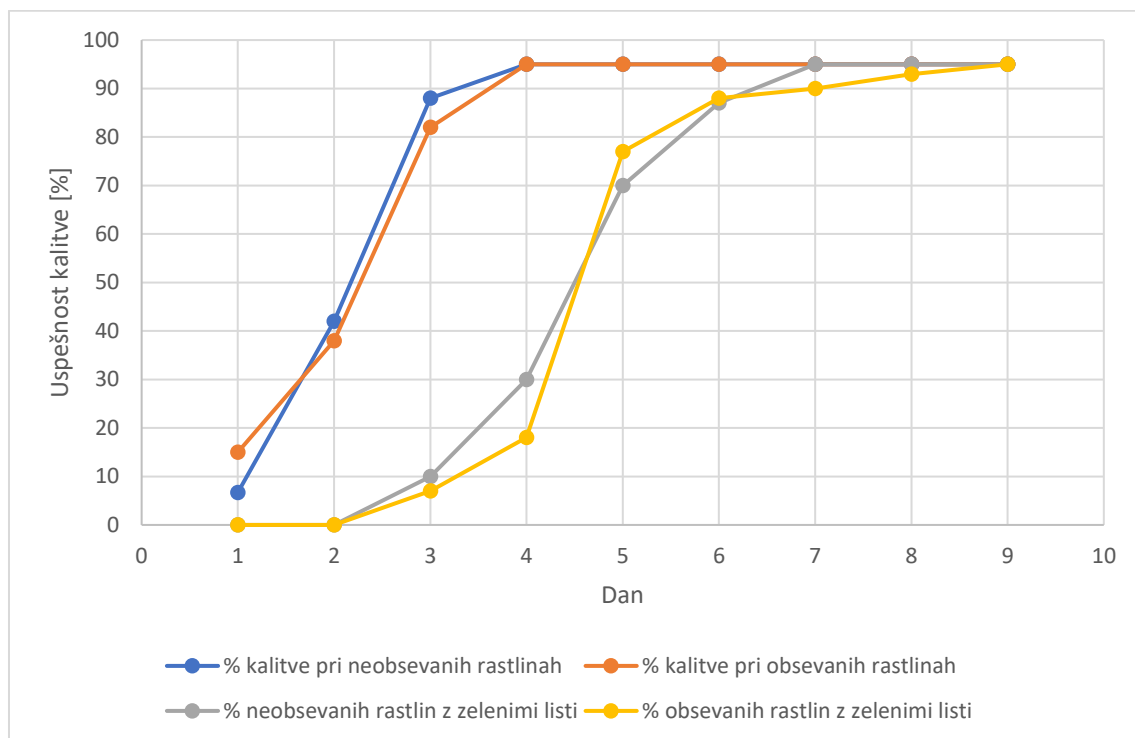


Slika 16: merilna glava klorofilometra s senzorjem

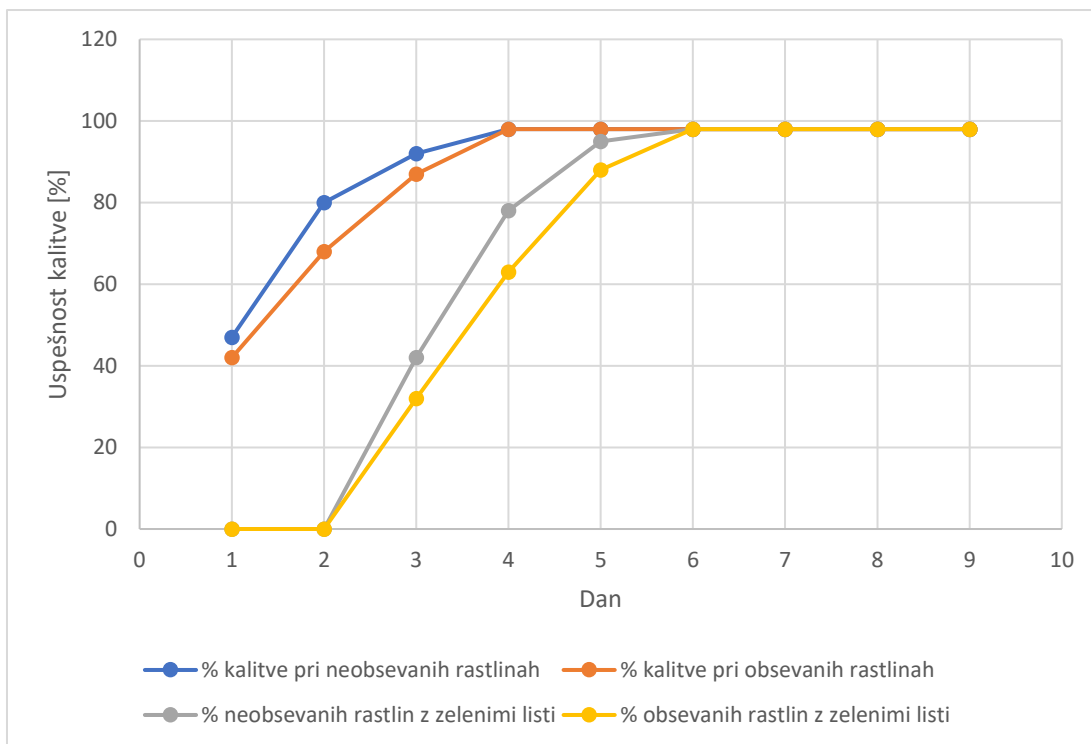
## 5.1 REZULTATI

### 5.1 Dinamika kalitve

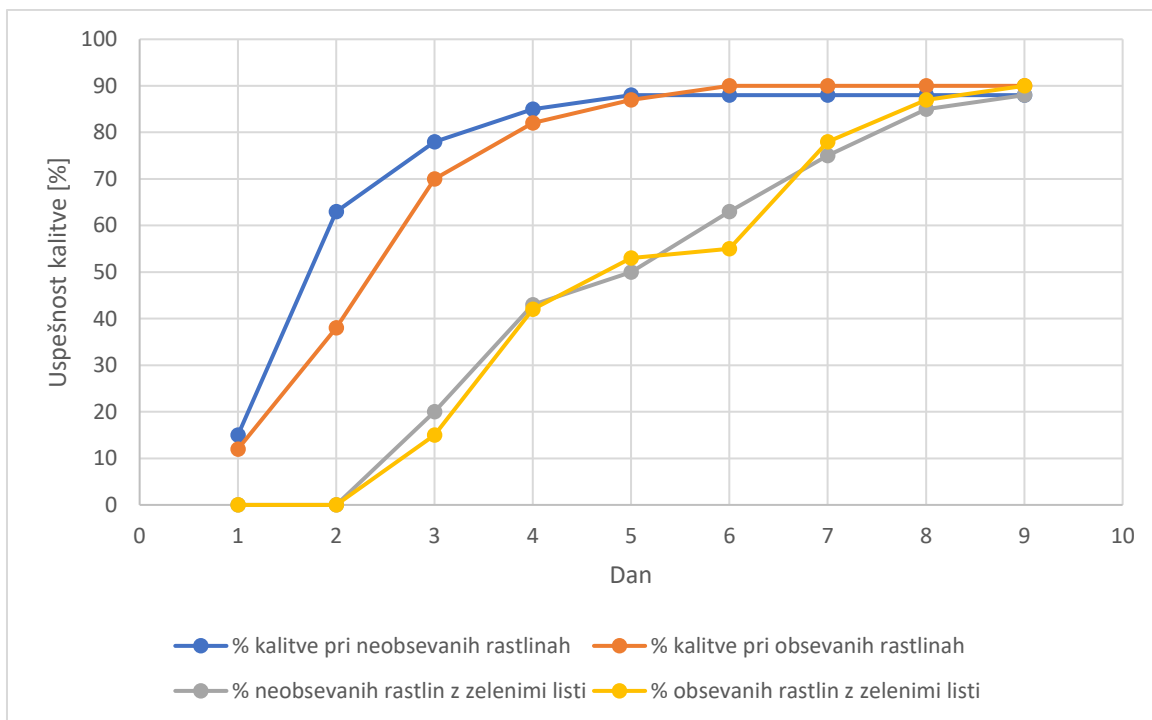
Uspešnost kalitve je bila pri vseh vrstah rastlin zelo visoka med obsevanimi in neobsevanimi rastlinami. Prav tako so vse rastline razvile liste.



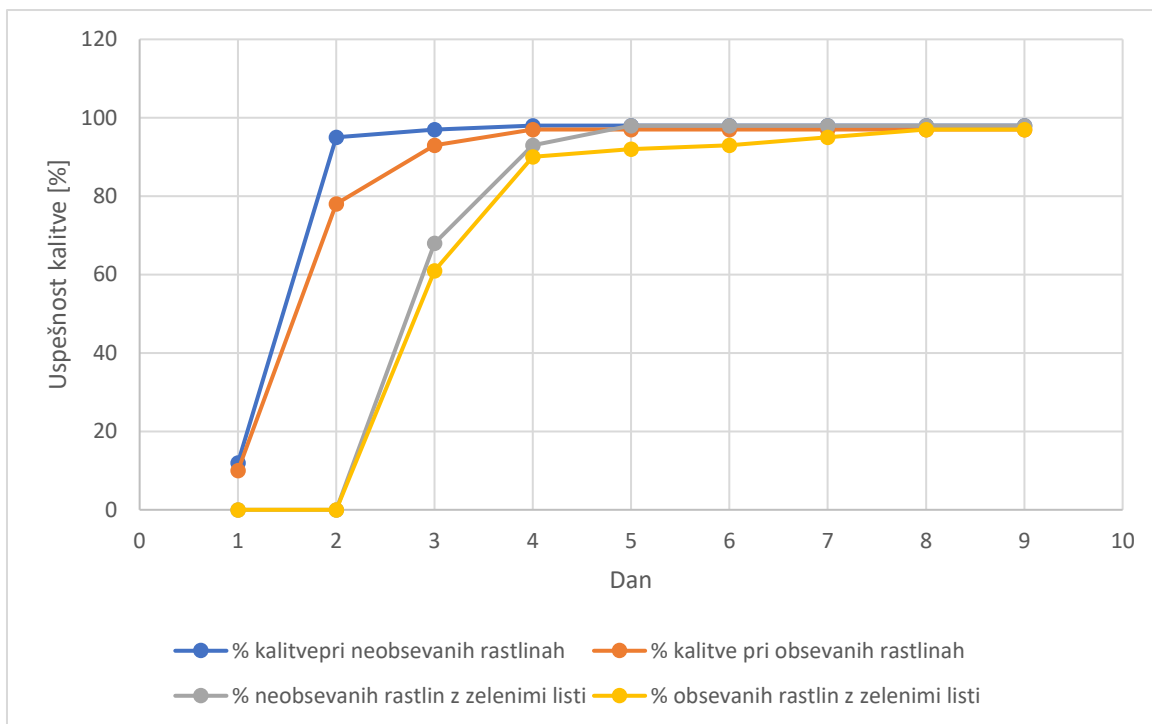
Graf 1: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah redkvice (*Raphanus sativus*)



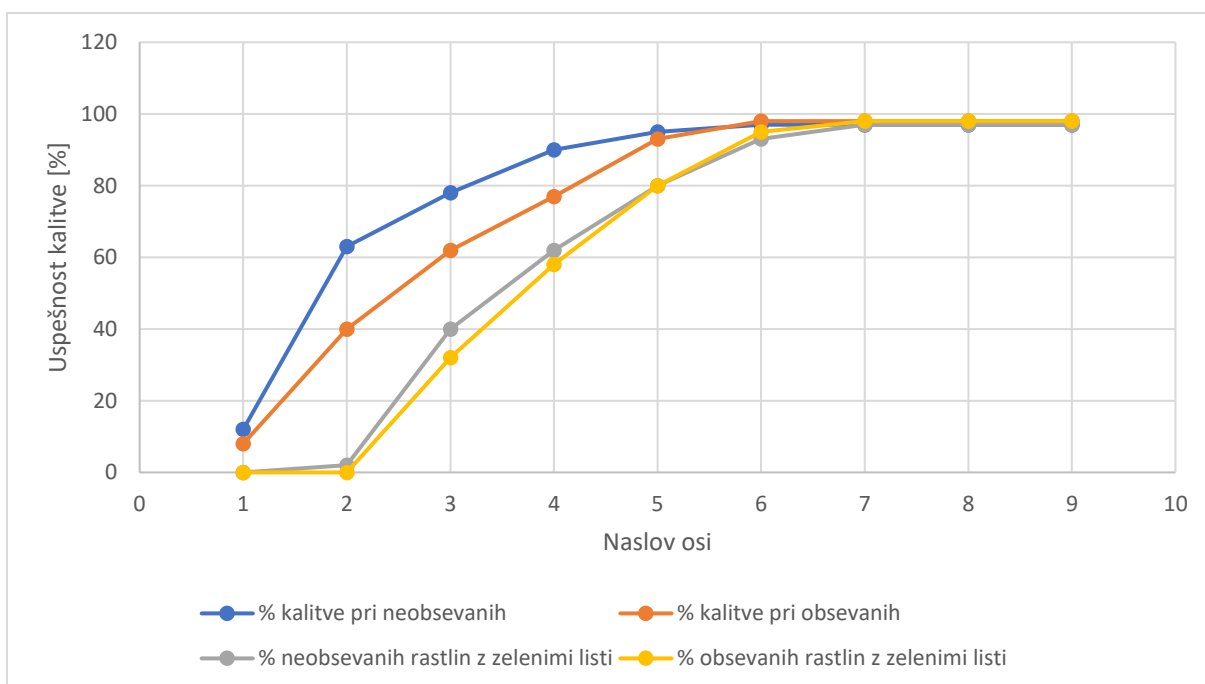
Graf 2: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah vrtna kreše (*Lepidium sativum*)



Graf 3: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah rukole (*Eruca vesicaria*)



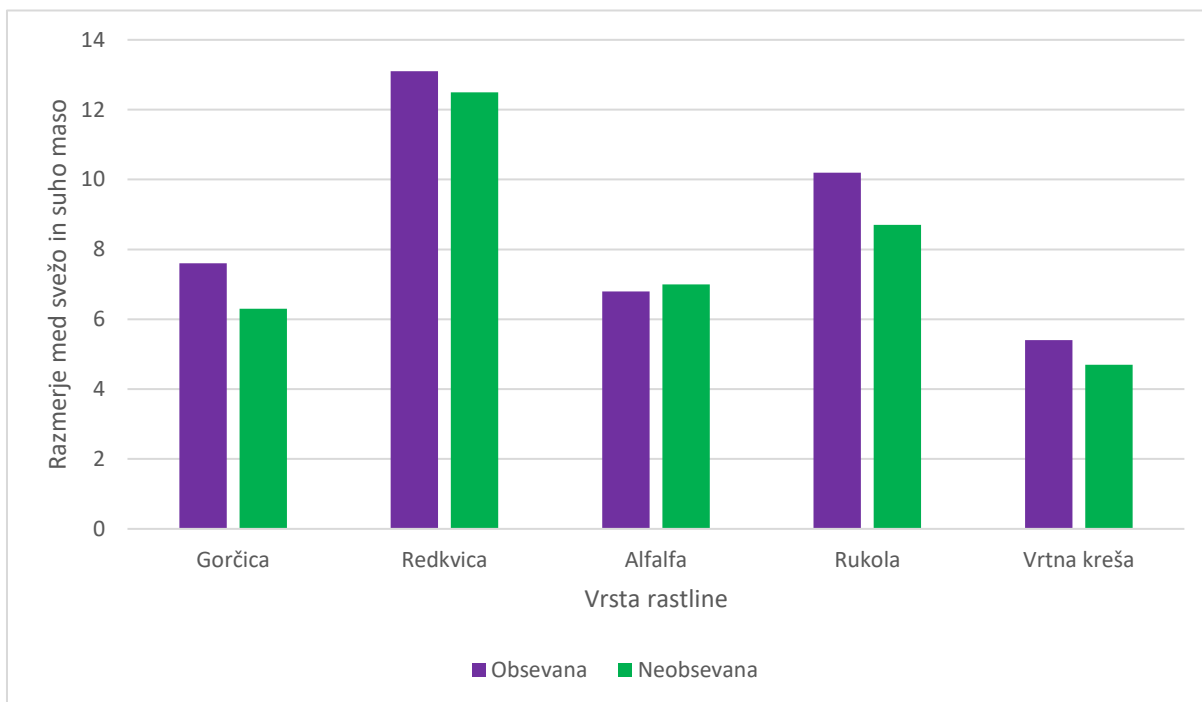
Graf 4: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah gorčice (*Brassica nigra*)



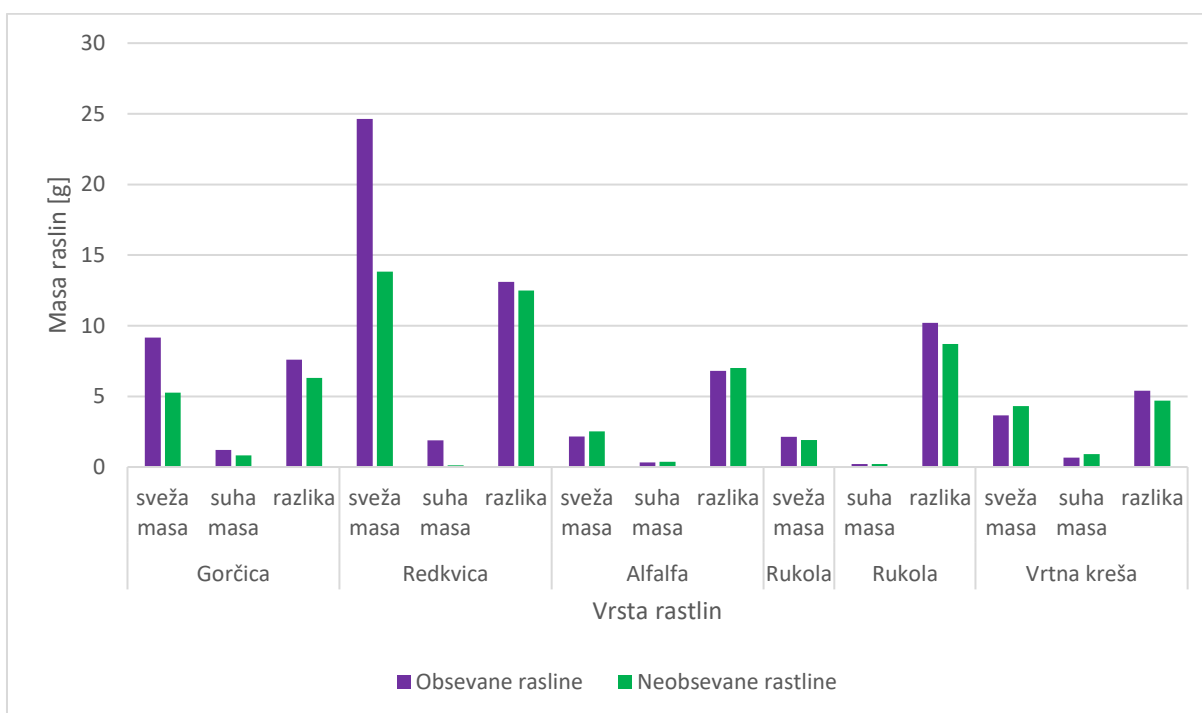
Graf 5: odstotek kaljenih semen in odstotek rastlin z razvitimi zelenimi listi pri obsevanih in neobsevanih rastlinah alfalfe (*Medicago sativa*)

## 5.2 Biomasa rastlin

Iz podatkov je razvidno, da so večje spremembe med suho in svežo prisotne pri rastlinah, ki so bile izpostavljene UV svetlobi. Pri redkvici, gorčici, vrtni kreši in rukoli je v eksperimentalni skupini večji koeficient spremembe od tistega v kontrolni. Pri alfalfi je večja sprememba pri neobsevanih rastlinah, je pa razlika najmanjša.



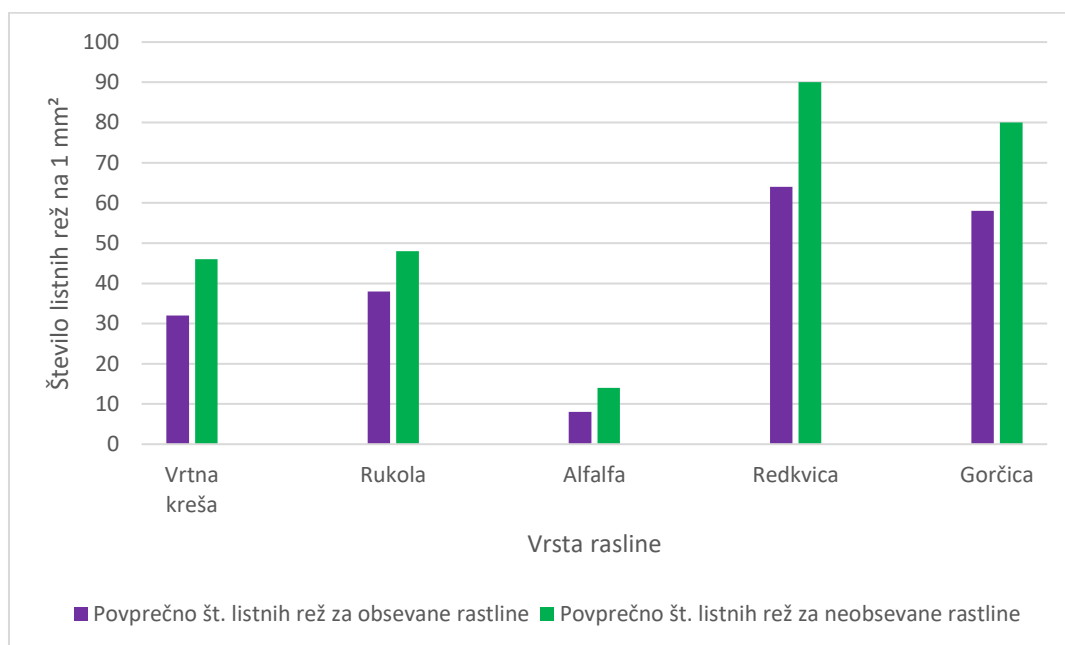
Graf 6: razmerje med svežo in suho maso obsevanih in neobsevanih rastlin



Graf 7: Sveža in suha masa rastlin ter razlika med njima

### 5.3 Število listnih rež

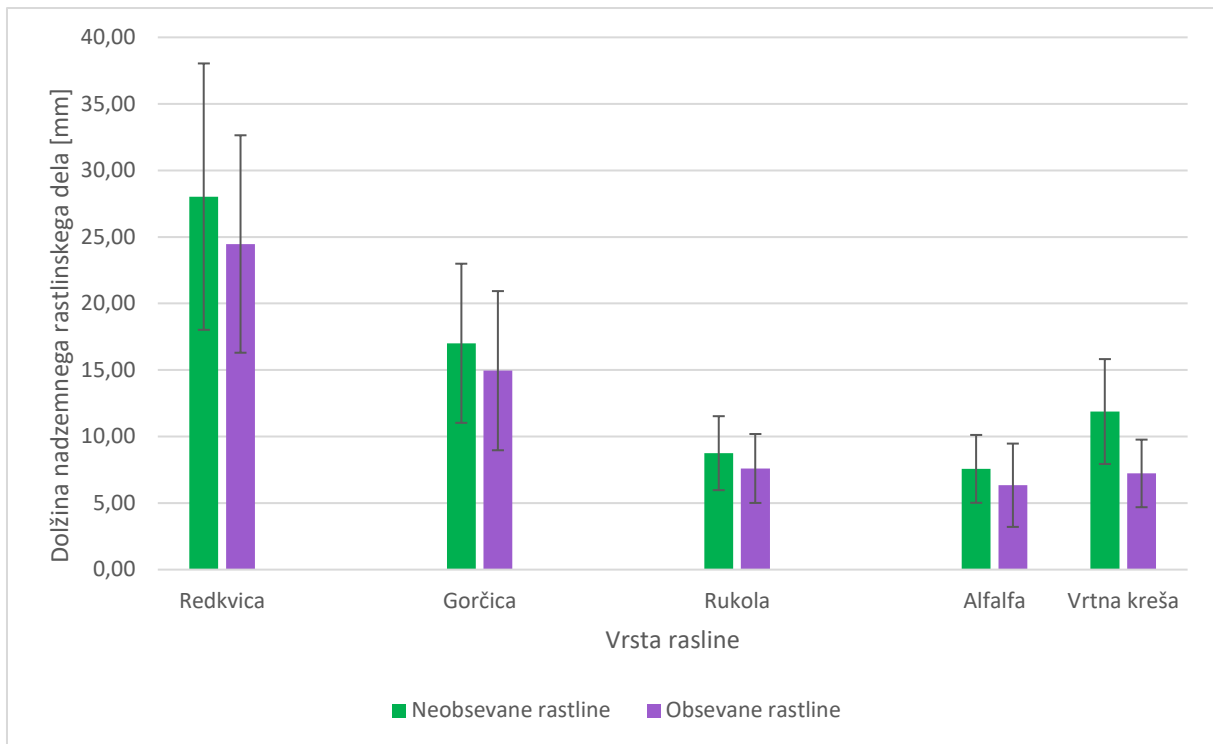
Kot je razvidno iz grafa, je število listnih rež pri vseh rastlinskih vrstah večje pri kontrolni, torej neobsevani skupini rastlin.



Graf 8: povprečno število listnih rež na mm<sup>2</sup>

### 5.4 Velikost nadzemnega rastlinskega dela

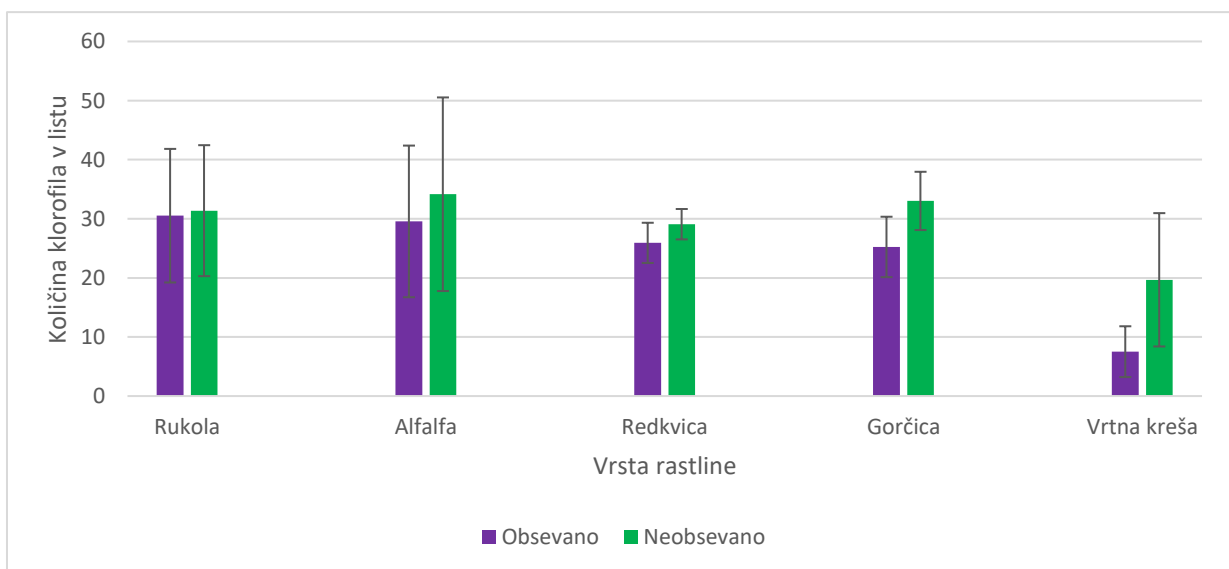
Pri vseh rastlinskih vrstah so v desetih dneh v povprečju višje zrasle rastline, ki niso bile obsevane z UV svetlobo. Standardni odklon je pri vseh vrstah precej velik, kar pomeni, da so bila pri vseh vrstah rastlin odstopanja od povprečja precej velika.



Graf 9: velikost nadzemnih delov rastlin po desetih dneh

## 5.5 Količina klorofila

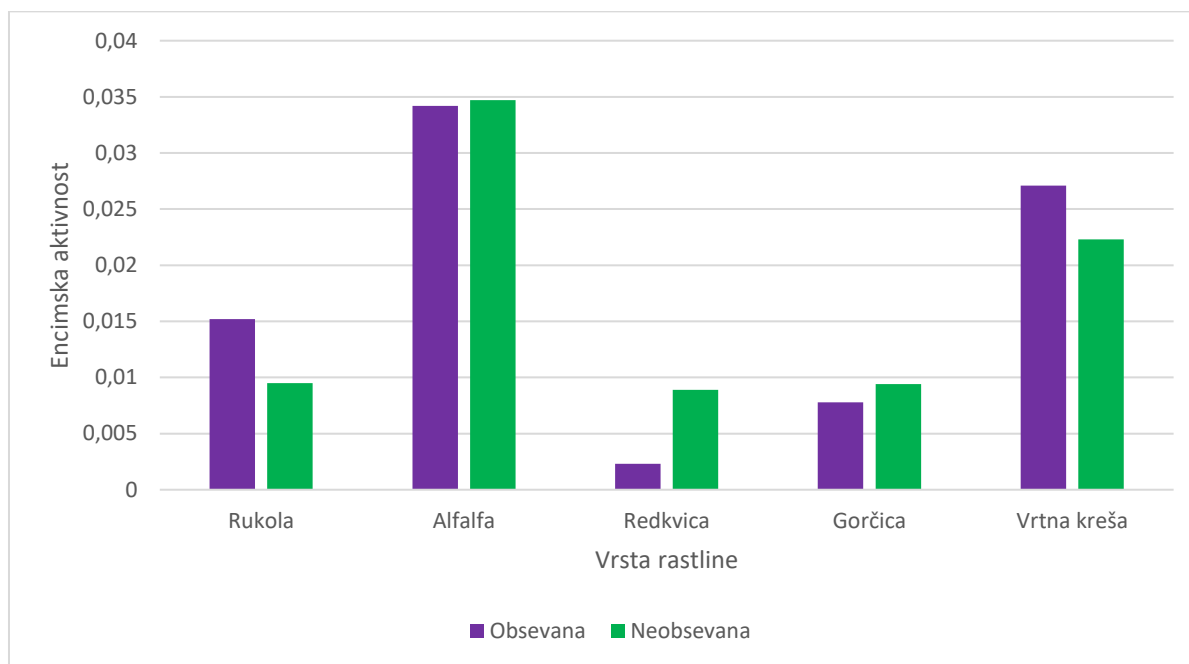
Rezultati so pokazali, da je pri vseh rastlinskih vrstah prišlo do zmanjšanja vsebnosti klorofila v listih.



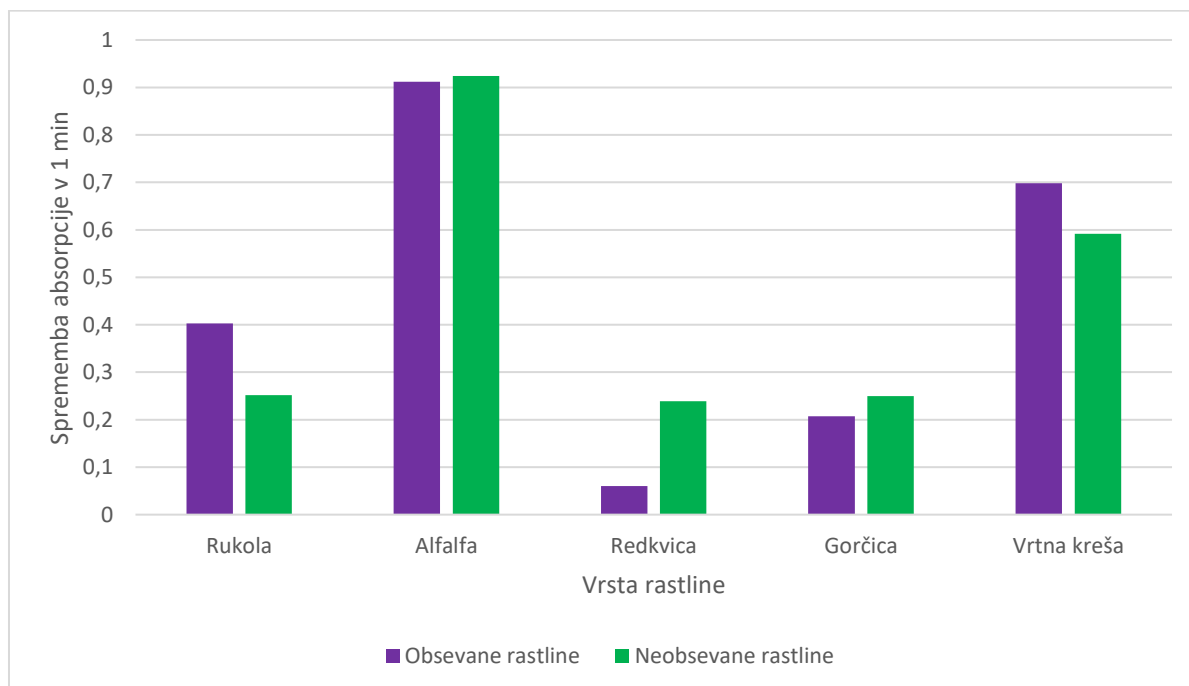
Graf 10: povprečna količina klorofila v listih obsevanih in neobsevanih rastlin

## 5.6 Encimska aktivnost guaiakol peroksidaze

Rezultati pri rukoli in vrtni kreši kažejo na povečanje encimske aktivnosti pri obsevanih rastlinah in na zmanjšanje pri redkvici, gorčici in alfalfi.



Graf 11: Encimska aktivnost guaiakol peroksidaze pri rastlinah



Graf 12: sprememba absorpcije rastlinskega ekstrakta v 1 min



## 5.7 Vidne spremembe listov

Pri rastlinah, ki so bile obsevane z UV žarki smo opazili različne spremembe na listnih površinah. Nekateri listi so imeli privihane in različno obarvane listne robove, drugi so imeli znake ožganin, nekateri pa celo spremenjeno obliko. Pri vseh obsevanih rastlinah se je spremenila barva listov, obarvale so se rumeno. Najbolj skrajni primer pa je bilo odmrtnje določene rastline. Vse te spremembe so bile prisotne samo pri eksperimentalnih skupinah.



*Slika 17: poškodba listov redkvice*



*Slika 18: porumenelost listov vrtna kreše*

## 6. RAZPRAVA

Pri vseh rastlinskih vrstah je tako pri obsevanih semenih kot pri kontroli po desetih dneh uspešno vzklilo in pognalo prve zelene liste večina semen. Odstotek kalitve je znašal od 88 – 98%. Vse rastlinice so v prvih desetih dneh tudi pognali prve zelene liste. Razlike v odstotku kalitve med obsevanimi in neobsevanimi rastlinami so minimalne. Iz rezultatov, ki prikazujejo dinamiko kalitve (graf 1 do 5), pa je v prvih dneh poskusa pri obsevanih semenih vseh obravnavanih rastlinskih vrst viden trend počasnejše kalitve, zato lahko sklepamo na rahel zaviralni učinek UV B sevanja. Razlike v času pojavljanja prvih zelenih listov med obsevanimi in neobsevanimi rastlinami so majhne in sklepamo, da niso pomembne.

Na podlagi najinih rezultatov prve hipoteze ne moreva potrditi. Razlike so premajhne in za bolj zanesljive rezultate in zaključke bi morali poskus ponoviti pod enakimi pogoji in z večjim številom semen. Rezultati drugih avtorjev kažejo na razlike pri vplivu UV B žarkov na kalitev različnih rastlinskih vrst. Raziskava S. S. Shaukata (2013), ki je preučeval vpliv UV-B svetlobe na vrsto fižola (*Vigna mungo*), je pokazali zaviralni učinek na kalitev, z izpostavljenostjo UV svetlobi je upadel odstotek uspešno vzklitih rastlin in tudi hitrost rasti je bila počasnejša. Noble (2002) pa poroča celo o pospeševalnem učinku UV B žarkov na kalitev ohrovta, zelja, redkvic in agave.

Manjša razlika med suho in svežo maso nakazuje na kvaliteto rastlin, saj imajo rastline v sebi manjši delež vode ter večjo hranilno vrednost. Naši rezultati kažejo (graf 6), da z UV B svetlobo obsevane rastline vseh obravnavanih vrst z izjemo lucerne vsebujejo večji odstotek vode v primerjavi s kontrolno skupino in s tem večje razmerje med svežo in suho težo.. Vzrok za to pripisujemo obsevanju z UV žarki, ki je zmanjšalo produkcijo organskih snovi v rastlini. V drugih raziskavah so prišli do zaključka, da obsevanje z UV svetlobo zmanjšuje količino reduktivnih sladkorjev in beljakovin v nekaterih rastlinah, kar bi lahko bil razlog za spremenjeno suho težo (Moghadam Tohidi, 2012).

Po desetih dneh osvetljevanja rastlin z UV svetlobo lahko vidimo manjše razlike v povprečni velikosti obsevanih in kontrolnih rastlin (graf 8). Rezultati kažejo na zmanjšano rast rastlin, ki so bile obsevane z UV B svetlobo. Vendar so razlike pri redkvici, gorčici, rukoli in alfalfi majhne in sklepamo, da niso pomembne. Veliko primerkov iz obsevane skupine je bilo večjih od povprečja neobsevane skupine pri vseh vrstah. Prav tako je bilo veliko primerkov iz neobsevane skupine manjših od povprečja obsevane skupine. Zato konkretniji podatkov v desetih dneh po kalitvi še nismo dobili. Da bi pri rastlinah dobili večje razlike v višini, bi morali rastline gojiti in spremljati dlje časa po pojavu prvih listov. Pri vrtni kreši pa so razlike večje. Rastline iz kontrolne skupine so v povprečju zrasle za 48% višje kot obsevane rastline. Kljub precej velikemu standardnemu odklonu skoraj noben izmed primerkov ene skupine ni dosegel ali presegel povprečja druge skupine. To lahko pripišemo hitrejši kalitvi in rasti kreše, saj začne UV svetlobe resnejše vplivati na rast šele po razvoju prvih listov. Pred tem rastlina ne potrebuje svetlobe, saj dobiva energijo in hrano za rast iz kalčka. Tudi rezultati drugih raziskav so pokazali primerljive rezultate. Rast je bila ob vplivu UV svetlobe praviloma zmanjšana, vendar

so se razlike pojavile šele čez nekaj časa (Zuk-Golaszewska, 2003; Kakani, 2003). V raziskavi, ki je bila narejena na različnih poljščinah, so prišli do ugotovitve, da je za razliko v višini prišlo predvsem zaradi zmanjšanih internodijev, ne manjšega števila le teh (Kakani, 2003).

Rezultati so pokazali (Graf 10), da je pri vseh rastlinskih vrstah prišlo do zmanjšanja vsebnosti klorofila v listih, saj naj bi prišlo pod vplivom UV žarkov do propada klorofila, kar se sklada tudi z ugotovitvami ostalih avtorjev (Kakani 2003, Salama 2011, Shaukat 2013)

Pri številu listnih rež lahko opazimo med obsevanimi rastlinami in kontrolo vidnejše razlike (graf 7). Pri vseh rastlinskih vrstah so imele obsevane rastline manjše število listnih rež kot kontrolna skupina rastlin. Odstopanja od povprečne vrednosti niso bila velika pri nobeni skupini rastlin, kar nakazuje na precej veliko zanesljivost podatkov in meritev v tej kategoriji. Glede vpliva UV svetlobe na število listnih rež poročajo tudi v nekaterih drugih raziskavah . Najine ugotovitve so v skladu z rezultati drugih raziskavami (Gitz, 2005), torej lahko iz tega zaključimo, da UV-B svetloba zmanjšuje število listnih rež na listih rastlin. Do zmanjšanja števila listnih rež naj bi prišlo zaradi direktnega vpliva UV žarkov na razvijajoče se strukture povrhnjice mladih listov, ki naj bi zaviralno vplivali na celične delitve celic epidermide (Gitz, 2005).

Pri merjenju encimske aktivnosti guaiakol peroksidaze so nama rezultati pokazali razlike med obravnavanimi vrstami rastlin (graf 10). Pri nekaterih rastlinah skoraj ni razlik, pri drugih so razlike med obsevanimi in neobsevanimi rastlinami velike. Pri rukoli in vrtni kreši se je encimska aktivnost z obsevanjem povečala, pri alfalfi, redkvici in gorčici pa zmanjšala. Največja razlika se je pokazala pri redkvici, pri alfalfi pa so bili rezultati skoraj enaki. Za natančnejše in bolj zanesljive rezultate bi morali poskus ob enakih pogojih večkrat ponoviti. Prav tako vpliva na natančnost rezultatov dejstvo, da zaradi pomanjkanja potrebne opreme nisva mogla zagotavljati potrebnih nizkih temperatur pri centrifugiranju in hranjenju rastlinskega vzorca, ki bi moral biti kar se da dolgo na 4°C. Vendar so tudi pri drugih raziskavah ugotovili, da je delovanje UV-B svetlobe na različne rastline odvisno od vrste rastline, ki se različno odzivajo na delovaje UV žarkov. Pri nekaterih rastlinah, kot je na primer kumarica, so namreč ugotovili povečanje encimske aktivnosti pri izpostavljenosti UV-B svetlobi (Rybus-Zajac, Kubiš, 2010). Prav tako se je z izpostavljenostjo UV-B svetlobi povečala encimska aktivnost v rastlini *Aeschynomene aspera* (Ramya, in Balakrishnan, 2013). Povsem nasprotno

so odkrili pri rastlini drobnjaka, kjer je bil viden upad encimske aktivnosti ob izpostavljenosti UV-B svetlobi (Egert in Tevini, 2003).

Kljub manjšim odstopanjem rezultati potrjujejo našo drugo hipotezo, saj smo potrdili zaviralni učinek UV svetlobe. Pri vseh obsevanih rastlinskih vrstah smo opazili vidne spremembe in poškodbe listov, zmanjšanje števila listnih rež in zmanjšano vsebnost klorofila. Večje je tudi razmerje med svežo in suho maso rastlin, trend se kaže tudi pri zmanjšanju velikosti rastlin, za katerega predvidevamo, da bi se bolj izrazil, če bi poskus podaljšali.

Pri tej raziskovalni nalogi sva naletela na nekaj težav in omejitev, ki so doprinesle k manjši zanesljivosti rezultatov. Zaradi trenutne epidemiološke situacije v Sloveniji in posledično šolanja od doma, sva morala vzgajanje rastlin in večino meritev narediti doma, kjer nisva imela vse potrebne opreme in optimalnih pogojev in prostora za delo. Prav tako sva morala za meritve, ki jih nisva mogla opraviti doma, torej merjenje encimske aktivnosti, tehtanje in merjenje vsebnosti klorofila, počakati na odprtje šol in šolskega laboratorija. Ker sva za merjenje potrebovala tudi svež rastlinski material, vseh meritev nismo opravili na isto starih rastlinah. Prav tako nisva mogla opraviti vseh meritev, ki sva si jih zadala na začetku. To so določanje količine reduktivnih sladkorjev, vitamina C in količine beljakovin.

Primerneje bi bilo, če bi rastline gojila v prostoru, ki je malo obiskan, ima stalno relativno zračno vlago in temperaturo.

Prav tako bi morali poskus narediti na večjem številu primerkov in podaljšati čas poskusa, da bi rastline zrasle do končne velikosti. Rastline bi lahko razdelili v več skupin, ki bi jih obsevali z različnimi intervali (10, 20, 30 min).

Pri merjenju encimske aktivnosti bi morali za natančnejše rezultate poskus ponoviti večkrat in upoštevati priporočeno temperaturo pri centrifugiranju in hranjenju rastlinskega ekstrakta.

## **7. ZAKLJUČEK**

Z raziskovalno nalogo sva raziskovala vpliv UV-B svetlobe na kalitev in zgodnjo rast rastlin. Na podlagi rezultatov lahko zaključiva, da ima UV-B svetloba na rast rastlin vpliv vendar vsaj v začetnih fazah rasti ne velikega. Prav tako ne učinkuje na vse dele rastline enako. Največji

vpliv ima na liste rastlin, kar je razumljivo, saj prav listi uporabljajo največ svetlobe za fotosintezo in imajo največjo površino. Če bi eksperiment potekal dlje časa in bi pustili rastline, da zrastejo, bi bile razlike verjetno večje.

Najine podatke sva težko primerjala z podatki drugih raziskav, saj je bila velika večina drugih raziskav narejenih na drugih rastlinskih vrstah, ki lahko na UV-B sevanje reagirajo drugače.

## **8. DRUŽBENA ODGOVORNOST**

Tanjšanje ozonske plasti predstavlja enega izmed pomembnih okoljskih problemov moderne dobe in vpliva predvsem na vse kopenske organizme, ki so zaradi tega izpostavljeni večjim količinam nevarnega visokoenergijskega UV B sevanja. Zato moramo narediti vse, kar je v naši moči, da ustavimo tanjšanje ozonske plasti. Vsak lahko prispeva svoj delež.

Prav iz tega razloga sva se odločila za to raziskovalno delo, ki potrjuje, da so UV žarki, ki jih v veliki meri zaustavlja prav ozon v ozračju, škodljivi.

UV sevanje povezuje večina le s pojavom kožnega raka pri človeku. Zdi se nama, da se o škodljivih posledicah UV sevanja na druge organizme govori in ozavešča premalo, kar bi bilo potrebno spremeniti. Upava, da sva s to raziskovalno nalogo vsaj malo prispevala k boljšemu poznavanju te tematike tudi midva.

## 9. VIRI

Gitz Dennis C., Lan Liu-Gitz , Steven J. Britz , Joe H. Sullivan, Ultraviolet-B effects on stomatal density, water-use efficiency, and stable carbon isotope discrimination in four glasshouse-grown soybean (*Glycine max*) cultivars, 2005, *Environmental and Experimental Botany*, številka 53, stran 343 – 355

Konda, D., 2012. Biološka aktivnost ekstraktov zlate rozge (*Solidago spp.*), str. 21. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo 35–40

Kralj, M., Mele, I., Železnik, N. (2003). Oh, to sevanje!. *Presek*, letnik 30, številka 5, stran 261-266 (dostopno na: <http://www.presek.si/30/1524-Mele-Kralj-Zeleznik.pdf>)

Magdalena Rybus-Zajac, Jan Kubiš, Effect of UV-B radiation on antioxidative enzyme activity in cucumber cotyledons (2010), *Acta Biologica Cracoviensia*, številka 52, stran 97-102, dostopno na: [https://journals.pan.pl/Content/81711/PDF/abc52\\_2\\_14.pdf](https://journals.pan.pl/Content/81711/PDF/abc52_2_14.pdf).

M. Egert, M. Tevini, Influence of ultraviolet-B radiation on peroxidase activity of *Allium schoenoprasum* leaves (2003), *Biologia Plantarum*, številka 47, stran 265-267, dostopno na: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/B:BIOP.0000022262.31314.79.pdf>.

Salama Hediat M.H., Ahlam A. Al Watban, Anoud T. Al-Fughom, Effect of ultraviolet radiation on chlorophyll, carotenoid, protein and proline contents of some annual desert plants, *Saudi J Biol Sci.* 2011, Jan; 18(1): 79-86, dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3730951/>.

Sharma P, Jha AB, Dubey RS, Pessarakli M., Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions (2012), *Journal of Botany* (2012), ID članka: 217037.

S.Ramya, V.Balakrishnan, Impacts of ultraviolet-B radiation on Antioxidant defense system in *Aeschynomene aspera* L. (2013), *Research in Plant Biology*, številka 3 (3), stran 37-42, dostopno na: <https://core.ac.uk/download/pdf/236013564.pdf>.

Syed Shahid Shaukat, Muhammad Afzal Farooq, Muhammad Faheem Siddiqui, Shahar Zaidi, (2013), Effect of enhanced UV-B radiation on germination, seedling growth and biochemical responses of *Vigna mungo* (L.) Hepper, *Pakistan Journal of Botany*, številka 45, stran 779-785.

Süß, A., Danner, M., Obster, C., Locherer, M., Hank, T., Richter, K. (2015): Measuring Leaf Chlorophyll Content with the Konica Minolta SPAD-502Plus – Theory, Measurement, Problems, Interpretation. EnMAP Field Guides Technical Report, GFZ Data Services.

Dostopno na: <http://doi.org/10.2312/enmap.2015.010>.

V.G. Kakani, K.R. Reddy, D. Zhao, K. Sailaja, (2003). Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review, Agricultural and Forest Meteorology, številka 120, stran 191 – 218 (dostopno na [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))

Vse o sevanju, kar ne veste, pa bi želeli. (2006). Raopis, časopis Agencije za radioaktivne odpadke. Številka 14.

ZUK-GOLASZEWSKA K., UPADHYAYA M.K., GOLASZEWSKI J. (2003) The effect of UV-B radiation on plant growth and development. Številka: 49, stran: 135-140.

## 9.1 Elektronski viri

*Britannica Library*, "Ionizing radiation." Encyclopædia Britannica, 12.9.2019. [library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/ionizing-radiation/627499](http://library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/ionizing-radiation/627499). datum dostopa: 20.12.2020.

*Britannica Library*, "Plant." ,Encyclopædia Britannica, 22.2.2018. [library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/plant/108554](http://library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/plant/108554), datum dostopa: 3.2.2021.

*Britannica Library*, "Ultraviolet radiation." Encyclopædia Britannica, 18. 3. 2020. [library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/ultraviolet-radiation/74181](http://library-eb-co-uk.evirii.ook.sik.si/levels/adult/article/ultraviolet-radiation/74181). datum dostopa: 3.1. 2021.

GABERSČIK, A., JANSEN M., JONES A. (2014). All you wanted to know about UV radiation and plants, dostopno na: <http://www.uv4plants.org/wp-content/uploads/2014/10/UV-web-opt.pdf> (datum dostopa: 5.12.2020)

MOGHADAM TOHIDI H.R., GHOOSHCHI F., ZAHEDI H., (2012) Effect of UV radiation and elevated CO<sub>2</sub> on physiological attributes of canola (*Brassica napus* L.) grown under water stress, dostopno na: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12042>, datum dostopa: 28.3.2021

United States Department of Agriculture, *Brassica nigra* (L.), dostopno na:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=BRNI> (datum dostopa: 20.1.2021).

United States Department of Agriculture, *Eruca vesicaria* (L.) Cav., dostopno na:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=ERVE5> (datum dostopa: 20.1.2021).

United States Department of Agriculture, *Lepidium sativum* L., dostopno na:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=LESA2> (datum dostopa: 22.1.2021).

United States Department of Agriculture, *Medicago sativa* L., dostopno na:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=MESA> (datum dostopa: 22.1.2021).

United States Department of Agriculture, *Raphanus sativus* L., dostopno na:  
<https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=RASA2> (datum dostopa: 23.1.2021).



## Priloge:

Dan, datum	1. Dan	2. Dan	3. Dan	4. Dan	5. Dan	6. Dan	7. Dan	8. Dan	9. Dan
Število kaljenih pri neobsevanih rastlinah	4	25	53	57	57	57	57	57	57
Število kaljenih pri obsevanih rastlinah	9	23	49	56	57	57	57	57	57
Število neobsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	6	18	42	52	57	57	57
Število obsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	4	11	46	53	54	56	57

Preglednica 1: Dinamika kalitve redkvice, pojav zelenih listov za prvih devet dni (od 30.12.2020 do 8.1.2021).

Dan, datum	1. Dan	2. Dan	3. Dan	4. Dan	5. Dan	6. Dan	7. Dan	8. Dan	9. Dan
Število kaljenih pri neobsevanih rastlinah	7	57	58	59	59	59	59	59	59
Število kaljenih pri obsevanih rastlinah	6	47	56	58	58	58	58	58	58
Število neobsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	41	56	59	59	59	59	59
Število obsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	37	54	55	56	57	58	58

Preglednica 2: Dinamika kalitve gorčice, pojav zelenih listov za prvih devet dni (od 30.12.2020 do 8.1.2021).

Dan, datum	1. Dan	2. Dan	3. Dan	4. Dan	5. Dan	6. Dan	7. Dan	8. Dan	9. Dan
Število kaljenih pri neobsevanih rastlinah	9	38	47	51	53	53	53	53	53
Število kaljenih pri obsevanih rastlinah	7	23	42	49	52	54	54	54	54
Število neobsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	12	26	30	38	45	51	53
Število obsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	9	25	32	33	47	52	54

Preglednica 3: Dinamika kalitve rukole, pojav zelenih listov za prvih devet dni (26.1.2021 do 4.2.2021).

Dan, datum	1. Dan	2. Dan	3. Dan	4. Dan	5. Dan	6. Dan	7. Dan	8. Dan	9. Dan
Število kaljenih pri neobsevanih rastlinah	7	38	47	54	57	58	58	58	58
Število kaljenih pri obsevanih rastlinah	5	24	37	46	56	59	59	59	59
Število neobsevanih rastlin z zelenimi listi	0	1	24	37	48	56	58	58	58
Število obsevanih rastlin z zelenimi listi	0	0	19	35	48	57	59	59	59

Preglednica 4: Dinamika kalitve alfalfe (lucerne), pojav zelenih listov za prvih devet dni (26.1.2021 do 4.2.2021).