



OŠ dr. Janeza Mencingerja Bohinjska Bistrica
Savska cesta 10
4264 Boh. Bistrica

VPLIV RAZLIČNIH BARVNIH FOLIJ NA RAST VRTNE KREŠE

Raziskovalna naloga
Področje: biologija

Avtorice: Iva KRKOČ
Karmen MLAKAR
Jera STANOVNIK

Mentorica: Barbara VEVAR, prof. biologije in gospodinjstva

Bohinjska Bistrica, marec 2021

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujemo Luku Praprotniku s Pedagoške fakultete v Ljubljani, ki je s spektrometrom izmeril prepustnost naših folij, Mariji Heleni Logar, ki je jezikovno pregledala našo raziskovalno nalogo, Jani Krkoč, ki nam je pomagala pri sajenju rastlin in meritvah. Najbolj pa se zahvaljujemo mentorici Barbari Vevar, ki nas je vodila skozi naše delo, nas spodbujala pri delu, tudi ko nismo videle uspeha, in nam je bila pripravljena pomagati ob vsakem času.

I KAZALO

ZAHVALA	II
III KAZALO TABEL	IV
POVZETEK	1
ABSTRACT	2
1 UVOD	3
2 TEORETIČNI DEL	5
2.1 Svetloba in valovne dolžine svetlobe	5
2.2 Rast in razvoj rastlin	5
2.3 Fotosinteza	6
2.3.1 Kloroplasti	6
2.3.2 Fotosintezna barvila	7
2.4 Učinki različnih spektrov svetlobe na rast rastlin	8
2.4.1 Fotoreceptorji	9
2.4.2 Svetlobni filtri	10
2.5 Spektrometer	10
3 EKSPERIMENTALNI DEL	11
3.1 METODOLOGIJA	11
3.1.1 Nastavitev poskusa s črnimi lončki	11
3.1.2 Nastavitev poskusa s prozornimi kozarci	11
3.1.3 Opis vzorca raziskave	13
3.1.4 Opis merskega instrumenta	13
3.1.5 Svetlobna prepustnost folij	14
3.1.6 Opis postopka zbiranja podatkov	20
3.1.7 Obdelava podatkov	20
3.2 REZULTATI	20
3.2.1 Analiza rezultatov poskusa s črnimi lončki	20
3.2.2 Analiza rezultatov poskusa s prozornimi kozarci	24
4 RAZPRAVA	31
5 ZAKLJUČEK IN SKLEPI	32
6 VIRI IN LITERATURA	33
7 PRILOGE	35
7.1 PRILOGA 1: Rast rastlin v temnih lončkih	35
7.2 PRILOGA 2: Povprečne vrednosti meritev rasti poganjkov	36

II KAZALO SLIK IN GRAFOV

<i>Slika 1: Spekter poenostavljenega elektromagnetnega valovanja</i>	5
<i>Slika 2: Potek fotosinteze v rastlinah</i>	6
<i>Slika 3: Zgradba kloroplasta</i>	7
<i>Slika 4: Absorpcijski spekter klorofila a in klorofila b)</i>	7
<i>Slika 5: Absorpcijski spekter beta-karotena</i>	8
<i>Slika 6 : a) Rast rastlin v temi in b) na svetlobi</i>	9
<i>Slika 7: V poskusih uporabljene barvne folije</i>	11
<i>Slika 8: Nastavitev prvega poskusa doma</i>	11
<i>Slika 9: Izdelava oblek iz folij za kozarce</i>	12
<i>Slika 10: Lepljenje pokrovov na tulce</i>	12
<i>Slika 11: Na okenski polici postavljen poskus)</i>	13
<i>Slika 12: Vrtna kreša)</i>	13
<i>Slika 13: a) Uporabljeni spektrometer, b) program Šolski spektrometer</i>	14
<i>Slika 14: Merjenje rastlin na fotografijah s pomočjo vrvice</i>	14
<i>Slika 15: Prepustnost rdeče folije</i>	15
<i>Slika 16: Prepustnost modre folije</i>	16
<i>Slika 17: Prepustnost rumene folije</i>	17
<i>Slika 18: Prepustnost modrozeleno folije</i>	18
<i>Slika 19: Prepustnost vijolične folije</i>	19
<i>Slika 20: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem s prozorno folijo</i>	21
<i>Slika 21: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z rdečo folijo</i>	21
<i>Slika 22: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z modro folijo</i>	21
<i>Slika 23: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z rumeno folijo</i>	22
<i>Slika 24: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z modrozeleno folijo</i>	22
<i>Slika 25: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z vijolično folijo</i>	23
<i>Slika 26: Rastline vrtno kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z zvezkom</i>	23
<i>Slika 27: Rast vrtno kreše pod različnimi folijami</i>	24
<i>Slika 28: Rastline kreše v kozarcu brez folije</i>	24
<i>Slika 29: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z modro folijo</i>	24
<i>Slika 30: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z rdečo folijo</i>	24
<i>Slika 31: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z vijolično folijo</i>	25
<i>Slika 32: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z modrozeleno folijo</i>	25
<i>Slika 33: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z rumeno folijo</i>	25
<i>Slika 34: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku brez folije (kontrolni lonček)</i>	25
<i>Slika 35: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z modro folijo</i>	26
<i>Slika 36: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z rdečo folijo</i>	26
<i>Slika 37: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z vijolično folijo</i>	27
<i>Slika 38: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z modrozeleno folijo</i>	27
<i>Slika 39: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z rumeno folijo</i>	28
<i>Slika 40: Povprečna višina poganjkov rastlin, izpostavljenih različnim folijam v cm</i>	29
<i>Slika 41: Povprečna dolžina korenin rastlin, izpostavljenih različnim folijam v cm</i>	30
<i>Slika 42: Povprečna višina celotnih rastlin v cm</i>	30
<i>Slika 43: Izgled rastlin, ki so rastle v črnih lončkih, pokritih z ustrezno folijo.</i>	35

III KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Rast poganjkov vrtno kreše pod različnimi folijami v mm</i>	36
--	----

POVZETEK

Ko gojimo rastline v notranjih prostorih, pogosto lahko opazimo, da postanejo podaljšane, s slabo razvitimi listi in krhkimi stebli. Z raziskovalno nalogo smo želele raziskati vzroke za pojav etiolacije pri gojenih rastlinah. O tem smo veliko izvedele že v virih in kot glavni vzrok prepoznale pomanjkanje svetlobe. Spoznale smo, da je svetloba sestavljena iz več barvnih spektrov, in smo nato želele ugotoviti, ali lahko po rasti in razvoju rastlin vrtno kreše ugotovimo, katerega spektra svetlobe ji primanjkuje. Zanimalo nas je, kakšen je vpliv barvnih filtrov, ki prepuščajo le določene spektre svetlobe, na rast in razvoj rastlin. S tem namenom smo zastavile dva poskusa. S prvim poskusom smo ugotovile, da rastline za kalitev ne potrebujejo svetlobe. Rastline so v temi vzklile in pričele rasti, vendar so bile krhke, podaljšane, ukrivljene, s kratkimi in krhkimi koreninami. Rastline, ki jim je svetlobe primanjkovalo, so slabo razvile liste; ti so bili svetlo zelene barve, kar nakazuje na to, da se klorofil ne tvori v enaki meri kot pri rastlinah, ki rastejo na vidni svetlobi. Ker so bile rastline pri prvem poskusu le z vrha osvetljene, so vse razvile zelo podaljšana stebila in kratke korenine. Ker smo slutile, da je omejitev našega poskusa prav v tem, da je vsem rastlinam primanjkovalo svetlobe, smo zastavile še drugi poskus, v katerem smo rastline posadile v steklene kozarce. Pri tem poskusu so imele visoke poganjke rastline, ki so rasle pod zeleno, vijoličasto in modro folijo. Vsem tem folijam smo izmerile pomanjkanje kratkovalovne rdeče svetlobe, ki je ključna za proces fotosinteze in tvorbo klorofila v rastlini. Glede na rezultate raziskave nismo mogle natančno ugotoviti, katerega spektra svetlobe je rastlinam primanjkovalo, saj so bili uporabljeni filtri preblizu vidnemu spektru svetlobe. V nadaljevanju bi lahko uporabile filtre, ki prepuščajo zeleni spekter svetlobe in bi tako prišle do natančnejših rezultatov.

Ključne besede: svetlobni spekter, vrtna kreša, rast rastlin, svetloba

ABSTRACT

When we're growing plants indoors, we can often notice, that they become tall, with poorly developed leaves and a fragile stem. With this research, we wanted to examine the cause for this etiolation of indoor plants. We learned a lot from researching and found out that the main cause of this is lack of sunlight. We learned that the visible spectrum of light is built from many spectres and we wanted to find out if we can, by only observing the growth and development of the garden cress, determine, which spectrum of light is it missing. We were interested in the influence of colour filters, that let through only certain spectres of light, on the growth and development of plants. So we constructed two experiments. With the first one we learned that plants don't need light to germinate. Plants that were planted in complete darkness germinated and started growing, but they were fragile, extended, bend, with short and fragile roots. Plants that were lacking in sunlight developed weak leaves, that were in light green colour, which shows that the chlorophyll was not formed in the same quantity as in plants that were grown in visible sunlight. Because the plants from the first experiment only got light from the top of the otherwise black cup, they all developed extremely elongated stems and short roots. Because we were thought that the limitation in our experiment was that all of the plants were lacking in sunlight we constructed another experiment in which we planted the garden cress in glass jars. Here the tall sprouts were in the glass covered in green, purple and blue foil. All the foils were later proven to be lacking in red spectrum of light, which is the key in producing chlorophyll. Based on our results we couldn't conclude, which spectrum of light the plants were missing, all of the used filters let through too much spectres of visible light. Next time we could use filters, that let through only a certain spectrum of light, that way we would get more precise results

Key words: light spectrum, garden cress, plant growth, light

1 UVOD

V pogovoru s starši in prek dokumentarnega filma smo izvedele, da rastline potrebujejo za uspešno rast svetlobo določene valovne dolžine, ne pa vse vidne svetlobe, ter da rastline zaradi svetlobe v mestih rastejo drugače kot na vasi. Ker se nam je zdelo to področje zelo zanimivo, smo ga želele podrobneje raziskati.

Svetloba je sestavljena iz različnih valovnih dolžin. Različni spektri svetlobe različno vplivajo na rast rastlin. Zanimalo nas je, katera valovna dolžina svetlobe je za rast in razvoj rastlin najugodnejša. Zanimalo nas je tudi, kako svetloba različnih valovnih dolžin vpliva na rast rastlin in ali lahko iz rasti rastline spoznamo, katerim valovnim dolžinam svetlobe so bile rastline v času rasti izpostavljene. Pri pripravah na raziskovalno delo smo na spletu našle diplomsko delo Nataše Šterman (2013), ki nam je bilo v pomoč pri pripravi naše raziskovalne naloge. Njeno delo smo želele nadgraditi z barvno in opisno lestvico, s pomočjo katere bi gojitelji rastlin lažje prepoznavali, katerega svetlobnega spektra rastlinam manjka in se zato ne razvijajo, kot bi se morale. Barvno in opisno lestvico smo nato želele preizkusiti še v praksi.

Poskus smo zasnovali, tako da smo pripravile sedem lončkov in vsakega napolnile z enako zemljo. Vsak lonček smo pokrile s folijo določene barve (rumena, modra, zelena, rdeča, vijolična, prozorna in črna/temna). S tem smo želele izpostaviti rastline določenim barvnim spektrom svetlobe. V prvem poskusu smo za raziskovalno rastlino izbrale oves, a nam ta poskus ni uspel, zato smo poskus še dvakrat ponovile z vrtno krešo. Tokrat smo bile uspešnejše in prišle smo do natančnejših rezultatov. V nadaljevanju te raziskovalne naloge predstavljamo, kako smo poskusa pripravile in kako smo pridobile podatke. Na koncu predstavljamo pridobljene rezultate in podajamo ugotovitve na podlagi raziskovalnih vprašanj, ki smo si jih zastavile na začetku našega raziskovalnega dela.

Raziskovalna vprašanja:

1. Pod katerim spektrom svetlobe rastline najbolj uspevajo?
2. Kako se rastline razlikujejo po barvi listov, rasti in razvoju, če so izpostavljene različnim spektrom svetlobe? Kako se razlikujejo korenine rastlin, če so rastline izpostavljene rasti pri različnem spektru svetlobe?
3. Ali lahko le po rasti, razvoju in barvi neke rastline predvidimo, kateremu spektru svetlobe je bila v času rasti izpostavljena in katerega spektra svetlobe ji je primanjkovalo, da bi ji bila omogočena normalna rast?

Na podlagi raziskovalnih vprašanj smo si zastavile več hipotez:

1. Rastline najbolj uspevajo pod kratkovalovno rdečo in modro svetlobo (tj. pod modrim in rdečim filtrom).

2. Rastline, ki rastejo pod različnimi spektri svetlobe, se med seboj razlikujejo v barvi listov (zelena, rumenkasta ...), rasti (visoki, nizki poganjki) in razvoju (veliki/majhni listi, debelo/tanko steblo ipd.).
3. Razlike se kažejo tudi v rasti in razvoju korenin. Korenine rastlin, ki rastejo pod zelenim spektrom svetlobe in v temi, so slabo razvite, tanjše in krajše.
4. Po rasti, razvoju in barvi rastlin lahko predvidevamo, kateremu spektru svetlobe so bile v času rasti izpostavljene oz. katerega spektra svetlobe jim je primanjkovalo.

2 TEORETIČNI DEL

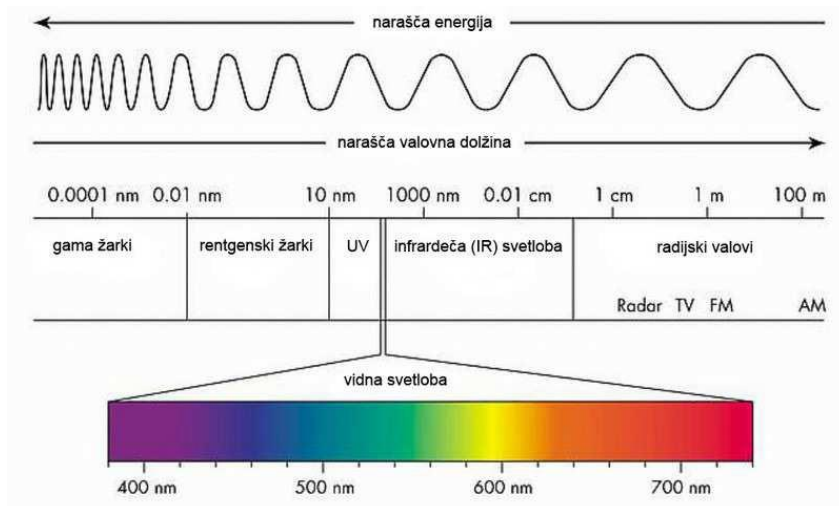
2.1 Svetloba in valovne dolžine svetlobe

Svetloba je oblika sevalne energije, ki na Zemljo prihaja s Sonca. Svetlobo obravnavamo kot elektromagnetno valovanje. Spekter valovanja, ki vpada na Zemljo, je zelo širok (Šterman, 2013, str. 5).

Svetlobni spekter zajema (Šterman, 2016, str. 5–6):

- gama žarke (imajo najnižjo valovno dolžino, od 0,0001 nm do 0,01 nm),
- rentgenske žarke (imajo valovno dolžino od 0,01 nm do 10 nm),
- ultravijolično sevanje (valovna dolžina od 10 nm do 380 nm),
- vidno svetlobo (valovna dolžina od 380 nm do 750 nm), ki je pomembna za fotosintetsko aktivnost,
- infrardeče sevanje (valovna dolžina od 750 nm do 1 mm),
- radijske valove (valovna dolžina od 1 mm do nekaj 10 km).

Valovne dolžine barv, ki so vidne s človeškim očesom in zajemajo območje vidne svetlobe, so: vijolična (380–450 nm), modra (450–495 nm), zelena (495–570 nm), rumena (570–590 nm), oranžna (590–620 nm) in rdeča (620–750 nm) (Vidni spekter, 2019). Rdeča svetloba je lahko kratkovalovna (660–680 nm) ali dolgovalovna (730–740 nm).



Slika 1: Spekter poenostavljenega elektromagnetnega valovanja (vir: Svetloba, 2013)

2.2 Rast in razvoj rastlin

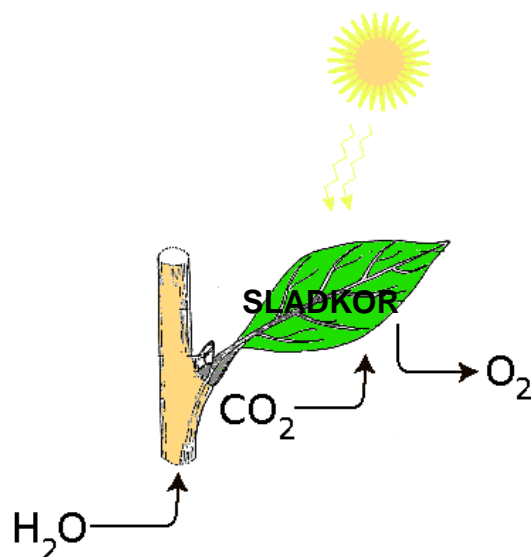
Rastline si s fotosintezo izdelujejo hrano, sladkor, ki ga skladiščijo kot škrob. Za izvajanje fotosinteze potrebujejo sončno svetlobo. Če fotosinteza ne poteka, rastlina ne more pripraviti škroba (hranilnih snovi) in sčasoma odmre. Avtotrofne rastline vsebujejo zeleni pigment, imenovan klorofil, ki je potreben za fotosintezo. Klorofil pretvarja svetlobno energijo v kemijsko energijo in jo nato posreduje naprej drugim snovem, ki iz vode in ogljikovega dioksida izdelajo

sladkorje in kisik. Deli rastlin, v katerih poteka fotosinteza, so zeleni. V tistih delih rastlin, v katerih fotosinteza ne poteka, ni kloroplastov (Glažar, Slavinec, Šorgo, 2012, str. 64).

2.3 Fotosinteza

Fotosinteza je proces, s katerim rastline, alge, modrozelenke cepeljivke ter nekatere praživali izrabljajo sončno energijo za pridelavo hrane. V procesu se sončna energija pretvori v kemično energijo, ki se hrani v obliki ogljikovih hidratov (sladkorji). Osnovni gradniki fotosinteze so ogljikov dioksid (CO_2) ter voda (H_2O). V procesu se sprošča kisik (O_2).

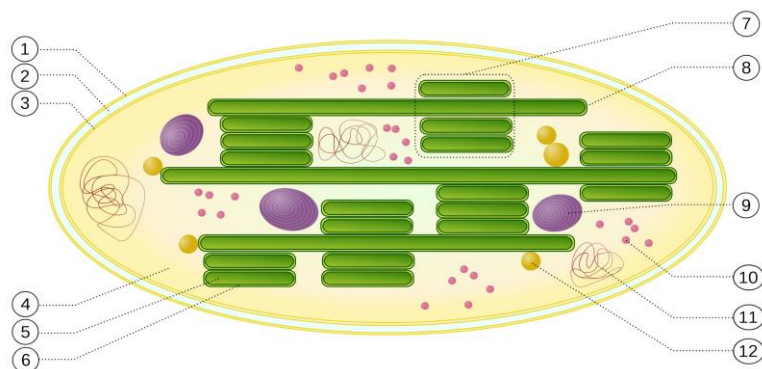
Potek fotosinteze je podoben pri vseh fotosintetskih organizmih. Pri rastlinah poteka v zelenih delih rastlin. Zeleno barvilo klorofil, ki se nahaja v kloroplastih, rastlini omogoča spreminjanje ogljikovega dioksida v glukozo in kisik (Fotosinteza, 2019).



Slika 2: Potek fotosinteze v rastlinah (vir: Stepa, 2008)

2.3.1 Kloroplasti

So celični organeli lečaste oblike, ki v premeru merijo od 5 do 10 mikrometrov. Število kloroplastov je odvisno od vrste in pogojev rasti. Kloroplast ima zunanjo in notranjo membrano. Zunanja membrana je izbirno prepustna za manjše molekule in ione (npr. za O_2 , CO_2 , Fe^+ in Mg^{2+}), notranja pa je neprepustna, molekule in ioni lahko vstopajo prek membranskih prenašalcev. Med membranama se nahaja medmembranski prostor. Notranja membrana objema stromo, ki vsebuje presnovne encime ter lasten genom v obliki krožne molekule DNA. V stromi se nahaja tudi tilakoidna membrana, na kateri se nahajajo fotosistemi s pigmenti, verige elektronskih prenašalcev in encimi. Tilakoidna membrana je močno zgubana, s čimer se poveča površina za absorpcijo svetlobe. Tvori diskaste strukture, imenovane tilakoide, te pa so naložene ena na drugo in tvorijo skladovnice, imenovane grane (Fotosinteza, 2019).



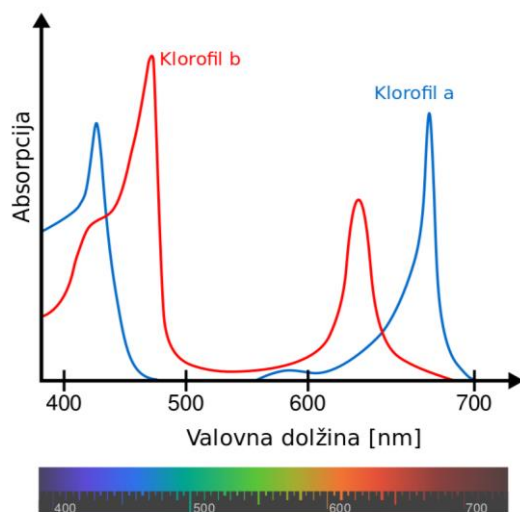
Slika 3: Zgradba kloroplasta: 1. zunanja membrana, 2. medmembranski prostor, 3. notranja membrana, 4. stroma, 5. tilakoidna svetlina, 6. tilakoidna membrana, 7. tilakoidna skladovnica (grana), 8. tilakoidna plast, 9. škrob, 10. ribosom, 11. DNA kloroplasta, 12. plastoglobul (kaplja lipidov) (vir: SuperManu, 2007)

2.3.2 Fotosintezna barvila

Fotosintezna barvila imajo ključno vlogo pri poteku fotosinteze v rastlinah. Ko svetloba trči v molekulo fotosinteznega barvila, se nekaj svetlobe odbije, nekaj pa jo molekula barvila vsrka. Ko rastline vsrkajo svetlobo, se začne proces fotosinteze. Ker pa barvila vsrkajo svetlobo samo določenih spektrov, je običajno v rastlini prisotnih več različnih barvil, ki sodelujejo v procesu fotosinteze. Fotosintezna barvila obsegajo tri glavne skupine: klorofile, karotenoide in fikobiline. Med seboj se razlikujejo v kemijski zgradbi in v vsrkavanju svetlobe (Boh, Vrtačnik, Zmazek, 2014).

Klorofili

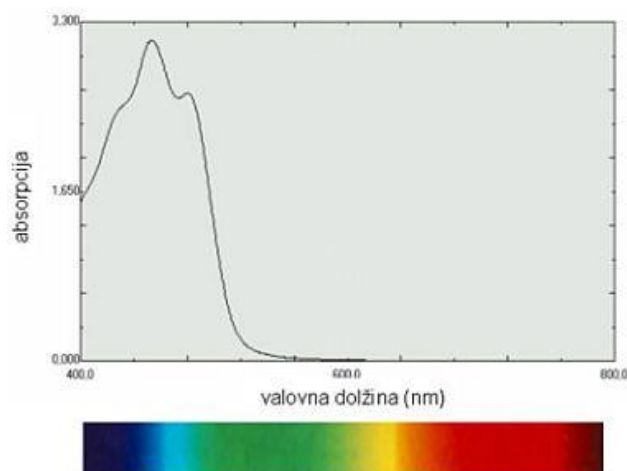
Zaradi klorofilov so rastline zelene. So glavna barvila za absorpcijo svetlobe v procesu fotosinteze. Ko je prisotna svetloba, molekula klorofila lovi fotone in energijo prenaša v fotosintezni reakcijski center. Klorofili iz spektra bele svetlobe vpijejo rdeče, modre in vijolične sestavne dele. Preostalo svetlobo, ki je klorofil ne absorbira, pa naše oko zazna kot zeleno barvo (Boh, Vrtačnik, Zmazek, 2014).



Slika 4: Absorpcijski spekter klorofila a in klorofila b (vir: Pugliesi, 2015)

Karotenoidi

Karotenoidi so v fotosintezi kot pomožna barvila. Obstaja veliko vrst, npr.: β -karoten, lutein, violaksantin, neoksantin. Karotenoidi pri fotosintezi vpijejo svetlobo v modrozelenem delu in razširijo uporabni del svetlobnega spektra. Energijo, v katero pretvorijo svetlobo, prenesejo na klorofile. Klorofile varujejo pred uničenjem s premočno svetlobo (Boh, Vrtačnik, Zmazek, 2014).



Slika 5: Absorpcijski spekter beta-karotena (vir: Boh, Vrtačnik, Zmazek, 2014)

Fikobilini

To so močno obarvana, vodotopna, pomožna fotosintezna barvila. Omogočajo jim vpijanje večje količine svetlobe. Ta barvila imajo rdeče alge in modrozeleni cepkljivke. To jim omogoča večjo možnost preživetja, tudi ko ni na razpolago veliko svetlobe (Boh, Vrtačnik, Zmazek, 2014).

2.4 Učinki različnih spektrov svetlobe na rast rastlin

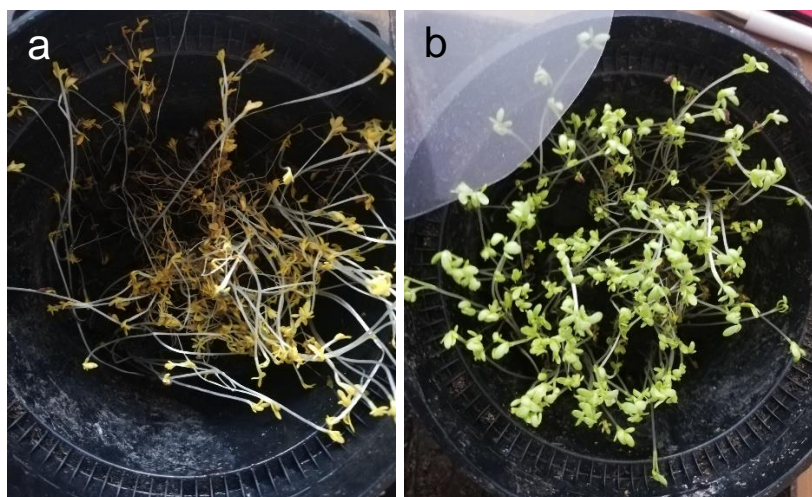
Učinki sevanja na rastline so odvisni od spektralne sestave, jakosti in trajanja sevanja. Za rastline je najpomembnejši vidni del, ki omogoča fotosintezo.

Rdeča svetloba vpliva na potek fotosinteze. Kratkovalovna rdeča svetloba aktivira fitokrom, ki vpliva na prekinitev počitka tistih semen, ki so fotodormantna, ter povzroči tvorbo klorofila ter preprečuje podaljševanje stebela. Dolgovalovna rdeča svetloba inaktivira fitokrom in povzroči etiolacijo rastlin. Za fotosintezo pa je pomembna tudi modra svetloba, ki povzroči, da se pod vplivom fototropina začnejo kloroplasti pomikati proti svetlobi, kar lahko povzroči krivljenje. Kriptokrom, ki prav tako vsrkava modro svetlobo, pa pri etioliranih rastlinah upočasnjuje podaljševanje stebela (Šturman, 2013, str. 30–31).

Na potek fotosinteze vpliva tudi jakost svetlobe. Ko povečujemo jakost svetlobe, se nekaj časa večja tudi fotosinteza, nato pa na določeni točki doseže svetlobno saturacijsko točko, nad katero se fotosinteza ne povečuje več. Svetlobna odvisnost fotosinteze je odvisna od vrste rastline.

Prevelika jakost svetlobe na rastlinah lahko povzroči poškodbe, še posebej, če rastline ne morejo odvajati odvečne toplote (Šterman, 2013, str. 13–14).

Rastline, ki uspevajo v slabo osvetljenih prostorih, so rumenkaste barve in vretenaste oblike, ker se zaradi pomanjkanja svetlobe ne razgrajujejo avksini in ne nastaja klorofil (Slika 6). Rastline, ki rastejo v temi, so nežne, dolge – etiolirane, nimajo razvitih listov niti korenin (Beazley, 1982, str. 45).



Slika 6 : a) Rast rastlin v temi in b) na svetlobi (foto: Iva Krkoč)

Čufer, Šegula in Ribič (b. d.) navajajo, da rastline, ki ne dobijo dovolj svetlobe, izgubijo svojo pestrost, pospešeno rast korenin in gomoljev ter proizvajajo malo aromatičnih snovi ali pa jih sploh ne.

2.4.1 Fotoreceptorji

V rastlinah najdemo več fotoreceptorjev, ki zaznavajo svetlobne signale in prepoznajo določene valovne dolžine. Med njimi so fitokromi, kemične snovi, ki so občutljive za svetlobo. So del notranje ure, ki rastlinam pove, kako dolg je dan, s tem pa tudi to, v katerem letnem času so (Beazley, 1982, str. 45). Poleg fitokromov imajo rastline še druge receptorske molekule, kriptokrome in fototropine, ki omogočajo rastlini, da se odzovejo in usmerijo svojo rast proti svetlobi.

Fototropini

Fototropini so fotoreceptorske beljakovine, ki posredujejo fototropni odziv pri višjih rastlinah. Pomembni so za premike kloroplastov znotraj celice, saj s tem zagotavljajo rastlini boljše pogoje za fotosintezo ter s tem močnejšo in hitrejšo rast. Fototropini dajejo odgovor rastline na modro svetlobo. Povzročijo, da se v rastlini aktivirajo kriptokromi in fitokromi, ki omogočajo rastlini, da obrne svojo rast v smeri proti svetlobi (Fototropini, 2010).

Kriptokromi

So fotoreceptivne beljakovine pri rastlinah in živalih. Uravnavajo fotomorfološke spremembe (npr. podaljševanje hipokotila) in fotoperiodične odzive (npr. cvetenje) (Kriptokromi, 2016).

Fitokromi

So fotoreceptorji, ki so občutljivi na svetlobo v rdečem in dolgovalovnem rdečem spektru vidne svetlobe. Prav tako povzročijo fototropizem, tj. rast rastline proti svetlobi (Fitokromi, 2021).

2.4.2 Svetlobni filtri

Večina virov svetlobe daje belo svetlobo, v kateri so zajete vse valovne dolžine. Če belo svetlobo prestrežemo z barvnim filtrom, nam filter prepusti le določen del bele svetlobe (določeno barvo), vse druge pa absorbira (Gosak, Grubelnik, Jug, Ketiš, Markovič, Repnik, Zupan, Grubelnik, 2014).

2.5 Spektrometer

Spektrometer je naprava za zajemanje spektrov. Razklon svetlobe po valovnih dolžinah se izvede z lomom svetlobe na uklonski mrežici ali prizmi. Spektroskop je naprava, s katero opazujemo spekter in jo pogosto uporabljajo v astronomiji (za analizo kemijske sestave zvezd in planetov) in kemiji (Spectrometer, 2021).

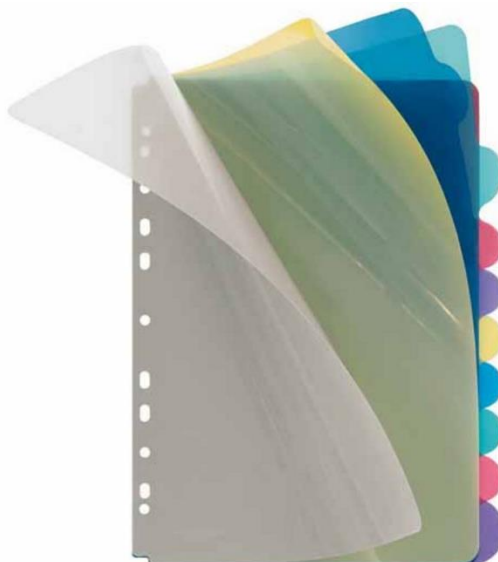
Spektrograf je naprava za grafični ali fotografski prikaz spektra. Spektrometer pa označuje napravo, s katero določimo energijsko porazdelitev svetlobe po frekvenci oziroma valovni dolžini (Valencič, 2015).

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 METODOLOGIJA

3.1.1 Nastavitev poskusa s črnimi lončki

Za poskus smo izbrale vrtno krešo in barvne folije za registratorje proizvajalca Veloflex (VELOFLEX, Register A4, blanco, 10-delni PP). Lončke smo napolnile s 300 g zemlje in vse enako zalile. Posejale smo eno žličko semen v črne lončke za sajenje. Lončke smo zgoraj prekrile z različnimi barvnimi folijami in jih postavile k oknu. Uporabile smo rumeno, rdečo, modro, modrozeleno in vijolično barvno folijo. En lonček smo pokrile z zvezkom in tako zagotovile, da so bila semena v popolni temi, en lonček pa smo pokrile s prozorno folijo, ki je preprečevala izhlapevanje vode, hkrati pa je omogočila, da so semena dobila celoten spekter vidne svetlobe. Ta lonček nam je služil za kontrolo.



Slika 7: V poskusih uporabljene barvne folije (vir: <https://www.mueller.de/p/veloflex-register-a4-blanco-10teilig-pp-140754/>)



Slika 8: Nastavitev prvega poskusa doma (foto: Iva Krkoč)

3.1.2 Nastavitev poskusa s prozornimi kozarci

V šest enakih prozornih steklenih kozarcev za vlaganje (1 l) smo dale 380 g prsti. V vsak kozarec smo posejale točno 60 semen vrtno kreše. Ko smo jih posejale, smo jih zalile s 50 ml vode. Ker smo v prvem poskusu črne lončke le pokrile s folijami, smo dobile občutek, da so rastline dobile premalo svetlobe. Zato smo tokrat steklene kozarce ovile v filtre. Najprej smo naredile tulec iz folije, nato pa iz folij naredile še pokrov. Na filter smo narisale dva kroga. Po

zunanjem krogu smo krog izrezale, nato pa zarezale majhne črtice do drugega kroga. Nato smo zarezane delce prepognile po notranjem krogu in tako dobile pokrov, ki smo ga z lepilnim trakom prilepile na tulec. Tako nastal ovitek iz folije smo poveznile na kozarce.

Poskus je trajal 7 dni. Po dveh dneh smo rastline zalile s 100 ml vode in jih fotografirale. Zaradi ozkosti kozarca rastlin nismo mogle izmeriti.



Slika 9: Izdelava oblek iz folij za kozarce (foto: arhiv OŠ dr. Janeza Mencingerja Bohinjska Bistrica)



Slika 10: Lepljenje pokrovov na tulce (foto: arhiv OŠ dr. Janeza Mencingerja Bohinjska Bistrica)



Slika 11: Na okenski polici postavljen poskus (foto: arhiv OŠ dr. Janeza Mencingerja Bohinjska Bistrica)

3.1.3 Opis vzorca raziskave

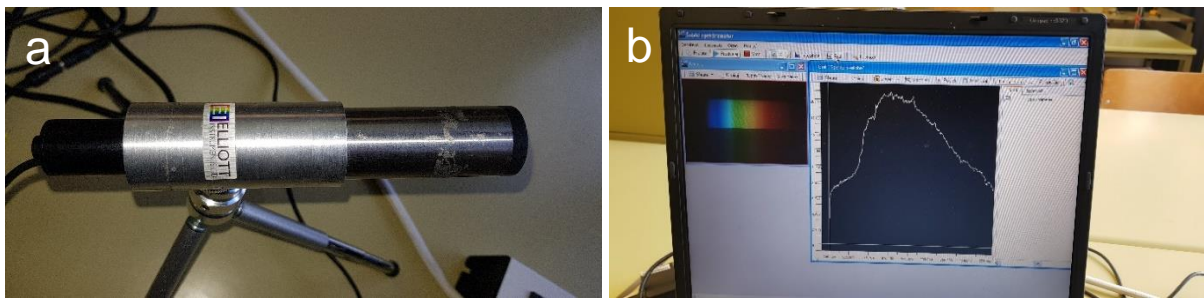
Vrtna kreša je dvokaličnica, ki zraste od 30 cm do 60 cm. Je rastlina, ki izredno hitro kali in raste. Je ena izmed rastlin, ki jo lahko sejemo kadarkoli in kjerkoli. Najbolje uspeva pri temperaturi od 18 do 23 °C. V ugodnih razmerah vzkali v dnevno ali dveh.



Slika 12: Vrtna kreša (vir: <https://www.hippopx.com/sl/cress-eat-food-healthy-vitamins-frisch-grow-371373>)

3.1.4 Opis merskega instrumenta

Ker v šoli ne razpolagamo s spektrometrom, s katerim bi lahko izmerile svetlobne spektre, ki jih prepuščajo uporabljene folije, smo se po pomoč obrnile na Pedagoško fakulteto Univerze v Ljubljani, kjer so nam na Oddelku za fiziko in biologijo z veseljem pomagali. Prepustnost folij so izmerili s spektrometrom Elliott instruments in podatke obdelali s programom Šolski spektrometer. Grafe prepuščene svetlobe pri določeni foliji predstavljamo v nadaljevanju.



Slika 13: a) Uporabljeni spektrometer, b) program Šolski spektrometer (foto: Luka Praprotnik)

Pri poskusu s črnimi lončki, ki smo ga pripravile doma, smo za merjenje višine rastlin uporabljale ravnilo. Merile smo višino celotne rastline, opazovale razvitost listov ter barvo rastlin. Na koncu smo deset rastlin fotografirale.

Pri poskusu s prozornimi kozarci, ki smo ga zastavile v šoli, rastlin nismo merile med rastjo, ampak samo po sedmih dneh rasti. Vmes jih zaradi ozkosti steklenega kozarca nismo mogle izmeriti, smo jih pa fotografirale na začetku rasti oz. po dveh dneh po sejanju. Ker smo bile v času zaključka eksperimenta v karanteni, je učiteljica skupaj z ravnilom fotografirala deset naključnih rastlin iz posameznega kozarca, nato pa smo s pomočjo vrvice analizirale fotografije in napisale podatke o izmerjenih dolžinah rastlin, poganjka in korenin. Vrvica nam je bila še posebej v pomoč pri natančnejšem merjenju, saj so bile nekatere rastline močno ukrivljene.

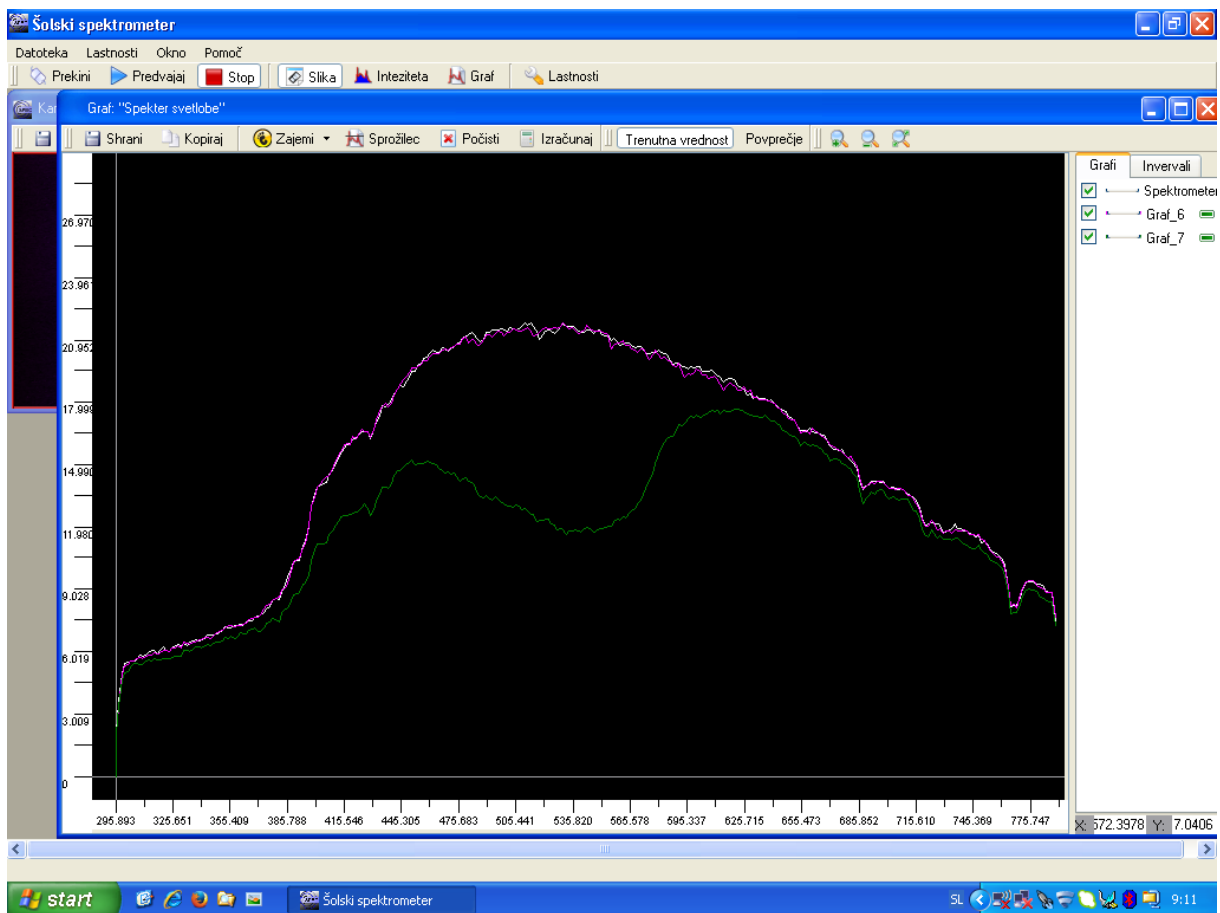


Slika 14: Merjenje rastlin na fotografijah s pomočjo vrvice (foto: arhiv OŠ dr. Janeza Mencingerja Bohinjska Bistrica)

3.1.5 Svetlobna prepustnost folij

Rdeča folija

Rdeča folija prepušča svetlobo valovne dolžine 455 nm in 610 nm, kar pomeni, da prepušča vse valovne dolžine vidne svetlobe, razen zelene (Slika 15). V nekoliko zmanjšanem obsegu prepušča modro svetlobo. V celoti prepušča rdečo kratkovalovno in dolgovalovno svetlobo.

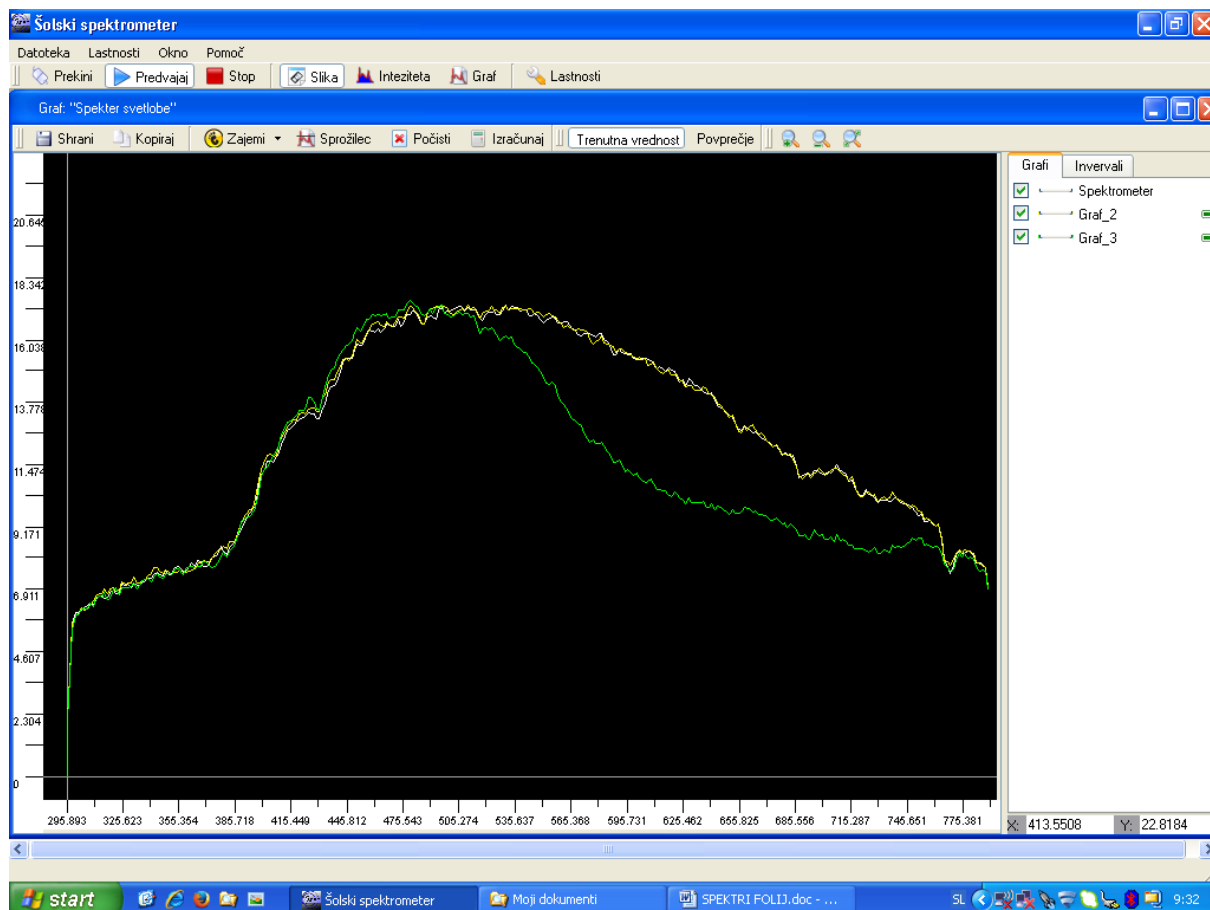


Slika 15: Prepustnost rdeče folije (foto: Luka Praprotnik)

Na Sliki 14 je na abscisni osi (X-osi) prikazana valovna dolžina prepuščene svetlobe (svetloba, ki jo folija prepušča skozi in ki jo je rastlina prejela) v nanometrih (nm). Na ordinatni osi (Y-osi) je prikazana intenziteta te svetlobe (delež posamezne valovne dolžine v prepuščeni svetlobi). Roza krivulja prikazuje spekter vpadne svetlobe, zelena pa spekter skozi rdečo folijo prepuščene svetlobe.

Modra folija

Modra folija najbolje prepušča svetlobo valovne dolžine 480 nm, kar pomeni, da najbolje prepušča svetlobo v modrem in vijoličnem spektru, slabše pa prepušča zeleno, rumeno in rdečo svetlobo (Slika 16).

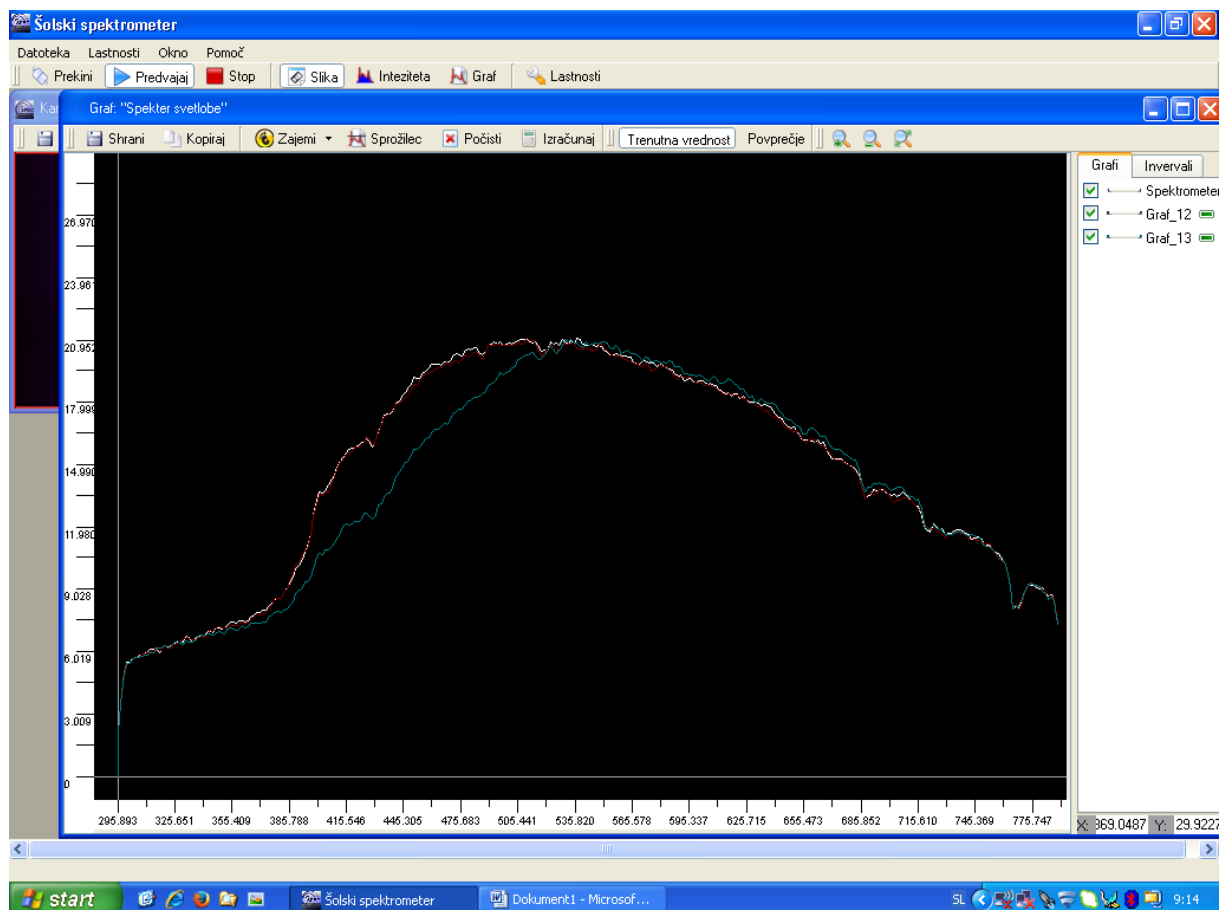


Slika 16: Prepustnost modre folije (foto: Luka Praprotnik)

Na Sliki 15 je na abscisni osi (X-osi) prikazana valovna dolžina prepuščene svetlobe (svetloba, ki jo folija prepušča skozi in ki jo je rastlina prejela) v nanometrih (nm). Na ordinatni osi (Y-osi) je prikazana intenziteta te svetlobe (delež posamezne valovne dolžine v prepuščeni svetlobi). Rumena krivulja prikazuje spekter vpadne svetlobe, zelena pa spekter skozi modro folijo prepuščene svetlobe.

Rumena folija

Rumena folija najbolje prepušča svetlobo valovne dolžine 555 nm. Iz grafa na Slika 17 vidimo, da prepušča rumen, oranžen, rdeč in zelen barvni spekter, v nekoliko zmanjšani meri pa prepušča modri in vijolični spekter svetlobe.

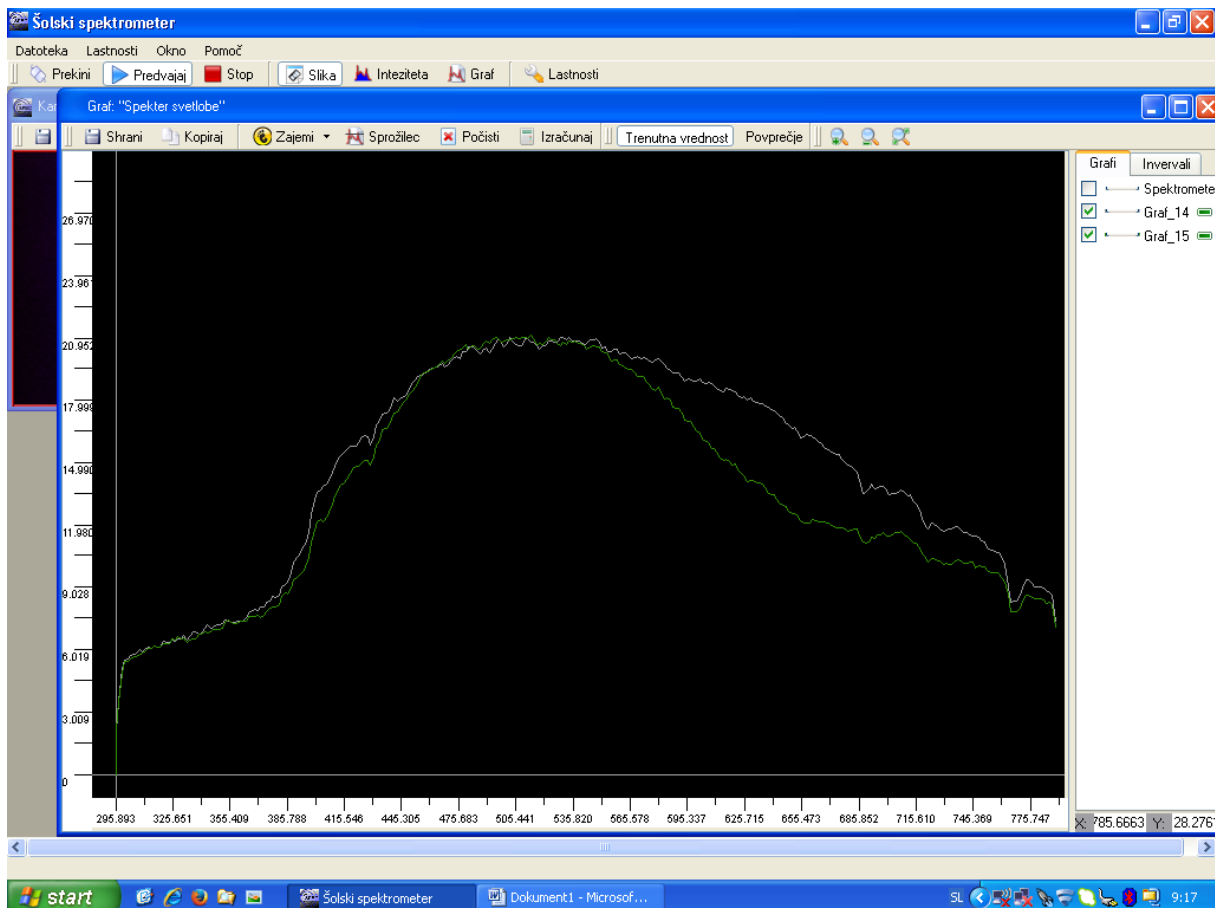


Slika 17: Prepustnost rumene folije (foto: Luka Praprotnik)

Na Sliki 16 je na abscisni osi (X-osi) prikazana valovna dolžina prepuščene svetlobe (svetloba, ki jo folija prepušča skozi in ki jo je rastlina prejela) v nanometrih (nm). Na ordinatni osi (Y-osi) je prikazana intenziteta te svetlobe (delež posamezne valovne dolžine v prepuščeni svetlobi). Rdeče-bela krivulja prikazuje spekter vpadne svetlobe, modrozelen pa spekter skozi rumeno folijo prepuščene svetlobe.

Modrozelenena folija

Modrozelenena folija prepusti največ svetlobe valovne dolžine 510 nm. Folija prepušča največ zelene, modre in vijolične svetlobe, nekaj dolgovalovne rdeče svetlobe, v zmanjšanem obsegu pa prepušča rumeno, oranžno ter kratkovalovno rdečo svetlobo (Slika 18).

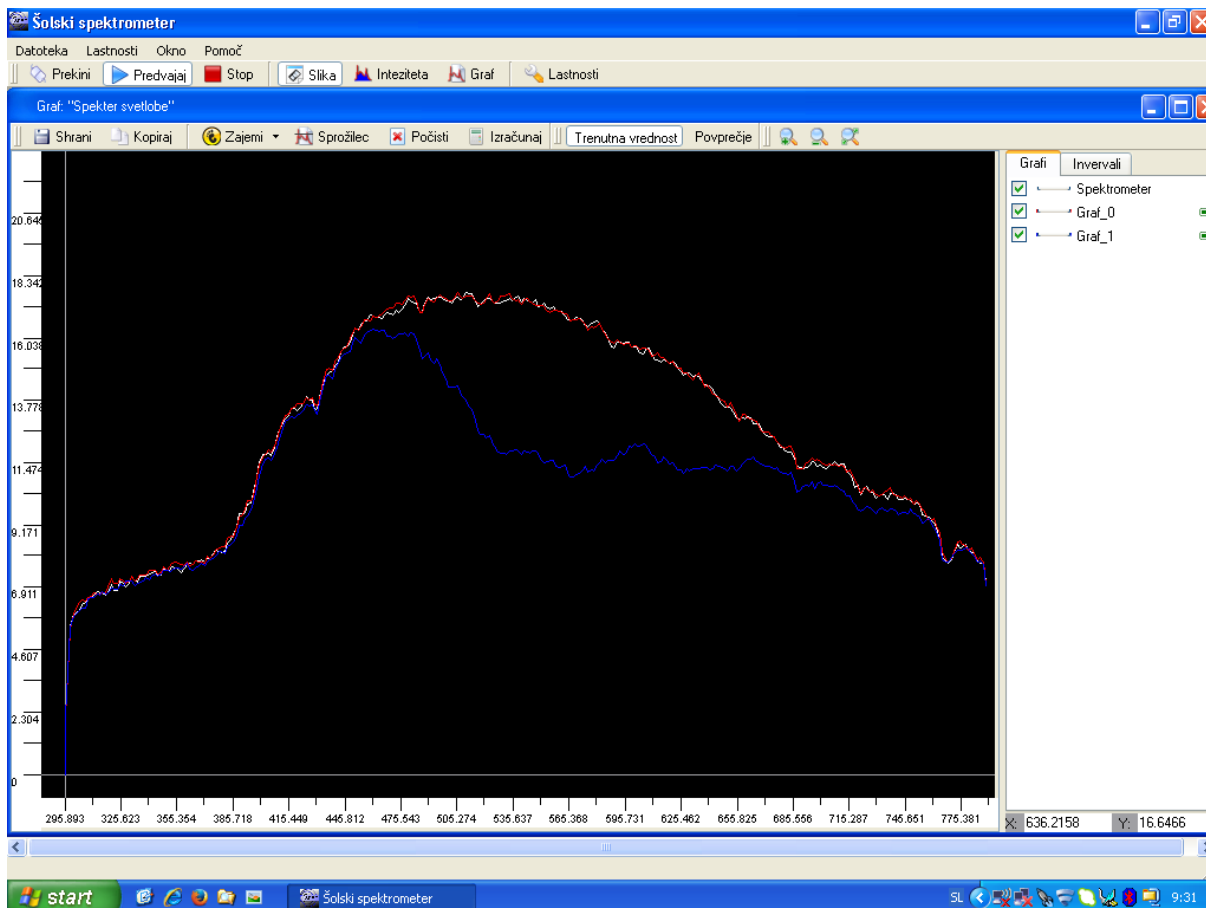


Slika 18: Prepustnost modrozelenene folije (foto: Luka Praprotnik)

Na Sliki 17 je na abscisni osi (X-osi) prikazana valovna dolžina prepuščene svetlobe (svetloba, ki jo folija prepušča skozi in ki jo je rastlina prejela) v nanometrih (nm). Na ordinatni osi (Y-osi) je prikazana intenziteta te svetlobe (delež posamezne valovne dolžine v prepuščeni svetlobi). Bela krivulja prikazuje spekter vpadne svetlobe, zelena pa spekter skozi modrozeleno folijo prepuščene svetlobe.

Vijolična folija

Iz grafa na Slika 19 razberemo, da vijolična folija prepusti največ svetlobe valovne dolžine 460 nm. Folija prepušča največ vijolične in modre svetlobe, nekaj dolgovalovne rdeče svetlobe, slabo pa prepušča rumeno, zeleno, oranžno ter kratkovalovno rdečo svetlobo.



Slika 19: Prepustnost vijolične folije (foto: Luka Praprotnik)

Na Sliki 18 je na abscisni osi (X-osi) prikazana valovna dolžina prepuščene svetlobe (svetloba, ki jo folija prepušča skozi in ki jo je rastlina prejela) v nanometrih (nm). Na ordinatni osi (Y-osi) je prikazana intenziteta te svetlobe (delež posamezne valovne dolžine v prepuščeni svetlobi). Belo-rdeča krivulja prikazuje spekter vpadne svetlobe, modra pa spekter skozi vijolično folijo prepuščene svetlobe.

3.1.6 Opis postopka zbiranja podatkov

Merjenje višine rastlin pri prvem poskusu

Rastline smo merile od prsti do vrha glavnega poganjka. V tabelo smo zapisale izmerjeno višino v mm. Izmerile smo višino desetih vzkaljenih rastlin. Rastline smo merile vsake tri dni ob 18.00, saj je takrat manj sončne svetlobe, ki bi motila poskus. Iz izmerjenih višin smo izračunale povprečje višine rastlin, ki je prikazano v Tabela 1 v Prilogi 2.

Merjenje dolžine rastlin pri drugem poskusu

Pri drugem poskusu smo po sedmih dneh od začetka poskusa vzorčile deset naključno izbranih rastlin v kozarcu. Rastline je učiteljica najprej fotografirala, nato pa smo jim s pomočjo vrvice, ki smo jo polagale na ukrivljene poganjke rastlin, skušale natančno odmeriti višino poganjka oz. dolžino korenin.

Opazovanje razvitosti rastlin

Opazovale smo velikost listov, višino in debelino stebel, razvitost korenin. Podatke smo prikazale s fotografijami, ki smo jih nato analizirale in napisale rezultate.

3.1.7 Obdelava podatkov

Podatke smo iskale s pomočjo spleta in literature (Wikipedia, »domača« knjižnica, Nacionalni portal odprte znanosti).

Podatke smo zbirale v programu Google Preglednice ter jih nato obdelale s pomočjo računalniškega programa Excel, kjer smo jih prikazale v obliki tabel in črnih grafov. Te smo potem primerjale med seboj in napisale ugotovitve.

3.2 REZULTATI

Da bi preverile zastavljene hipoteze, smo izvedle dva poskusa. V nadaljevanju predstavljamo rezultate po izvedenih poskusih, v razpravi pa jih bomo primerjale med seboj.

3.2.1 Analiza rezultatov poskusa s črnimi lončki

S tem poskusom smo želele ugotoviti, pod kakšno folijo bodo rastline najboljše uspevale in ali bomo znale prepoznati, pod katerim filtrom so bile, glede na njihovo barvo, razvitost korenin in glede na njihove liste. Zanimalo nas je, ali bomo lahko ugotovile, katerega spektra svetlobe jim je primanjkovalo, da bi rastle normalno (kot v beli svetlobi). Predvidevale smo tudi, da bodo rastline pod zelenim filtrom in v temi imele kratke, tanke, slabo razvite korenine, podaljšano steblo in slabo razvite liste.

Iz Slika 20 opazimo, da so rastline, ki so rastle pod prozornim filtrom, vse enake velikosti (povprečno 6,3 cm), na koncu poganjkov imajo dobro razvite liste, rastline so nekoliko podaljšane, s kratkimi koreninami.



Slika 20: Rastline vrtna kreše po 7 dneh v lončku, pokrite s prozorno folijo (foto: Iva Krkoč)

Iz Slika 21 lahko opazimo, da so korenine rastlin pri kreši, ki je rastla pod rdečim filtrom, debelejšje, razvitejše in manj krhke. Stebla so ravna in lepa, rastline niso zlomljene, listov je veliko. Rastline so med seboj enakomerno visoke.



Slika 21: Rastline vrtna kreše po 7 dneh v lončku, pokrite z rdečo folijo (foto: Iva Krkoč)

Na Slika 22 vidimo, da so korenine kreše, ki je rastla pod modrim filtrom, daljše, razvitejše in debelejšje. Opazimo tudi, da so stebla daljša, nekatera nekoliko ukrivljena. Na koncu poganjkov opazimo več dobro razvitih listov. Rastline so različno visoke.



Slika 22: Rastline vrtna kreše po 7 dneh v lončku, pokrite z modro folijo (foto: Iva Krkoč)

Na Slika 23 so korenine pri kreši, ki je rastla pod rumeno folijo, tanjše, pri nekaterih nerazvite in kratke. Stebla so pri nekaterih rastlinah zelo podaljšana, pri drugih so krhka, nerazvita in kratka.



Slika 23: Rastline vrtnje kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z rumeno folijo (foto: Iva Krkoč)

Iz Slika 24 lahko opazimo, da so korenine kreše, ki je rastla pod modrozelenim filtrom, daljše. Stebla so dolga, debelejša in nekoliko kriva. Na koncu poganjkov opazimo veliko svetlozelenih listov.



Slika 24: Rastline vrtnje kreše po 7 dneh v lončku, pokritem z modrozeleno folijo (foto: Iva Krkoč)

Korenine rastlin, ki so rastle v lončku z vijolično folijo, so različno dobro razvite, kar je razvidimo iz Slika 25. Rastline so rahlo upognjene, stebla so dolga. Vse rastline so enako visoke. Na vrhu lahko opazimo več dokaj dobro razvitih svetlozelenih listov.



Slika 25: Rastline vrtna kreše po 7 dneh v lončku, pokrite z vijolično folijo (foto: Iva Krkoč)

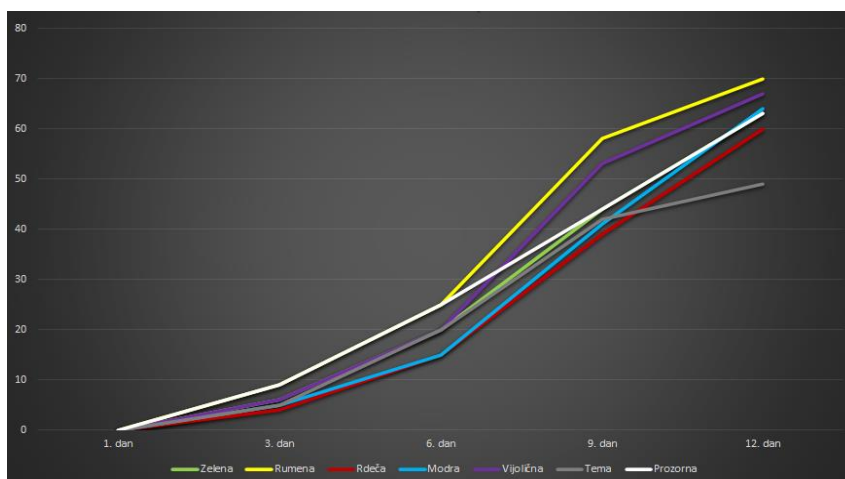
Iz Slika 26 lahko opazimo, da so korenine pri kreši, ki je rastla v temi, tanke in krhke. Stebla so krhka, polomljena, pri nekaterih celo nitkasta, listi so rumenkasti. Nekatero rastline so popolnoma nerazvite, s tankim, kratkim stebлом in nerazvitimi listi.



Slika 26: Rastline vrtna kreše po 7 dneh v lončku, pokrite z zvezkom (foto: Iva Krkoč)

Iz Slika 27 lahko razberemo, da so najvišjo rast dosegle rastline pod rumenim filtrom, sledijo jim rastline pod vijoličnim, modrim, prozornim in zelenim filtrom. Najnižjo rast so dosegle rastline v temi. Iz grafa (Slika 27) opazimo, da se njihova rast zelo upočasni po 9. dnevu, kar pomeni, da jim je začelo primanjkovati hranil iz semen, saj same zaradi pomanjkanja svetlobe niso postale avtotrofne. Optimalno rast so dosegle rastline pod prozorno, zeleno, rdečo in modro folijo, rastline pod rumeno in vijolično folijo so močno podaljšane.

Pri rastlinah pod rumenim filtrom smo opazile, da so nekatere rastline močno podaljšane. Pri vzorčenju rastlin za fotografiranje se nam je več rastlin poškodovalo, kar je vplivalo na prikaz rastlin pod rumenim filtrom na fotografiji, saj smo posledično morali izbrati več krajših rastlin.



Slika 27: Rast vrtna kreše pod različnimi folijami (lastni vir)

3.2.2 Analiza rezultatov poskusa s prozornimi kozarci

Po analizi prvega poskusa smo analizirale prednosti in slabosti izvedbe poskusa. Ugotovile smo, da bi morale rastlinam zagotoviti več svetlobe in prostora za rast (da višina posode ni omejujoč dejavnik, zaradi katerega bi se rastline krivile). Ugotovile smo tudi, da pri izvajanju in merjenju nismo dobile dovolj natančnih rezultatov za potrditev hipotez. Pozabile smo izmeriti dolžino korenin, pri vzorčenju so se nekatere rastline zlomile ali so se jim strgale korenine. V drugem poskusu smo semena tudi prešteli in jih dale v steklene (prozorne) kozarce. Kozarce smo oblekle v folije, da je prišlo vanje več svetlobe. Drugi poskus smo lahko izvajale v šoli, kar nam je zelo pomagalo, ker imamo v učilnicah večja okna. Pri tem poskusu smo imele tudi težavo s premočno svetlobo (v kozarcu je bilo preveč vroče in so se začele nabirati vodne kapljice, poganjki so izgledali poškodovani od sonca). Zaradi tega smo kozarce po dveh dneh prestavile na senčnejšo stran.



Slika 28: Rastline kreše v kozarcu brez folije (foto: B. Vevar)



Slika 29: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z modro folijo (foto: B. Vevar)



Slika 30: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z rdečo folijo (foto: B. Vevar)



Slika 31: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z vijolično folijo (foto: B. Vevar)



Slika 32: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z modrozeleno folijo (foto: B. Vevar)



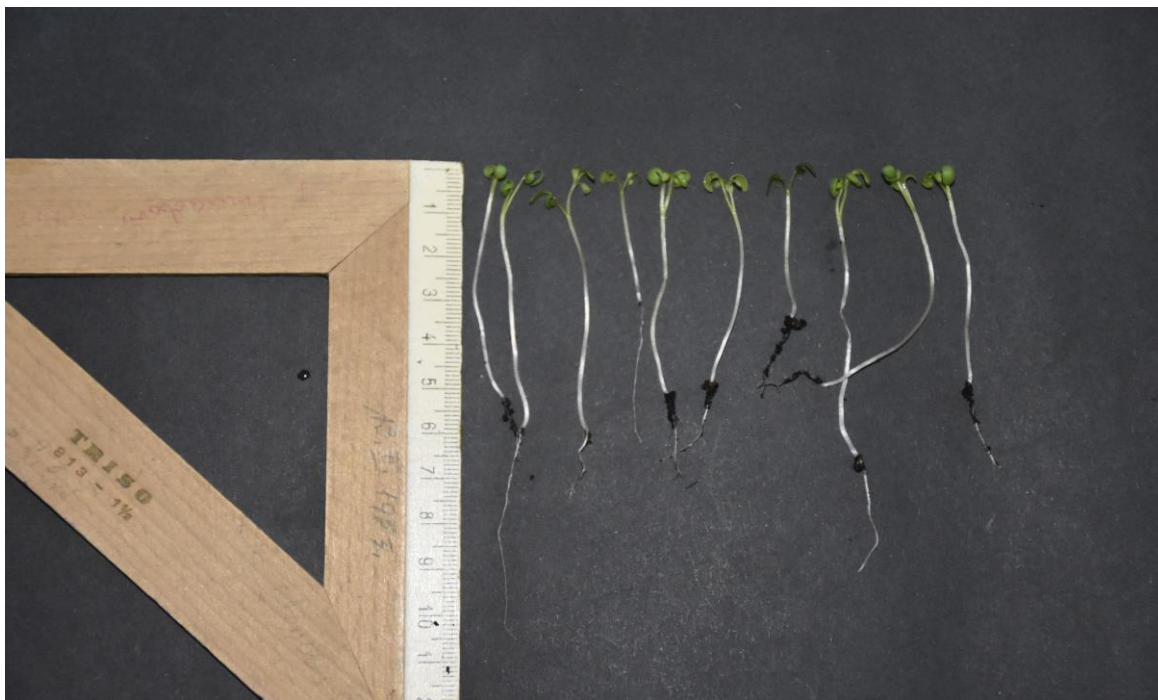
Slika 33: Rastline kreše v kozarcu, obdanem z rumeno folijo (foto: B. Vevar)

Rastline, ki so rastle pod rdečim filtrom in v posodi brez filtra, so pokončne, v posodi z modrim in vijoličnim filtrom pa so rastline krive, kar pomeni, da so etiolirane zaradi pomanjkanja določenega spektra svetlobe. Rastline v rumenem kozarcu so najnižje.

Pri pregledu fotografij (odSlika 34 do Slika 39) opazimo, da so se rastline pod zeleno, rumeno in vijolično folijo krivile proti svetlobi. Rastline, ki so rastle pod rdečo in modro folijo, so ravne, opaziti je manj krivljenja stebel. Rastline, ki so rastle pod modro in vijolično folijo, so med seboj najbolj enakomerno velike.



Slika 34: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku brez folije (kontrolni lonček). (foto: B. Vevar)



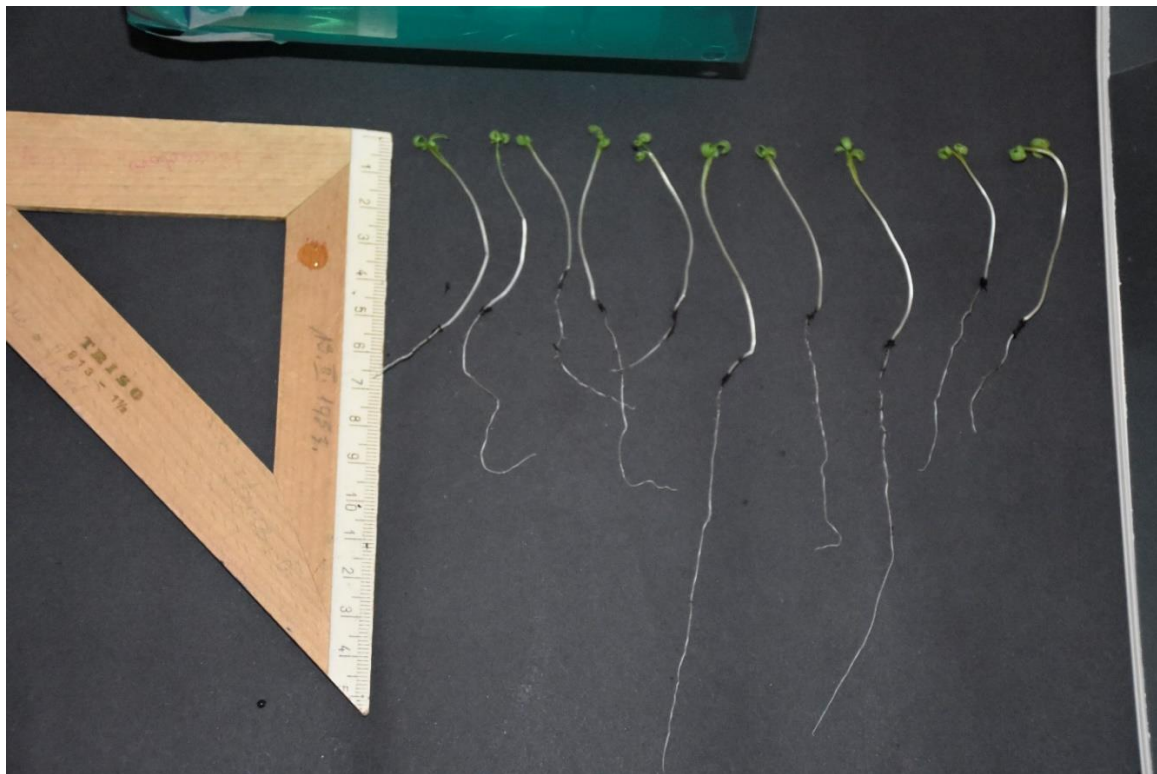
Slika 35: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z modro folijo. (foto: B. Vevar)



Slika 36: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z rdečo folijo. (foto: B. Vevar)



Slika 37: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z vijolično folijo. (foto: B. Vevar)

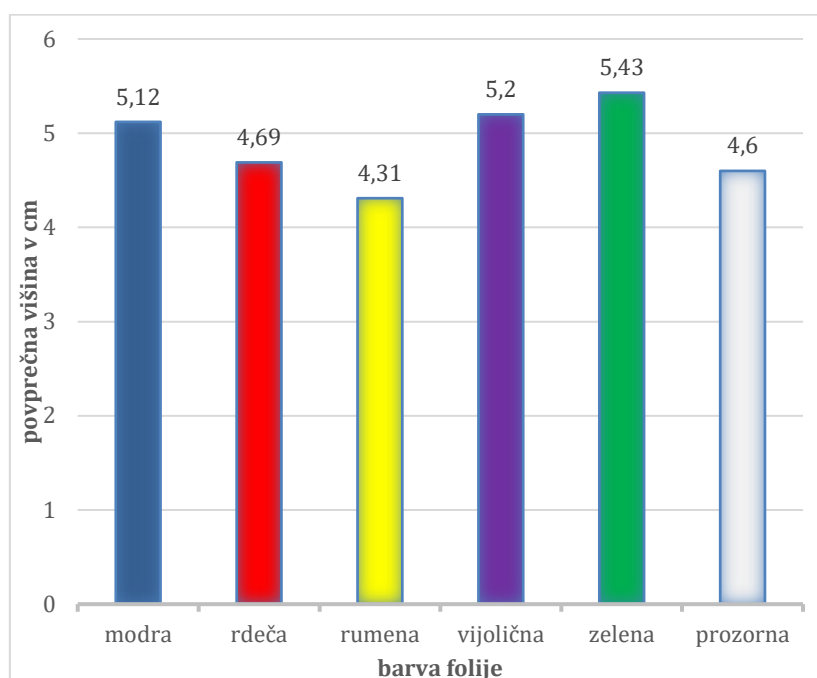


Slika 38: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z modrozeleno folijo. (foto: B. Vevar)



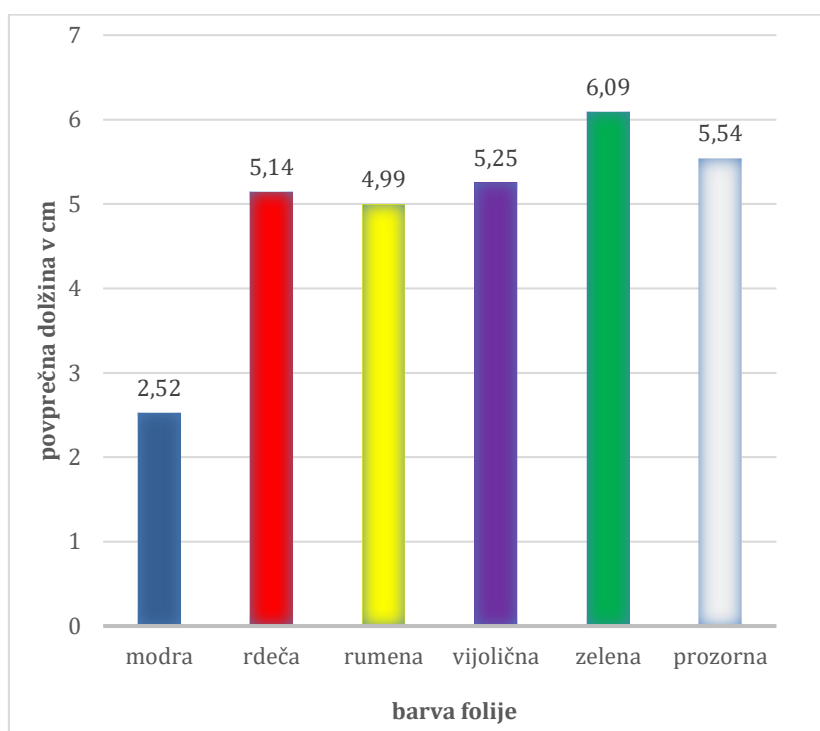
Slika 39: Deset naključno izbranih rastlin, ki so rastle v lončku, obdanem z rumeno folijo.
(foto: B. Vevar)

Na Slika 40 lahko vidimo, da so imele rastline pod modrim, zelenim in vijoličnim filtrom premalo kratkovalovne rdeče svetlobe, saj imajo v povprečju daljše poganjke kot rastline, ki so rastle v lončku brez filtra. Medtem pa sta rumena in rdeča folija zagotavljali ustrezne spektre za rast poganjkov. Rastline, ki so bile izpostavljene tema dvema folijama, imajo povprečno višino poganjkov najbližje višini poganjkov v kozarcu brez folije. Tem rastlinam ni bilo treba rasti, da bi dobile kratkovalovno rdečo svetlobo, ker so jo dobile v dovolj veliki meri.



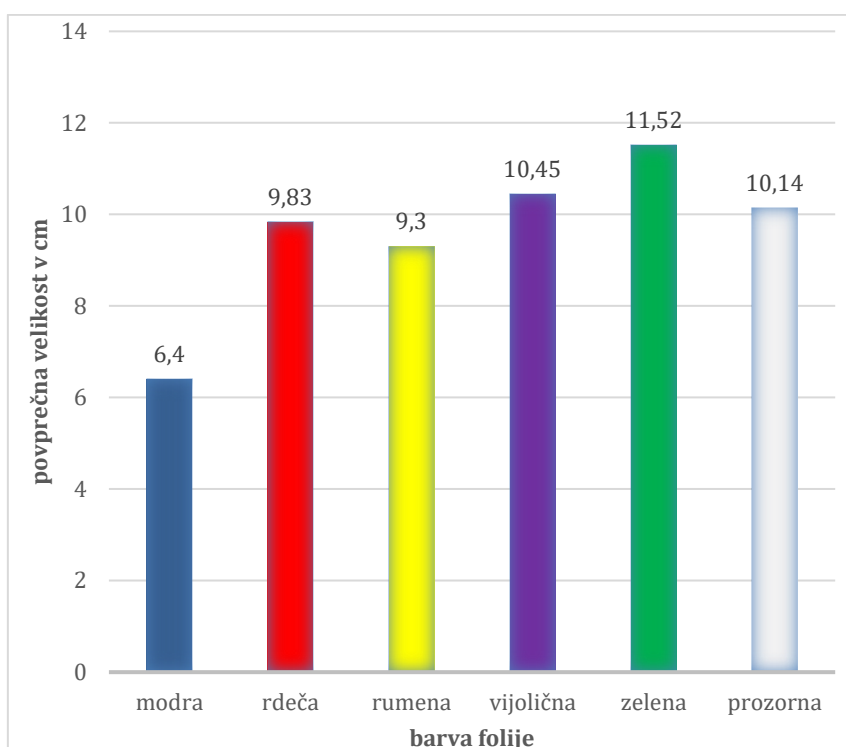
Slika 40: Povprečna višina poganjkov rastlin, izpostavljenih različnim folijam v cm (lastni vir)

Slika 41 prikazuje dolžino korenin rastlin. Rastline pod zelenim filtrom imajo najdaljše. Predvidevamo, da zato, ker potrebujejo več vode za izdelavo hrane. Rdeča je tudi v tem primeru najbližja kontrolnemu kozarcu. Iz tega sklepamo, da ta filter zagotavlja vse potrebne spektre za ugodno rast rastlin. Pri modri nismo prepričane, da so korenine tako majhne, saj so bile tako krhke, da so se morda pri vzorčenju pretrgale. Če primerjamo dolžino korenin pri rastlinah prvega in drugega poskusa, lahko opazimo, da so pri prvem poskusu korenine rastlin veliko krajše kot pri drugem poskusu, kar dokazuje, da rastline, ki rastejo v temnejših prostorih, razvijejo krajše korenine.



Slika 41: Povprečna dolžina korenin rastlin, izpostavljenih različnim folijam v cm (lastni vir)

Iz Slika 42 lahko razberemo, da so najvišje zrasle rastline pod modrozelenim filtrom. Optimalno rast najbližje kontrolnemu kozarcu so dosegle rastline pod rumenim, vijoličnim in rdečim filtrom.



Slika 42: Povprečna višina celotnih rastlin v cm (lastni vir)

4 RAZPRAVA

1. HIPOTEZA: Rastline najbolj uspevajo pod kratkovalovno rdečo in modro svetlobo (tj. pod modrim in rdečim filtrom).

Hipotezo lahko delno potrdimo, saj so rastline, ki smo jih gojile pod rdečim filtrom, res dosegle optimalno rast v primerjavi z rastlinami, ki so rastle brez filtra. Pri rastlinah, ki so rastle pod modrim filtrom, ki je slabše prepuščal kratkovalovno rdečo svetlobo, smo opazile, da so etiolirane. To pomeni, da so rastline, da bi dobile potrebno svetlobo, razvile daljše, krhkejše poganjke z daljšimi členki. Tudi Šterman (2013, str. 55) navaja, da rastline dosežejo optimalno rast pod vplivom tistih filtrov, ki prepuščajo tako modro kot rdečo svetlobo oziroma prepuščajo valovne dolžine po celotnem izmerjenem spektru. Pri rastlinah, ki rastejo pod filtri, ki omejujejo prehod modri in rdeči svetlobi, pa opazimo etioliranje s podaljšanimi stebli in z omejenim razvojem zelenih listov.

2. HIPOTEZA: Rastline, ki rastejo pod različnimi spektri svetlobe, se med seboj razlikujejo v barvi listov (zelena, rumenkasta ...), rasti (visoki, nizki poganjki) in razvoju (veliki/majhni listi, debelo/tanko steblo ipd.).

Tudi to hipotezo lahko le delno potrdimo, saj smo pri rastlinah opazile le razlike v rasti poganjkov in korenin ter debelini stebel. Razlike v barvi in velikosti listov so bile prisotne, vendar ne zelo očitne; najočitnejše smo jih zaznale pri rasti rastlin v temi. Rastline, ki jim je primanjkovalo modre in kratkovalovne rdeče svetlobe, so imele daljše poganjke, korenine in tanjša stebila. Takšne rastline so zrastle pod modrozeleno, vijolično in modro folijo. Pri teh lahko opazimo tudi več krivljenja stebel proti svetlobi, kar pomeni, da so te folije prepuščale ali modro ali rdečo svetlobo in aktivirale fototropine. Ti so občutljivi na modro svetlobo in aktivirajo kriptokrome in fitokrome, ki so občutljivi na rdečo svetlobo in so povzročili rast rastlin proti svetlobi.

3. HIPOTEZA: Razlike se kažejo tudi v rasti in razvoju korenin. Korenine rastlin, ki rastejo pod zelenim spektrom svetlobe in v temi, so slabo razvite, tanjše in krajše.

Hipotezo lahko delno potrdimo na podlagi primerjave prvega in drugega poskusa. Rastline, ki so rastle v temi, so imele zelo krhke in slabo razvite korenine. Vse rastline, ki smo jih gojile v temnih lončkih s folijo na vrhu, so razvile krajše in slabo razvite korenine v primerjavi z rastlinami drugega poskusa, ki so rastle v steklenih lončkih in so imele na voljo več svetlobe. Hipoteze ne moremo potrditi za zelen spekter svetlobe, saj nismo imele na razpolago ustrezne folije, ki bi prepuščala samo zeleno svetlobo.

4. HIPOTEZA: Po rasti, razvoju in barvi rastlin lahko predvidevamo, kateremu spektru svetlobe so bile v času rasti izpostavljene oz. katerega spektra svetlobe jim je primanjkovalo.

Z našim poskusom hipotezo lahko le delno potrdimo. Opazimo, da rastline, ki so rastle v temi in temnih lončkih, lahko ločimo od rastlin, ki so rastle v steklenih lončkih. Rastline, ki so rastle v okolju s premalo svetlobe, so razvile krajše, nerazvejane korenine, podaljšana in tanjša stebila. Na podlagi naših poskusov ne bi mogle po barvi določiti, kateremu spektru svetlobe so bile rastline izpostavljene oz. katerega spektra svetlobe jim je primanjkovalo. Opazile smo, da so rastline, ki jim je primanjkovalo kratkovalovne rdeče svetlobe, močnejše etiolirane od rastlin, ki jim je primanjkovalo modre ali drugih spektrov svetlobe. Tako so bile najmočnejše etiolirane

rastline, ki so rastle pod modrozelenim, modrim in vijoličnim spektrom svetlobe, ki so v manjši meri prepuščali kratkovalovno rdečo svetlobo.

5 ZAKLJUČEK IN SKLEPI

Z raziskovalno nalogo smo želele raziskati, kako barvni spektri vplivajo na rast in razvoj rastlin. Narediti smo želele barvno in opisno lestvico razvitosti rastlin, s katero bi lahko vsak, ki goji rastline v notranjih prostorih, na enostaven način ugotovil, katere svetlobe njegovim rastlinam primanjkuje. V ta namen smo naredile dva poskusa, s katerima pa smo ugotovile, da rastline za kalitev in zgodnjo rast ne potrebujejo svetlobe. Poganjki rastlin, ki so rasli v temi, so bili dolgi, brez stranskih poganjkov, svetlo rumeno obarvani, korenine pa kratke in slabo razvite. Ugotovile smo tudi, da rastline, ki jim primanjkuje kratkovalovne rdeče in modre svetlobe, razvijejo daljše poganjke oz. so bolj etiolirane od rastlin, ki prejmejo dovolj ustrezne svetlobe.

Pri raziskovanju smo uporabile folije, ki so nam bile lažje dostopne in niso prepuščale le določenega spektra svetlobe, ampak so bile preblizu vidnemu spektru svetlobe. Za naš poskus so se zato izkazale kot neustrezne. Pri ponovnem izvajanju bi uporabile folije, ki bi prepuščale le določen spekter svetlobe. Zanesljivost dobljenih podatkov bi izboljšale z več ponovitvami. Če bi za raziskovanje uporabile rastline z večjimi poganjki in listi, bi lažje opazile in jih izmerile razlike v rasti rastlin med obdobjem rasti. Pri vzorčenju rastlin na koncu poskusov nismo bile pozorne na to, kdaj so rastline vzklike. Rastline so bile lahko nižje rasti zato, ker so vzklike kasneje. Bolje bi bilo, če bi merile velikost le tistih rastlin, ki so sočasno vzklike. V nadaljevanju bi želele uporabiti še druge folije, ki se najdejo na trgu, in bi na ta način lahko tudi preizkusile kakovost folij.

S to nalogo smo se veliko naučile o delu raziskovalcev in razvijale veščine načrtovanja in izvajanja eksperimentov, pridobivanja podatkov, dela v skupini, kritičnega mišljenja, uporabe IKT tehnologije in oblikovanja poročila eksperimentalnega dela.

V nadaljevanju bi lahko za raziskovanje obravnavane tematike uporabile tiste vrste rastlin, ki jih pogosteje uporabljamo v kuhinji v zimskem času (solate, začimbne rastline). Tem pozimi v zaprtih prostorih primanjkuje ustrezne svetlobe in pri njih pogosto opazimo etilacijo. Za poskus bi uporabile folije ali led luči z ožjim spektrom svetlobe. Na ta način bi ugotovile, kateri spekter svetlobe je potrebno rastlinam dodajati, da bi tudi pozimi v zaprtih prostorih uspešno rastle.

6 VIRI IN LITERATURA

Beazley, N. (1982). *NARAVA: velika ilustrirana enciklopedija*. Ljubljana: Mladinska knjiga, str. 45.

Boh, B., Vrtačnik, M., Zmazek, B. (2014). *Kemija 3: i-učbenik za kemijo v 3. letniku gimnazij*. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo. Pridobljeno 26. 2. 2021 s <https://eucbeniki.sio.si/kemija3/1283/index3.html>

Čufer, T., Šegula, S., Ribič P. (b.d.). *Oskrba in nega zelenih sten*. Strahinj: Biotehniški center Naklo. Pridobljeno 18. 3. 2021 s <https://ucilnice.arnes.si/mod/book/tool/print/index.php?id=606559#ch3343>

[Fotosinteza]. (2019). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 22. 2. 2021 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Fotosinteza>

[Fototropini]. (2010). Na Wiki Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Ljubljani. Pridobljeno 22. 2. 2021 s <http://wiki.fkkt.uni-lj.si/index.php/Fototropini>

Glažar, S. A., Slavinec M., Šorgo A. (2012). *Aktivno v naravoslovje 1: učbenik za naravoslovje v 6. razredu osnovne šole*. Ljubljana: DZS, str. 64.

Gosak, M., Grubelnik, L., Jug, M., Ketiš, B., Markovič, R., Repnik, R., Zupan, D., Grubelnik, V. (ur.) (2014). *FIZIKA 8: i-učbenik za fiziko v 8. razredu osnovne šole*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo. Pridobljeno 26. 2. 2021 s <https://eucbeniki.sio.si/fizika8/141/index4.html>.

[Kriptokromi]. (2016). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 22. 2. 2021 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kriptokrom>

Levičnik, V. (2016). *Kalčki: od semena do krožnika le v nekaj dneh*. Dnevnik. Pridobljeno 10. 2. 2021 s <https://www.dnevnik.si/1042731964>

[Phytocrome]. (2021). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 8. 3. 2021 s <https://en.wikipedia.org/wiki/Phytochrome>

[Spectrometer]. (2021). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 8. 3. 2021 s <https://en.wikipedia.org/wiki/Spectrometer>

Sterkuš, M. (2016). *Vpliv različnih delov svetlobnega spektra na kalitev in rast rastlin*. Raziskovalna naloga. Laporje. Osnovna šola Gustava Šiliha Laporje. Pridobljeno 12. 12. 2021 s <http://www.os-laporje.si/files/2017/01/Vpliv-razlicni%C4%8Dnih-delov-svetlobnega-spektra-na-kalitev-in-rast-rastlin-M.Sterku%C5%A1-B.Arko-R.-Sterku%C5%A1-srebro-dr%C5%BEavna.pdf>

Šterman, N. (2013). *Vpliv svetlobnih filtrov na kalitev in zgodnji razvoj fižola, koruze, vodne kreše in redkvice ter izvedba poskusa v šolah*. Diplomsko delo. Maribor. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko. Pridobljeno 1. 2. 2021 s <https://dk.um.si/Dokument.php?id=61096>

Valenčič, M. (2015) *Umeritev šolskega spektrometra za merjenje izkoristka svetil*. Diplomsko delo. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.

[Vidni spekter]. (2019). Na Wikipedia.org. Pridobljeno 22. 2. 2021 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Vidni_spekter

Viri slik:

[Barvne folije]. Pridobljeno 16. 3. 2021 s <https://www.mueller.de/p/veloflex-register-a4-blanco-10teilig-pp-140754/>

[Kreša]. Pridobljeno 22. 2. 2021 s <https://www.hippopx.com/sl/cress-eat-food-healthy-vitamins-frisch-grow-371373>

Pugliesi, D. (2015). Absorpcijski spekter klorofila a in b [Slika na spletu]. Pridobljeno 12. 2. 2021 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Fotosinteza#/media/Slika:Chlorophyll_ab_spectra-sl.svg

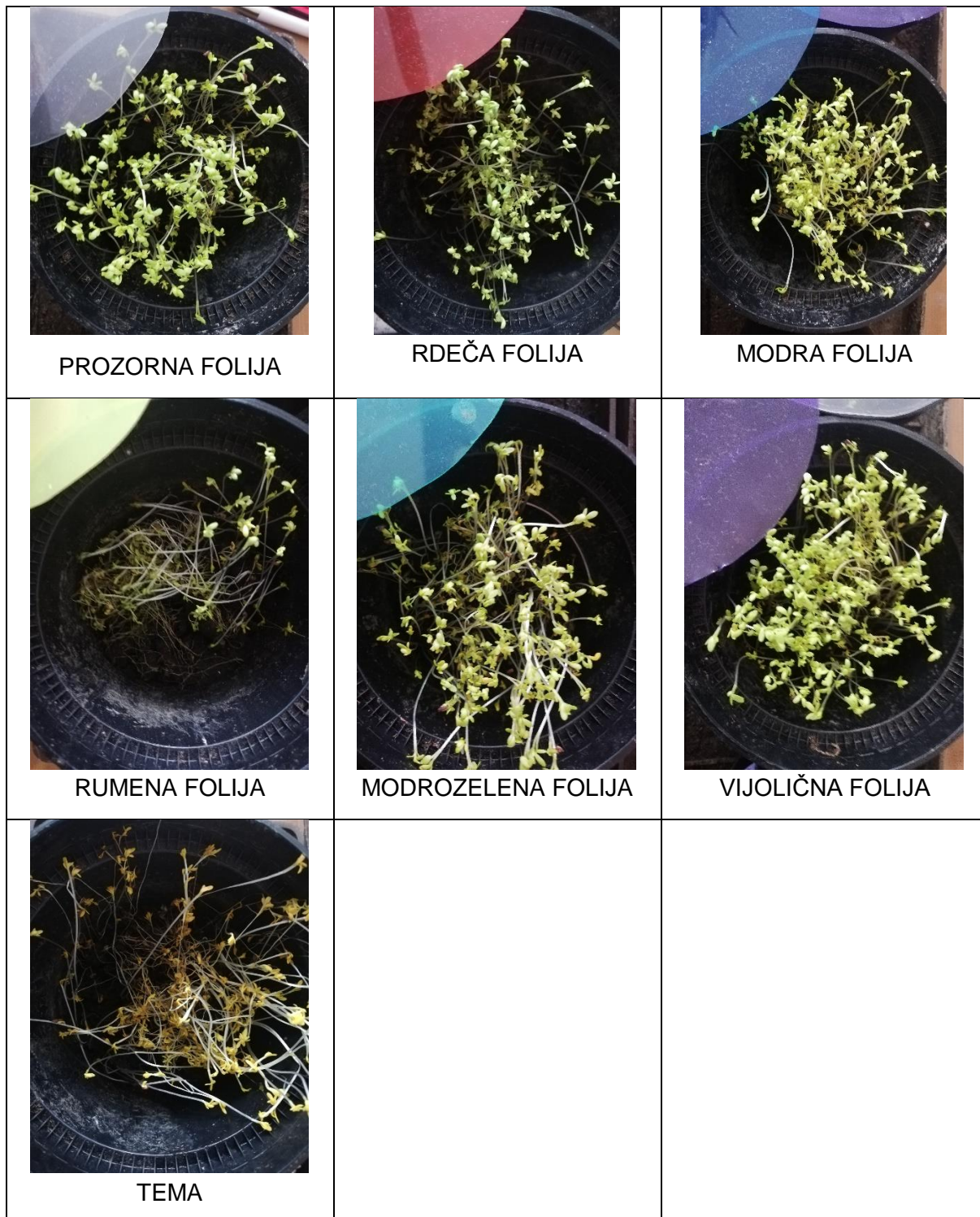
Spekter poenostavljenega elektromagnetnega valovanja [Slika na spletu]. (2013). Pridobljeno 22. 2. 2021 s <https://svetiled.files.wordpress.com/2013/04/svetloba.jpg>

Stepa. 2008. Fotosinteza [Slika na spletu]. Pridobljeno 23. 2. 2021 s <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Fotosynteza2.png>

SuperManu. 2007. Scheme of a chloroplast [Slika na spletu]. Pridobljeno 23. 2. 2021 s <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2923179>

7 PRILOGE

7.1 PRILOGA 1: Rast rastlin v temnih lončkih



Slika 43: Izgled rastlin, ki so rastle v črnih lončkih, pokritih z ustrezno folijo. (foto: I. Krkoč)

7.2 PRILOGA 2: Povprečne vrednosti meritev rasti poganjkov

Tabela 1: Povprečne vrednosti meritev rasti poganjkov vrtno kreše pod različnimi folijami v mm

Datum	Dnevi	Rast poganjkov v mm						
		Zelena	Rumena	Rdeča	Modra	Vijolična	Tema	Prozorna
30. 1. 2021	1. dan	0	0	0	0	0	0	0
1. 2. 2021	3. dan	6	9	4	5	6	5	9
4. 2. 2021	6. dan	20	25	15	15	20	20	25
7. 2. 2021	9. dan	44	58	39	41	53	42	44
10. 2. 2021	12. dan	63	70	60	64	67	49	63