

Osnovna šola Gustava Šiliha Laporje

VPLIV RAZLIČNIH DELOV SVETLOBNEGA SPEKTRA NA KALITEV IN RAST RASTLIN

Področje: biologija

Raziskovalna naloga

Avtor: Miha Sterkuš

Mentor: Boža Arko, prof.

Somentor: Robert Sterkuš, prof.

Laporje, 2016

ZAHVALA

Pri svojem prvem raziskovalnem delu – nalogi bi se rad zahvalil učiteljici Boži Arko za vso strokovno pomoč, vodenje in pripombe. Prav tako bi se rad zahvalil staršem za pomoč pri eksperimentalnem delu, za vso podporo, potrpežljivost in usmerjanje pri pisanju naloge.

Raziskovalna naloga ne bi bila brez pravopisnih napak, če ne bi naloge pregledala učiteljica Albina Avsec. Razredničarka Ines Jarh je poskrbela za prevod. Obema se zahvaljujem za pregled in popravke.

Kazalo vsebine

1	UVOD.....	6
2	TEORETIČNI DEL.....	7
2.1	Rastline.....	7
2.2	Rast in razvoj rastlin.....	7
2.2.1	Fižol.....	7
2.2.2	Fotosinteza.....	8
2.3	Vidni spekter svetlobe.....	9
2.3.1	Svetloba.....	9
2.3.2	Vpliv svetlobe na rast rastlin.....	11
2.4	Zavarovani prostori.....	11
3	EKSPERIMENTALNI DEL.....	12
3.1	Raziskovalne metode.....	12
3.1.1	Priprava na meritve.....	12
3.1.2	Valovne dolžine filtrov.....	13
4	REZULTATI.....	14
4.1	Meritve prepustnosti valovnih dolžin pri različnih barvnih filtrih.....	14
4.2	Rezultati opazovanja rasti in razvoja rastlin pri različnih barvnih filtrih.....	21
4.2.1	Tabele in grafi meritev pri posameznih kozarcih.....	21
4.2.2	Skupna tabela in graf meritev pri najboljših semenih iz posameznih kozarcev.....	33
4.2.3	Primerjava najboljših primerkov semen.....	34
4.3	Slikovni rezultati opazovanja rasti in razvoja rastlin pri različnih barvnih filtrih.....	35
5	RAZPRAVA.....	39
6	ZAKLJUČEK.....	40
7	VIRI.....	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Kloroplast. (Vir: Chloroplaststructure, 2016).....	8
Slika 2: Fotosinteza. (Vir: Fotosinteza, 2016)	9
Slika 3: Svetlobni spekter. (Svetila LED, 2016).....	9
Slika 4: Spektralne barve. (Spektralne barve, 2016).....	10
Slika 5: Postavitev poskusa. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015).....	12
Slika 6: Priprava na meritev. (Avtor: Robert Sterkuš, 2015).....	13
Slika 7: Prepustnost za vzorec 1.	14
Slika 8: Prepustnost za vzorec 2.	15
Slika 9: Prepustnost za vzorec 3.	15
Slika 10: Prepustnost za vzorec 4.....	16
Slika 11: Prepustnost za vzorec 5.....	16
Slika 12: Prepustnost za vzorec 6	17
Slika 13: Prepustnost za vzorec 7.....	17
Slika 14: Prepustnost za vzorec 8.....	18
Slika 15: Prepustnost za vzorec 9.....	18
Slika 16: Prepustnost za vzorec 10.....	19
Slika 17: Prepustnost za vzorec 11.....	19
Slika 18: Prepustnost za vzorec 12.....	20
Slika 19: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – brez filtra.....	21
Slika 20: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – zeleno modra.....	22
Slika 21: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – popolno črno.....	23
Slika 22: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – temno vijolična	24
Slika 23: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – svetlo zelena.	25
Slika 24: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – modra.	26
Slika 25: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – rdeča.	27
Slika 26: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – roza.	28
Slika 27: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – svetlo vijolična.	29
Slika 28: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – temno zelena.....	30
Slika 29: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – rumena.....	31
Slika 30: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – oranžna.	32
Slika 31: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – različne barve.	34
Slika 32: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	35
Slika 33: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	35
Slika 34: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 31.10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	35
Slika 35: Slikovni material vzorcev 10–12 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkoš, 2015)	35
Slika 36: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	36
Slika 37: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	36
Slika 38: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	36
Slika 39: Slikovni material vzorcev 11–12 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	36
Slika 40: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	37
Slika 41: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	37
Slika 42: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	37
Slika 43: Slikovni material vzorca 10 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)	37

POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem ugotavljal vpliv različnih barvnih filtrov na kalitev in razvoj fižolovih semen. Pri eksperimentu sem uporabil veliko število filtrov, katere sem ovil okoli manjših kozarcev za vlaganje. Uporabil sem: zeleno moder, vijoličen, svetlo zelen, moder, rdeč, roza, svetlo vijoličen, rumen, oranžen, temno zelen filter ter kozarec, ovit v gost črn papir, in kozarec brez filtra ali papirja (referenčni kozarec).

Po pričakovanjih je najbolje kalilo seme iz rdečega filtra zaradi aktivacije fitokroma in s tem zbuditve semena iz spanja. Zelo dobro je kalilo tudi seme iz modrega filtra, saj tudi modra v manjši meri aktivira fotoreceptor fitokrom.

Na moje presenečenje je seme iz zelenega filtra kalilo hitro in rastlo zelo pospešeno, saj je filter prepuščal tudi v rdečem barvnem spektru.

Presenetil me je rezultat meritve, kjer ni bilo filtra (kozarec brez filtra). Seme skorajda ni kalilo in se ni razvilo.

Ključne besede: barvni filtri, svetlobni spekter, fotosinteza, fotoreceptorji, fitokrom, kalitev in rast rastlin, eksperiment

ABSTRACT

In my research paper I have tried to see the influence of different colour filters on germination and development of bean seeds. In my experiment I used a large number of filters, which I have wrapped around smaller storage jars. I used: green-blue, purple, light green, blue, red, pink, light purple, yellow, orange, dark green filters, a jar wrapped in a thick black paper and a jar without filter and paper (a reference jar).

As expected, the seed using a red filter sprouted the best, because of the activation of fitochrom and by that it has awoken the seed from sleep. The seed using blue filter also sprouted very well, because blue colour also activates, in smaller amount, the photoreceptor fitochrom.

On my surprise, the seed using green filter also sprouted very fast and has grown promptly, because the filter has also let the light in red spectrum through.

I was surprised by the result of the measurement without filter (jar with no filter), the seed has barely sprouted and has not developed at all.

Key words: colour filters, light spectre, photosynthesis, photoreceptors, fitochrom, sprouting and the growth of plants, experiment.

1 UVOD

To temo sem si izbral zato, ker me že od nekdaj zanimata rast in razvoj rastlin ter kako se rastline spreminjajo pri različnih zunanjih vplivih, kot so svetloba (jakost osvetlitve), barva svetlobe (različni spektri), vlaga, temperatura.

V tej raziskovalni nalogi se bom omejil na raziskavo vpliva različnih barv (spektrov) na kalitev semen fižola vrste Zorin (*Phaseolus vulgaris L.*), kar je moje raziskovalno vprašanje. To bom raziskal s pomočjo uporabe različnih svetlobnih filtrov, ki prepuščajo različne valovne dolžine vidne svetlobe.

Rastline imajo različne faze rasti in razvoja. Za preučevanje vseh faz bi bila raziskovalna naloga preobsežna, zato sem se omejil le na del razvoja rastlin, to je kalitev in zgodnji del vegetativne faze.

Da bom prišel do ugotovitev, ki me zanimajo, sem uporabljal različno literaturo ter opravil raziskovanje s pomočjo eksperimentalnega raziskovalnega dela. Eksperiment sem izvedel v temperaturno stabilnem okolju, v naravno osvetljenem okolju (dan in noč) ter v izoliranem prostoru brez vremenskih vplivov.

Dela sem se lotil v mesecu oktobru, ko sem nastavljal eksperiment. Ovil sem 10 kozarcev v različne barvne filtre, enega brez filtra (referenčni) in enega, ovitega v gost črn papir (tema).

Moje domneve so:

Po preučitvi knjig o rastlinah domnevam, da bodo semena najbolje kalila v kozarcu brez filtra in ovitem z modrim in rdečim filtrom.

Kozarec brez filtra naj bi prepuščal ves vidni spekter svetlobe, ki je za rastline pomemben pri kalitvi in nadaljnji rasti – menim, da bodo semena hitro vzknila in se razvijala.

Rdeč filter naj bi vzpodbudil seme h kalitvi zaradi fitokroma (fotoreceptor). Pričakujem, da bo pod rdečim filtrom seme najprej vzknilo.

Tudi modra svetloba vpliva na fitokrom, zato je tudi tukaj mislim, da bo seme hitro vzknilo.

Pri zelenem filtru pa pričakujem zakasnitev in slab nadaljnji razvoj rastline, ker so rastline zelene, torej zeleno barvo odbijajo in je zanje zelena barva tema.

Pri kozarcu, ovitem v črno, pričakujem, da semena ne bodo vzknila oziroma bodo vzknila zelo pozno.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Rastline

V naravi obstajata dva različna tipa živih bitij: takšna, ki iz okolja sprejemajo samo mineralne snovi in si sama pridelajo vse potrebne organske snovi za rast in razvoj, in tista, ki se prehranjujejo na račun drugih organizmov, bodisi živih bodisi mrtvih. V to skupino sodijo glive, večina bakterij ter vse živali vključno s protozoi. V prvi so rastline, alge in določene bakterije. Te s pomočjo sončne svetlobe v procesu fotosinteze anorganske snovi pretvorijo v organske, to pomeni, da so rastline avtotrofne oziroma si hrano pridelajo same. (Cuerda, 2006, str. 18–20).

2.2 Rast in razvoj rastlin

Pri rastlinah se izmenjujejo različne faze rasti in razvoja: kalitev, vegetativna in reproduktivna faza. Faze si sledijo v določenem zaporedju, ki se začne s kalitvijo semen, z vegetativno rastjo, razvojem odrasle rastline, ki tvori cvetove in semena in torej preide v reproduktivno fazo, ki se nato konča s propadom in smrtjo rastline. Semena se izsušijo in so v stanju mirovanja, počitka. Semena lahko ostanejo v tem stanju dalj časa (Hopkins, 1999; Šterman, 2013).

Seme vsebuje zarodek, sestavljen iz korenice, stebelca in zasnove zelenih listov, iz katerega se razvije nova rastlina. V semenu so navadno še založne snovi, ki kaleči rastlinici omogočijo preživetje, dokler se ne razvijejo zeleni listi (Šorgo in sod., 2014, str. 99).

Mlade rastline fižola, jablane, pomarančevcev imajo založne snovi shranjene v dveh kličnih listih in jih imenujemo dvokaličnice. Rastline, kot so trave, lilije ali palme, pa imajo le en klični list, torej so enokaličnice, založne snovi pa imajo v močnatem telesu (Šorgo in sod., 2014, str. 99).

2.2.1 Fižol

Fižol (znanstveno ime *Phaseolus*) spada v razred dvokaličnic (*Magnoliopsida*). Dvokaličnice so rastline z dvema kličnima listoma in predstavljajo največjo skupino kritosemenk.

Imajo koreninski sistem z glavno korenino. Žile so nedovršene in so v prečnem prerezu razporejene v krogu ter imajo razvit kambialni obroč, ki povzroča sekundarno odebelitev. Listi so navadno pecljati, mrežasto žilnati, pogosto tudi sestavljeni. Značilna je olesenitev. Cvetovi so 4- ali 5-števni (Dvokaličnice.Wikipedija, 2014).

Fižol je domače ime za rod rastlin iz družine metuljnic (*Fabaceae*). Njihova velika semena se uporabljajo kot hrana ali krma.

Fižol Zorin, ki sem ga uporabil pri eksperimentu, je nizki fižol, primeren za zrnje, in je slovenska avtohtona sorta. V višino zraste do 40 cm. Seme kali od 8 do 10 dni.

Domovina fižola je Južna Amerika. Pred davnimi leti so ga že Indijanci sadili skupaj s koruzo, bučami in konopljo. Uživali so zelenega in posušenega, pa tudi fižolovi listi so bili priljubljeni.

V Evropi se prvič omenja leta 1542, Slovenci pa smo ga začeli gojiti v 17. stoletju. Legenda pravi, da se je veliki puščavnik sv. Simon na smrtni postelji zaradi lakote, ki je vladala, odrekel mesu in si je za poslednjo jed zaželel krožnik fižola. V srednjem veku so fižolu rekli *meso ubogih*. V zvezi s fižolom so imeli v Prekmurju in v Beli Krajini kar precej navad in običajev. Fižol, kuhan na mleku ali na vodi in nezabeljen, je bil včasih postna jed.

Fižol je danes nenadomestljiva skupina zelenjave. Med povrtninami ima suho fižolovo zrnje visoko energijsko vrednost, saj 100 g vsebuje 335 kalorij. To vrednost predstavljajo ogljikovi hidrati, ki zavzemajo 55 odstotkov od vseh sestavin v zrnju. Lupina suhega zrna je celulozna in težje prebavljiva.

Z rednim uživanjem fižolovih jedi telo bogatimo s fosforjem, magnezijem, kalcijem, železom in kalijem. Ker vsebuje fižol malo natrija in veliko kalija, učinkuje diuretično. Vsebuje tudi vitamine iz B-skupine, karotin in vitamin C ter vitamin D (Fižol, 2016).

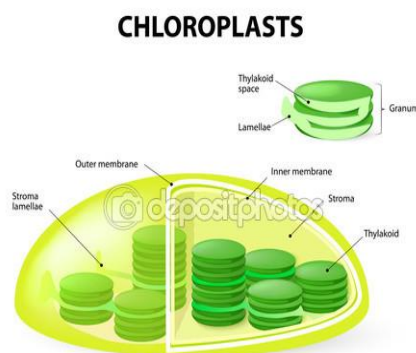
2.2.2 Fotosinteza

Fotosinteza je biokemijski proces v fotosintetskih organizmih, ki pretvarjajo sončno energijo v kemično. V zelenih tkivih rastlin se s pomočjo svetlobe ogljikov dioksid spreminja v sladkor (hrana), obenem pa se sprošča kisik kot stranski produkt.

Sladkorje, ki nastanejo pri fotosintezi, lahko rastlina uskladišči kot škrob, nekaj pa jih uporabi za izdelavo drugih snovi, ki jo gradijo (npr. celuloza, beljakovine, olja, vitamini). Kisik rastline sproščajo v okolje. Del sladkorjev in kisika rastlina porabi za celično dihanje, v katerem se sprošča energija, potrebna za delovanje (Šorgo in sod., 2014, str. 64).

Fotosinteza lahko v rastlinah poteka zaradi klorofila, snovi, ki s pomočjo svetlobe povzroči pretvorbo energije. Klorofil je zeleno barvilo, ki daje značilno barvo algam in rastlinam. Nahaja se v celičnih organelih, imenovanih kloroplasti. Posebno veliko kloroplastov je v celicah parenhimskega tkiva listov. Zaradi barve klorofila so deli rastlin, v katerih poteka fotosinteza, zeleni. V delih rastlin, kjer fotosinteza ne poteka (npr. korenine, veje, notranjost sadežev), ni kloroplastov (Šorgo in sod., 2014, str. 64).

Notranjost kloroplasta je zapolnjena z obsežnim membranskim sistemom tilakoid. Na membrane tilakoid je vezano fotosintetsko barvilo klorofil. Na tem mestu poteka svetlobna reakcija fotosinteze. Tilakoide so urejene v skladovnice – grane. Vsako grano tako sestavlja kar nekaj tilakoid, ki so naložene druga vrh druge (Cuerda, 2006, str. 18, 19).



Slika 1: Kloroplast. (Vir: Chloroplaststructure, 2016)

Tudi rastline dihajo, ne samo živali. Ravno tako porabljajo kisik iz zraka in v ozračje oddajajo ogljikov dioksid. Vendar je njihova fotosintetska dejavnost veliko intenzivnejša kot njihovo dihanje (Cuerda, 2006, str. 18, 19).



Slika 2: Fotosinteza. (Vir: Fotosinteza, 2016)

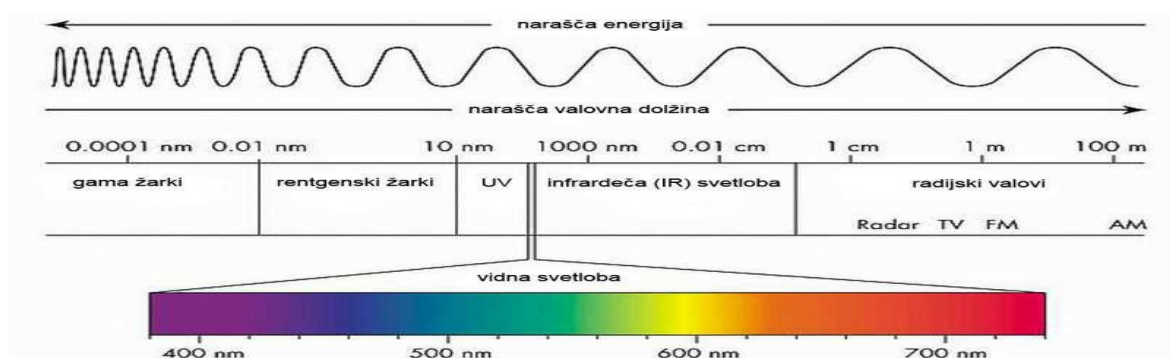
Intenzivnost fotosinteze je sorazmerna z naraščanjem koncentracije ogljikovega dioksida v zraku, s temperaturo (do določene točke) in z močjo svetlobe.

Jeseni se nekatera drevesa obarvajo rumeno ali rdeče. Poleg klorofila imajo namreč rastline v kloroplastu tudi druga fotosintetska barvila. Rastline, ki pred zimo izgube svoje liste, jeseni zažarijo v pisanih barvah, ker v tistem času klorofil iz listov umaknejo v trajna tkiva, preden listi odpadejo. V listih tako ostanejo le pomožna barvila, ki se pokažejo v čudovitih rumenih in rdečih odtenkih. Spomladi se v liste znova vrne klorofil in jih obarva zeleno (Cuerda, 2006, str. 18, 19).

2.3 Vidni spekter svetlobe

2.3.1 Svetloba

Svetloba je oblika sevalne energije, ki na Zemljo prihaja s sonca. Spekter valovanja, ki vpada na Zemljo je zelo širok (slika 3). S pojmom svetloba bom v nalogi opisal del elektromagnetnega valovanja, ki zajema vidni del v sončevi svetlobi (Hopkins, 1999; Šterman, 2013).



Slika 3: Svetlobni spekter. (Svetila LED, 2016)

Celoten svetlobni spekter zajema:

- ✓ 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),
- ✓ infrardeče sevanje (valovna dolžina od 750 nm do 1 mm),
- ✓ radijske valove (valovna dolžina od 1 mm do nekaj 10 km).

Različne valovne dolžine uporabljamo v različne namene. Rentgenske žarke uporabljamo v medicini za slikanje notranjih organov in poškodb kosti. Večino UV-sevanja absorbira ozonska plast. Vidna svetloba je najpomembnejša za človeka. Vidno svetlobo človek zaznava z očmi, ta zaznava pa se analizira v vidnem delu velikih možganov. Zelo je pomembna za fotosintezo. Vsaka barva, ki jo vidimo, ima določeno valovno dolžino (Svetlobni spekter, 2016).



Slika 4: Spektralne barve. (Spektralne barve, 2016)

2.3.2 Vpliv svetlobe na rast rastlin

Učinki sevanja na rastline so odvisni od barve, jakosti in trajanja sevanja. Za rastline najpomembnejši del je ta, ki ga naše oko zazna in ki omogoča fotosintezo—imenujemo ga fotosintetsko aktivno sevanje (PAR) (Šterman, 2013).

Jakost svetlobe vpliva na potek fotosinteze. Prevelika lahko povzroči poškodbe na rastlinah, premajhna pa nepravilen razvoj rastlin. Značilni pojavi odsotnosti svetlobe pri rastlinah se kažejo z odsotnostjo zelene barve, kar je posledica zmanjšane sinteze klorofila, in močno zmanjšano listno površino ter pospešeno rastjo v dolžino, kar imenujemo etiolacija. V rastlinah najdemo več fotoreceptorjev, ki zaznavajo svetlobne signale in prepoznavajo določene valovne dolžine. Med pomembnejše sodijo fitokrom, receptor za rdečo svetlobo, in več receptorjev za modro svetlobo. Fitokrom najmočneje vpija svetlobo v rdečem delu in najmanj v modrem delu svetlobnega spektra. Ima ključno vlogo pri fotomorfogenezi (vpliv svetlobe na razvoj rastline) (Vodnik, 2012, str. 120—130). Fitokrom sproži izdelavo klorofila. Rastlina s fitokrom sistemom meri dolžino dneva oziroma noči. Najbolj znan je vpliv svetlobe na cvetenje—iste vrste zacvetijo skoraj istočasno. Cvetenje mnogih rastlin je odvisno od dolžine dneva ob določenem letnem času. Receptorji za modro svetlobo so prav tako velikega pomena, saj uravnavajo fototropizem (rastlina se obrne proti sončni svetlobi), rast stebela v dolžino, odpiranje listnih rež in gibanje kloroplastov (Vodnik, 2012, str. 120—130).

Ti procesi se odvijajo v rastlini pod vplivom fotoreceptorjev, ki absorbirajo valovne dolžine v območju modre in zelene barve. Eden od receptorjev za modro svetlobo vpliva na zaviranje rasti stebela (rast se upočasni pri osvetljevanju z modro svetlobo), drugi vpliva na gibanje kloroplastov (pri šibki svetlobi se razporedijo tako, da ujamejo čim več svetlobe, pri premočni pa se umaknejo na rob celice), tretji je za fototropizem (pride tudi do krivljenja), četrti spodbuja odpiranje listnih rež. UV-svetloba, ki kljub atmosferi pride do Zemlje, negativno vpliva na rast rastlin (Vodnik, 2012, str. 120—130).

2.4 Zavarovani prostori

V svetu je poznano veliko število raznih vrst zavarovanega prostora. Izbor vrste zavarovanega prostora je običajno povezan z namenom koriščenja prostora, s klimatskimi razmerami ter finančno zmožnostjo vrtnarja. Izbor zavarovanega prostora pogosto še ne zagotavlja uspešnosti pridelovanja. Poznati moramo tudi zahteve gojenih vrtnin in odzive rastlin na bolj ali manj ugodne pridelovalne razmere. V vrtnarstvu se za izboljševanje pridelovalnih razmer najpogosteje uporabljajo naslednje vrste zavarovanega prostora:

- zaprte grede,
- rastlinjaki,
- visoki tuneli,
- nizki tuneli,
- neposredno prekrivanje rastlin z naluknjano ali narezano polietilensko folijo,
- neposredno prekrivanje s polipropilenskimi prekrivali (koprenasti materiali),
- lokalno zavarovanje rastlin z zvonovi, plastičnimi vrečkami,
- prekrivanje tal s folijo in drugimi zastirnimi materiali,
- varovanje rastlin pred točo z montažo zaščitnih mrež,
- varovanje posevkov pred premočnim vetrom z montažo zaščitnih mrež ali zasaditvijo zaščitnih pasov,
- varovanje rastlin pred premočnim sončnim sevanjem (senčenje – zastiranje zavarovanega prostora – rastlin) (Šterman, 2013).

Tudi sam sem v eksperimentu kalil fižol v zavarovanem prostoru, z uporabo barvnih folij.

3 EKSPERIMENTALNI DEL

Z eksperimentom sem raziskal, kako različni barvni filtri vplivajo na rast in razvoj rastlin. Iz teoretičnega dela je razvidno, da na razvoj rastlin vpliva predvsem vidna svetloba. Ugotovil sem, da različne barve (različne valovne dolžine) različno vplivajo na kalitev in predvsem kasneje na rast in razvoj rastlin (ko se razvijejo listi in se prične fotosinteza). Pomembni so predvsem različni odtenki rdeče in modre barve, saj vplivajo na fotosintezo preko fotoreceptorjev (rast listov, rast v višino). Rastline pa imajo zeleno barvo, ker jo odbijajo.

3.1 Raziskovalne metode

Pri pisanju raziskovalne metode sem uporabil zraven metode eksperimentalnega dela še druge metode raziskovalnega dela. V uvodnem delu sem uporabil metodo dela z viri in literaturo. Prav tako sem uporabljal še metodo analize in sinteze.

3.1.1 Priprava na meritve

Enajst steklenih kozarcev sem ovil s folijami različnih barv. Zgoraj sem iz folij naredil še kapice, da je bilo seme popolnoma pod enako svetlobo. V kapici sem pustil luknjo za zrak. En kozarec sem pustil brez folije. V kozarce sem dal vato, da bi se voda, s katero sem zalival semena, lažje vpila. Na vato sem v vsak kozarec položil štiri semena fižola in jih zalil prvi dan s šestimi mililitri vode na kozarec (semena vsebujejo le 5 % vode, zato sem prvi dan podvojil količino vode, saj potrebujejo zadostno količino vode za pričetek kalitve). Naslednje dni pa sem nadaljeval s tremi mililitri vode. Eksperiment sem izvajal v termično stabilni sobi (23 °C), osvetljeni z dnevno/nočno svetlobo.

Vsak drugi dan sem slikal semena ter napredek zabeležil v tabelo.



Slika 5: Postavitev poskusa. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)

Na sliki so kozarci od leve proti desni: brez folije (steklo) – dnevna svetloba, modro zelena, črna – popolnoma zatemnjeno, temno vijolična, svetlo zelena, modra, rdeča, roza, svetlo vijolična, temno zelena, rumena, oranžna svetloba.

3.1.2 Valovne dolžine filtrov

Steklene kozarce sem ovil s folijami (filtri) različnih barv, katerim sem izmeril tudi valovno dolžino prepustnosti. To sem naredil s spektrometrom Vernier (SpectroVis Plus) in ustreznim optičnim vlaknom (SVIS-FIBER).

Na računalnik sem si naložil programsko opremo Logger Pro 3.8.4.2 in ga povezal z vmesnikom Vernier LabQuest 2 in omenjenim spektrometrom. Vanj sem dal omenjeno optično vlakno.

Optično vlakno sem dal v vsak pokrit lonček in izmeril valovno dolžino prepustnosti filtra – vse vrednosti so zapisane v spodnji tabeli. V nadaljevanju pa so še grafi meritev.

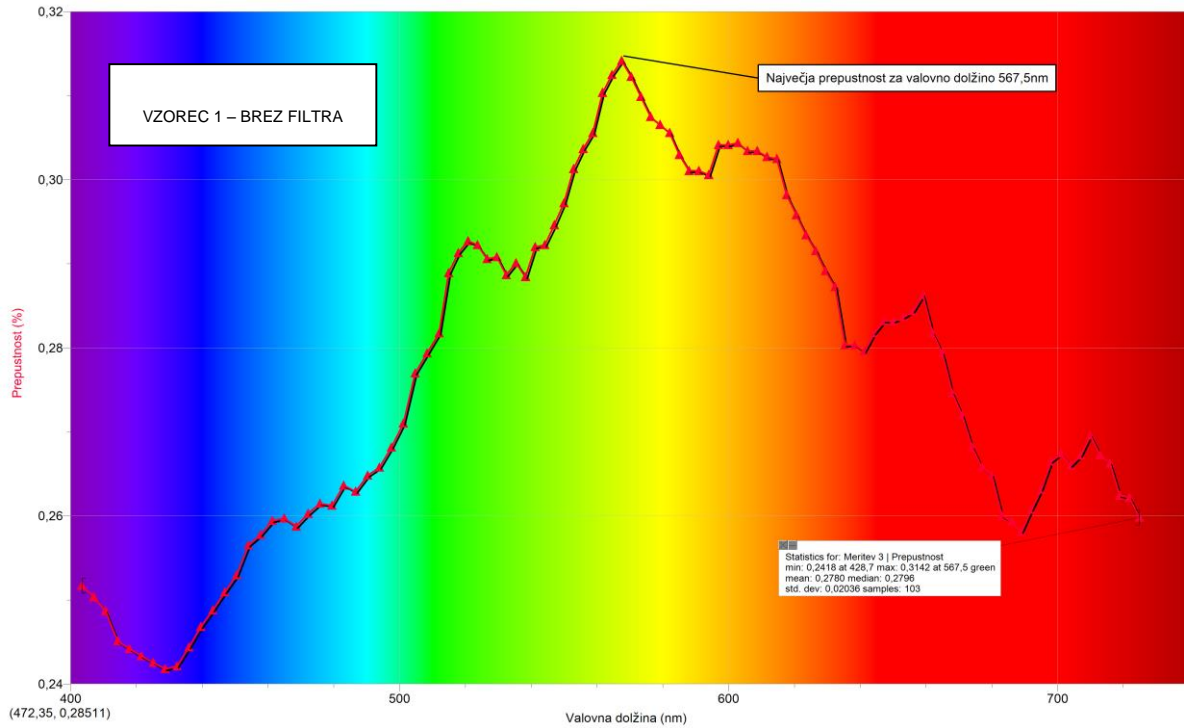


Slika 6: Priprava na meritev. (Avtor: Robert Sterkuš, 2015)

4 REZULTATI

4.1 Meritve prepustnosti valovnih dolžin pri različnih barvnih filterih

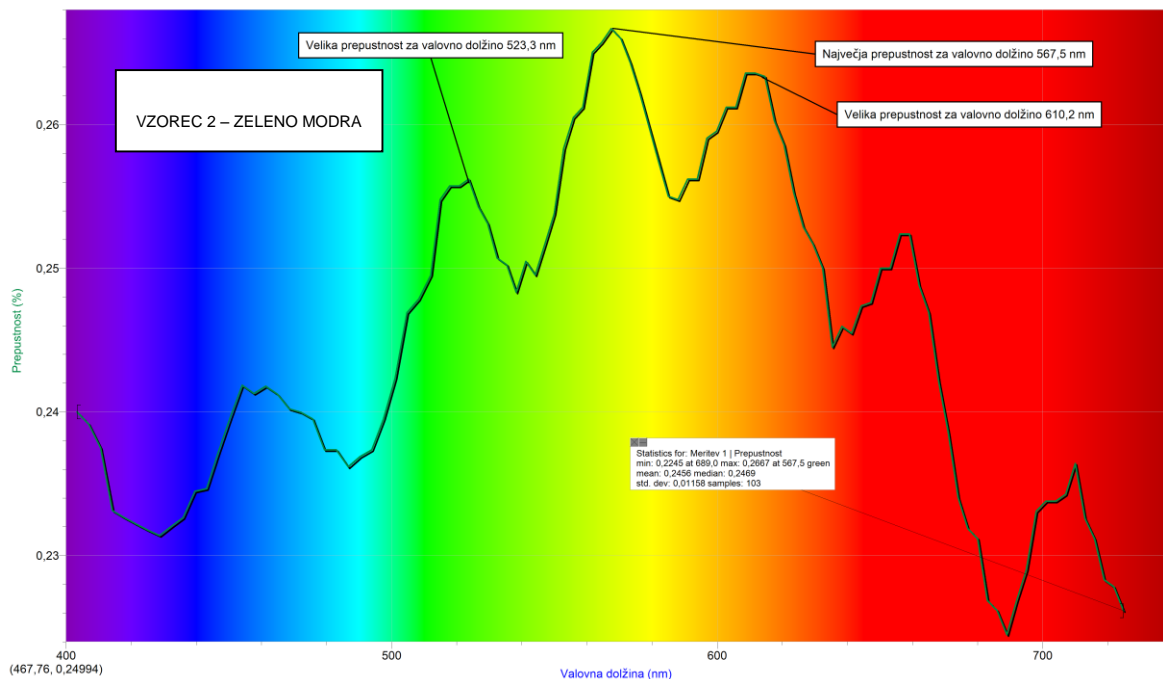
VZOREC 1 – BREZ FILTRA



Slika 7: Prepustnost za vzorec 1.

Vzorec 1 ni imel zaščitne folije in naj bi prepuščal vse valovne dolžine vidne svetlobe. Največja prepustnost je bila v rumeno-zelenem delu svetlobnega spektra, in sicer pri 567,5 nm.

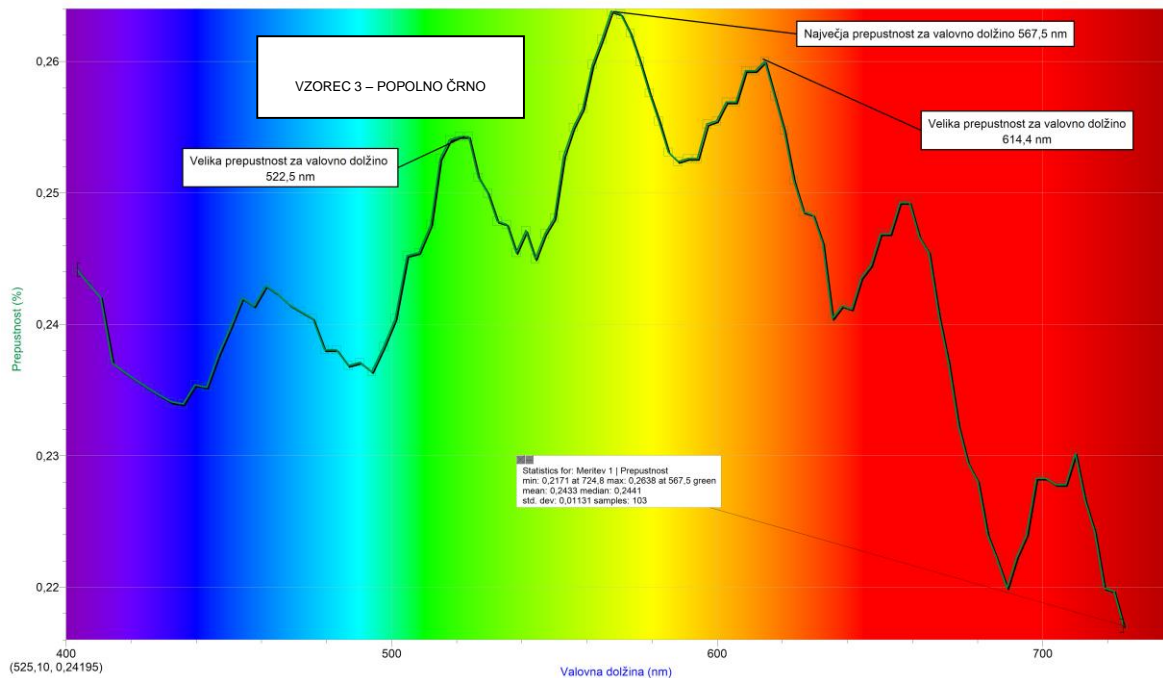
VZOREC 2 – ZELENO MODRA



Slika 8: Prepustnost za vzorec 2.

Vzorec 2 je bil ovit z zeleno modrim filtrom. Njegova največja prepustnost je bila pri 567,5 nm, ki je v območju rumeno-zelenega spektra. Zelo velika prepustnost filtra je bila tudi pri valovni dolžini 610,2 nm in prav tako pri valovni dolžini 523,3 nm v območju zelene.

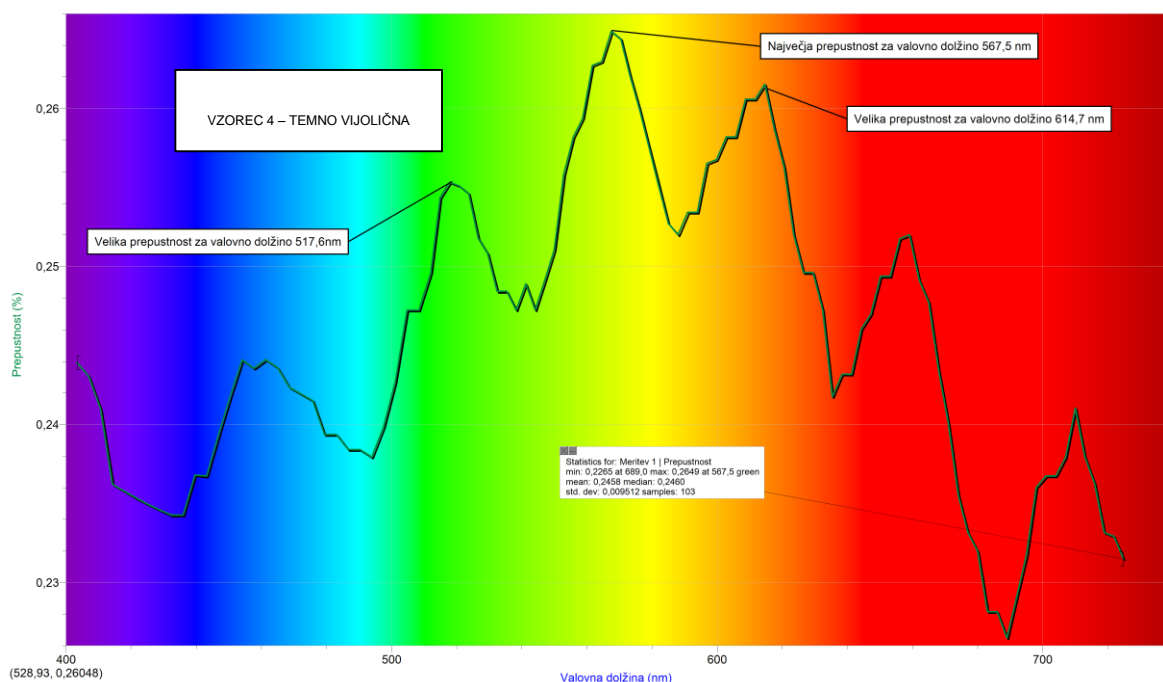
VZOREC 3 – POPOLNO ČRNO



Slika 9: Prepustnost za vzorec 3.

Vzorec 3 je bil popolnoma ovit s črnim risalnim papirjem. Mislim sem, da ne bo prepuščal nobene barve, a se je izkazalo čisto drugače. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm svetlobnega spektra. Velika prepustnost je bila tudi pri 522,5 nm in 614,4 nm.

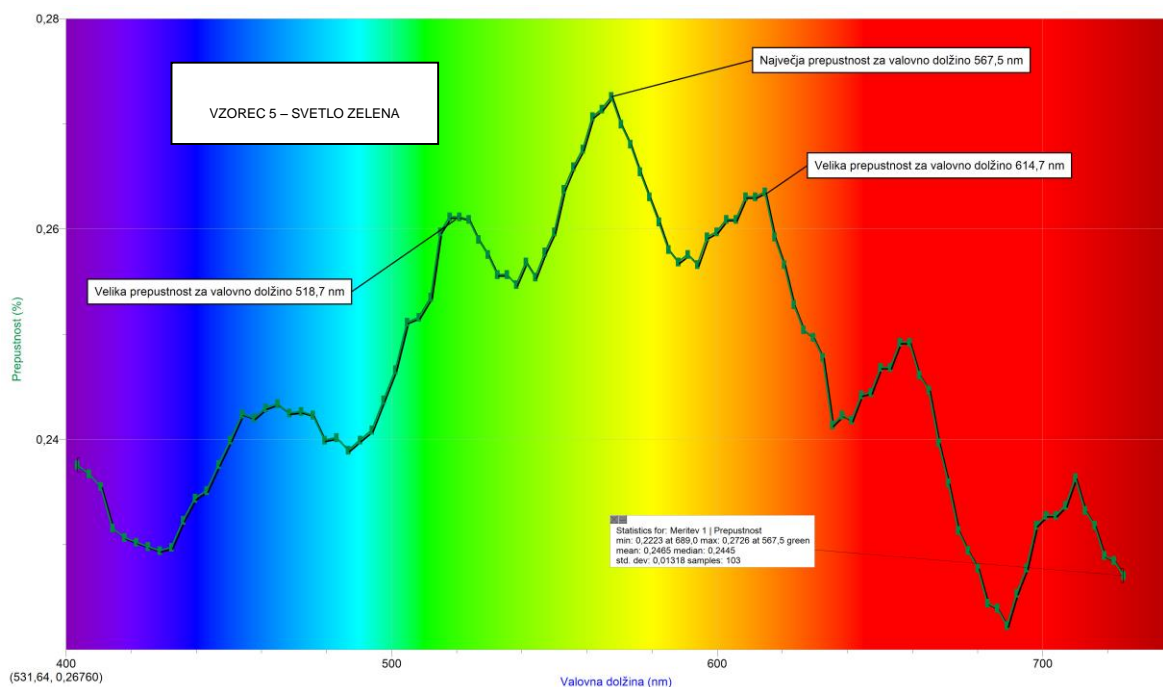
VZOREC 4 – TEMNO VIJOLIČNA



Slika 10: Prepustnost za vzorec 4.

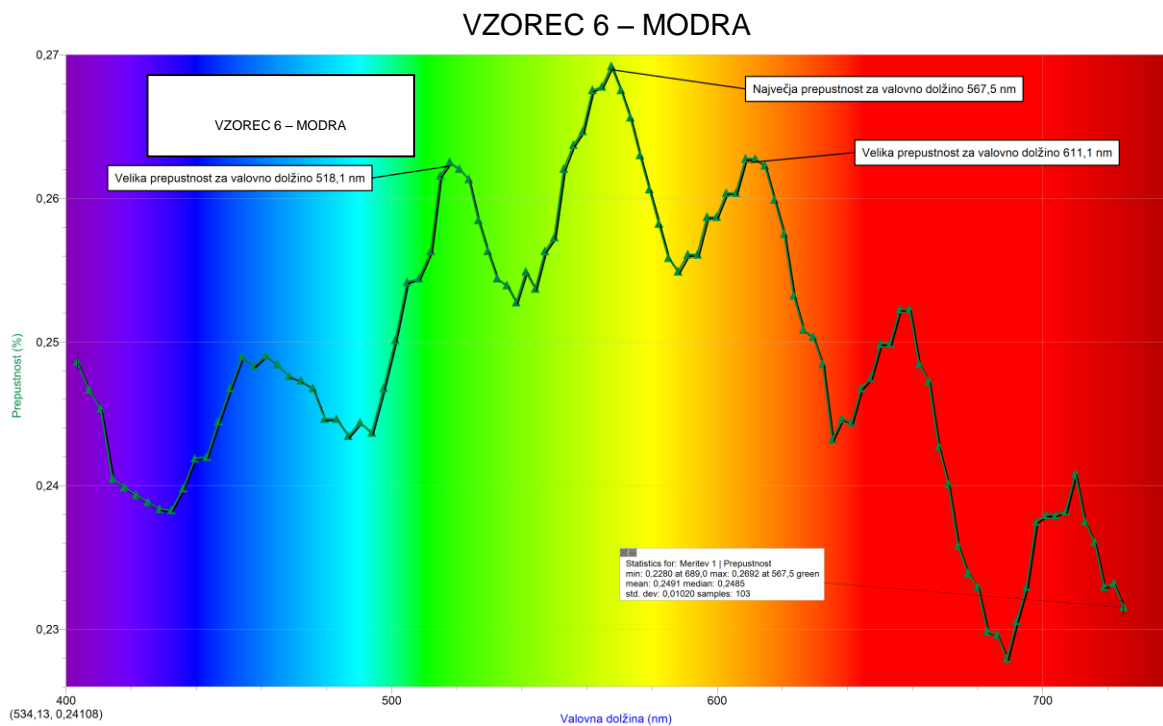
Ta vzorec je bil ovit z vijoličnim filtrom. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm v zeleno-rumenem delu. Veliko prepustnost pa je imel tudi pri 614,7 nm in pri 517,6 nm.

VZOREC 5 – SVETLO ZELENA



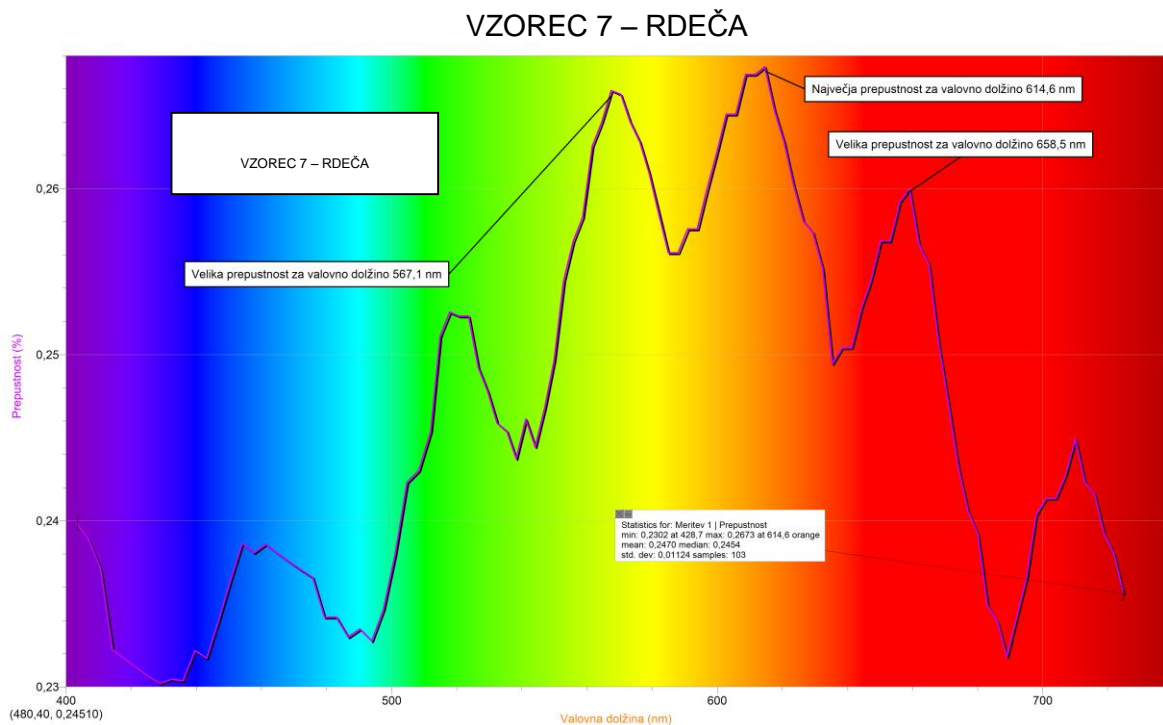
Slika 11: Prepustnost za vzorec 5.

Ta vzorec je bil ovit s svetlo zelenim filtrom. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm. Veliko prepustnost pa je imel še pri 518,7 nm in pri 614,7 nm.



Slika 12: Prepustnost za vzorec 6 .

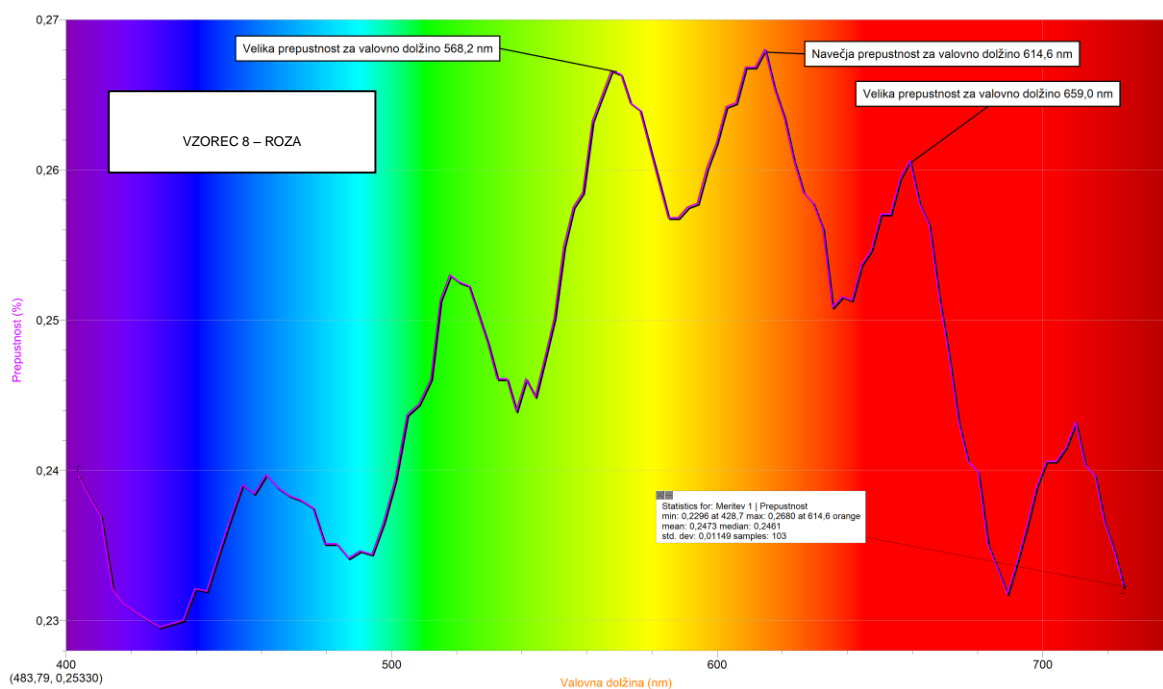
Ta vzorec je bil ovit v modri filter. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm. Veliko prepustnost je imel še pri 518,1 nm in pri 611,1 nm.



Slika 13: Prepustnost za vzorec 7.

Ta vzorec sem ovil z rdečim filtrom. Največjo prepustnost je imel pri 614,6 nm v oranžnem območju. Veliko prepustnost je imel tudi pri 567,1 nm in 658,5 nm, kar je v območju rdeče.

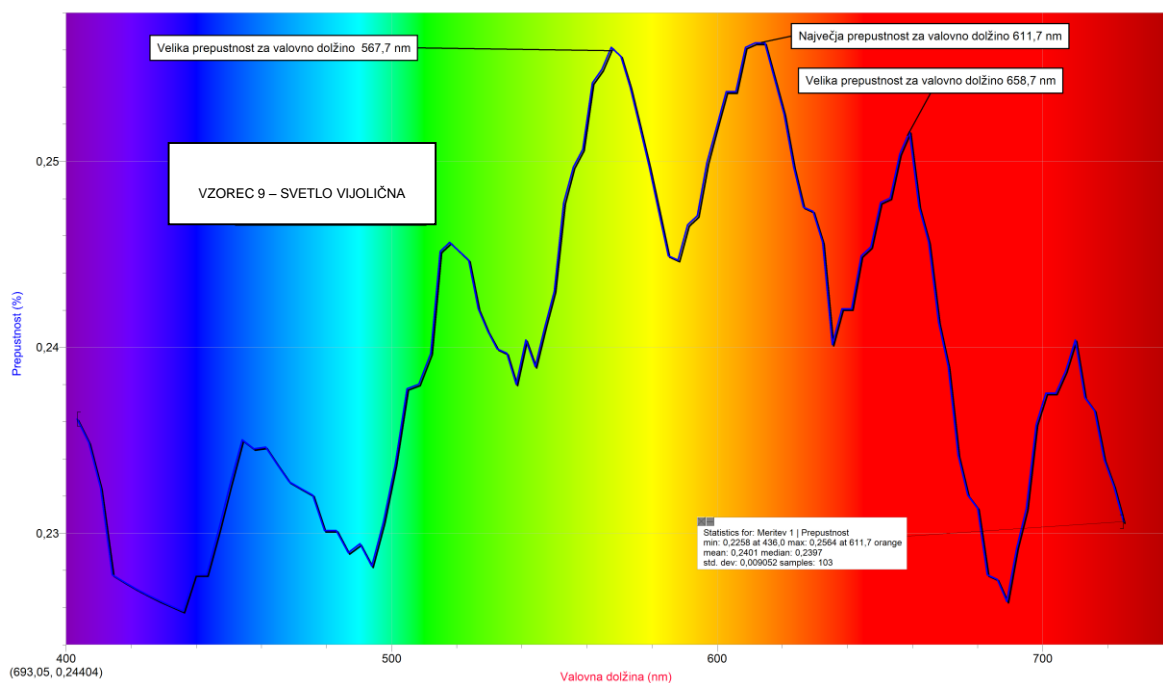
VZOREC 8 – ROZA



Slika 14: Prepustnost za vzorec 8.

Ta vzorec sem ovil s filtrom roza barve. Največjo prepustnost je imel pri 614,6 nm v oranžnem območju, veliko prepustnost pa je imel še pri 568,2 nm in 659,0 nm.

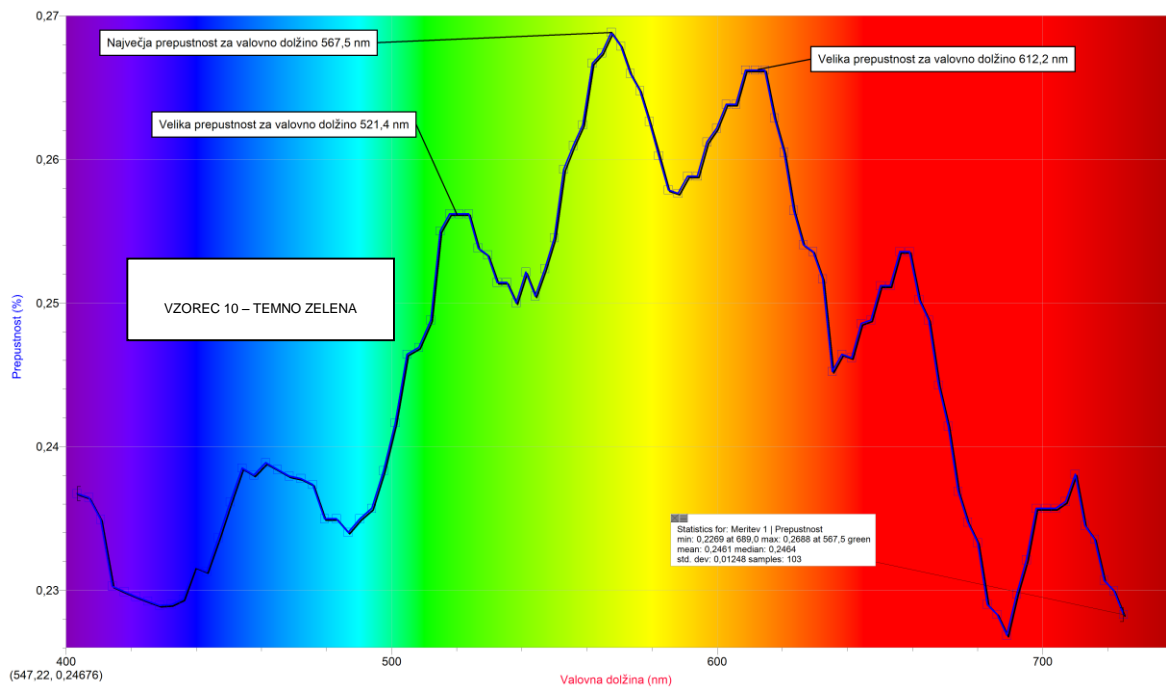
VZOREC 9 – SVETLO VIJOLIČNA



Slika 15: Prepustnost za vzorec 9.

Ta vzorec sem ovil s filtrom svetlo vijolične barve. Največjo prepustnost je imel pri 611,7 nm v oranžnem območju, veliko prepustnost pa je imel še pri 567,7 nm in 658,7 nm.

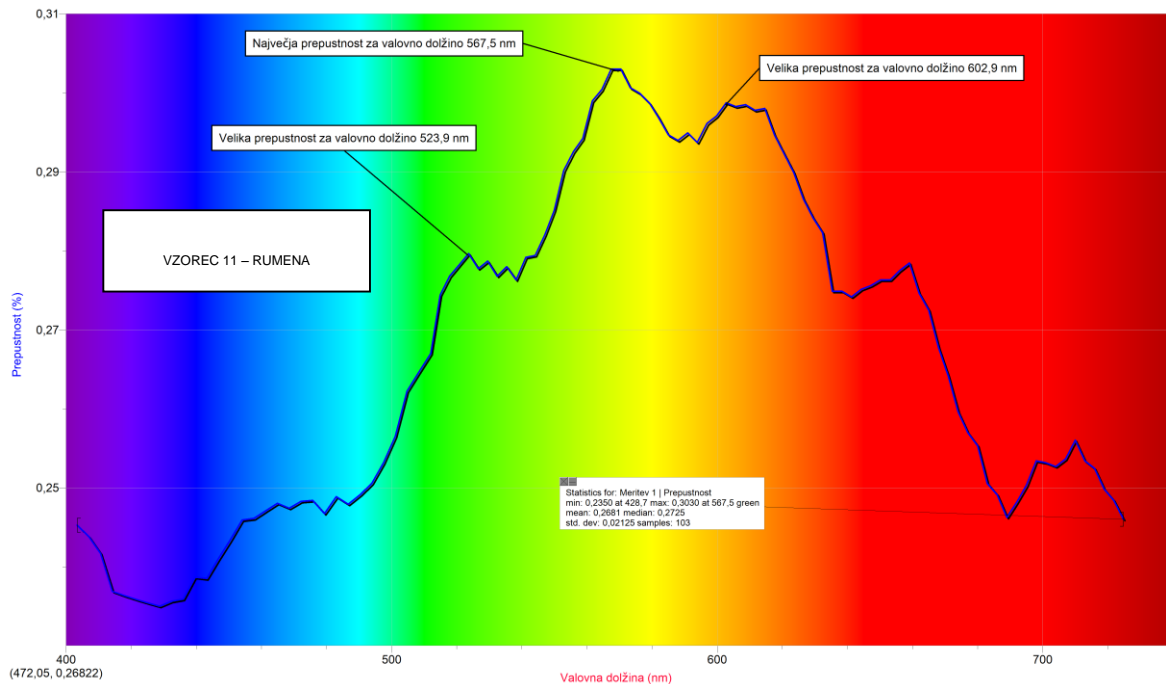
VZOREC 10 – TEMNO ZELENA



Slika 16: Prepustnost za vzorec 10.

Ta vzorec sem ovil s filtrom temno zelene barve. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm v zelenem območju, veliko prepustnost pa je še imel pri 521,4 nm in 612,2 nm.

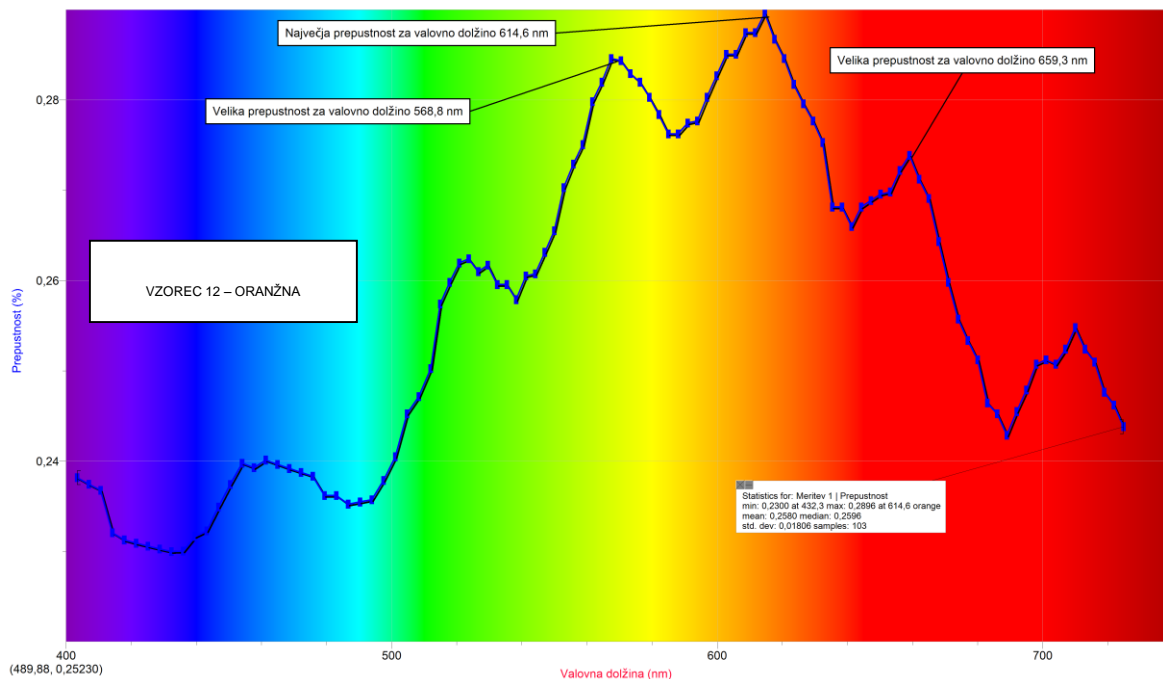
VZOREC 11 – RUMENA



Slika 17: Prepustnost za vzorec 11.

Ta vzorec sem ovil s filtrom temno zelene barve. Največjo prepustnost je imel pri 567,5 nm v zelenem območju, veliko prepustnost pa je še imel pri 523,9 nm in 602,9 nm.

VZOREC 12 – ORANŽNA



Slika 18: Prepustnost za vzorec 12.

Ta vzorec sem ovil s filtrom oranžne barve. Največjo prepustnost je imel pri 614,6 nm v zelenem območju, veliko prepustnost pa je imel še pri 568,8 nm in 659,3 nm.

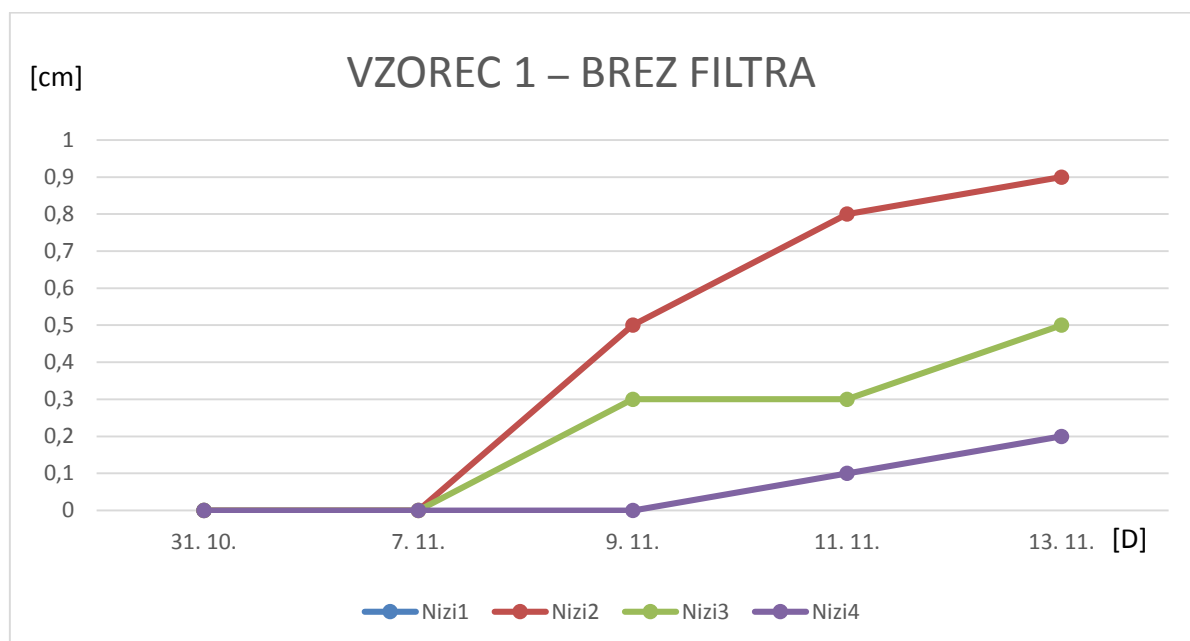
4.2 Rezultati opazovanja rasti in razvoja rastlin pri različnih barvnih filtrih

4.2.1 Tabele in grafi meritev pri posameznih kozarcih

VZOREC 1 – BREZ FILTRA

Tabela 1: Kalitev in rast semen – brez filtra.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	/	/	/	/
2	0	0	0,5	0,8	0,9
3	0	0	0,3	0,3	0,5
4	0	0	0	0,1	0,2



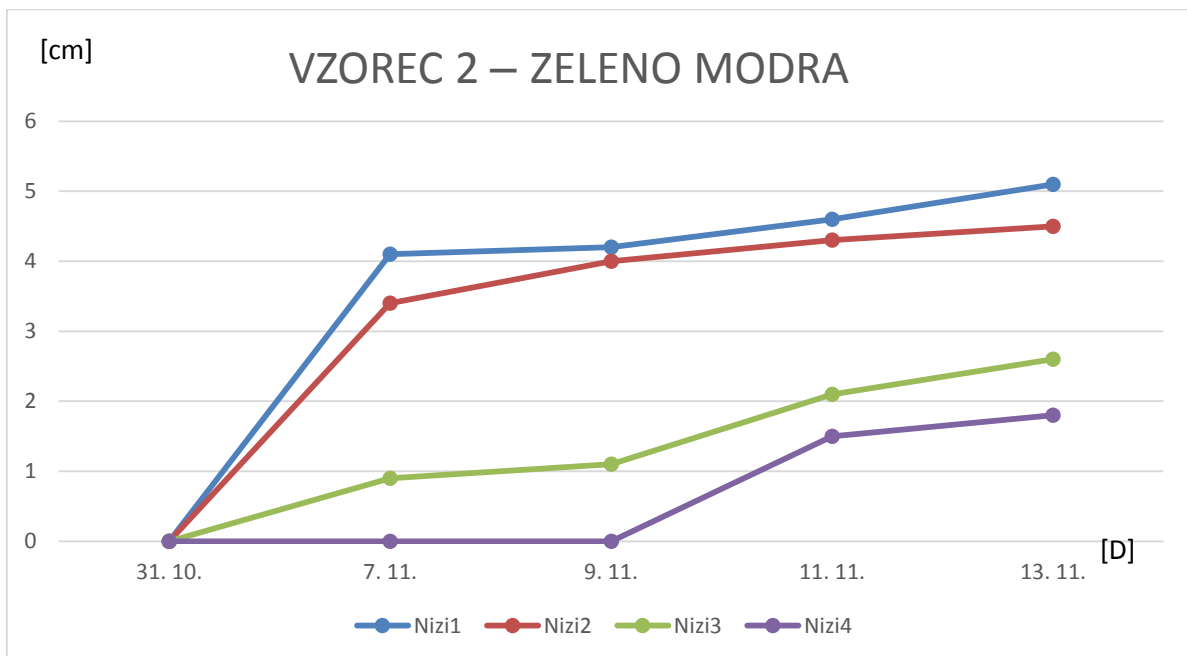
Slika 19: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – brez filtra.

Iz grafa (slika 19) je razvidno, da so semena klila pozno in rastla počasi. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da eno od semen še ni vzkilo, dve semeni pa sta pričeli z rastjo. Najboljše seme je zrastle le do 0,9 cm.

VZOREC 2 – ZELENOMODRA

Tabela 2: Kalitev in rast semen – zelenomodra.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	4,1	4,2	4,6	5,1
2	0	3,4	4	4,3	4,5
3	0	0,9	1,1	2,1	2,6
4	0	0	0	1,5	1,8



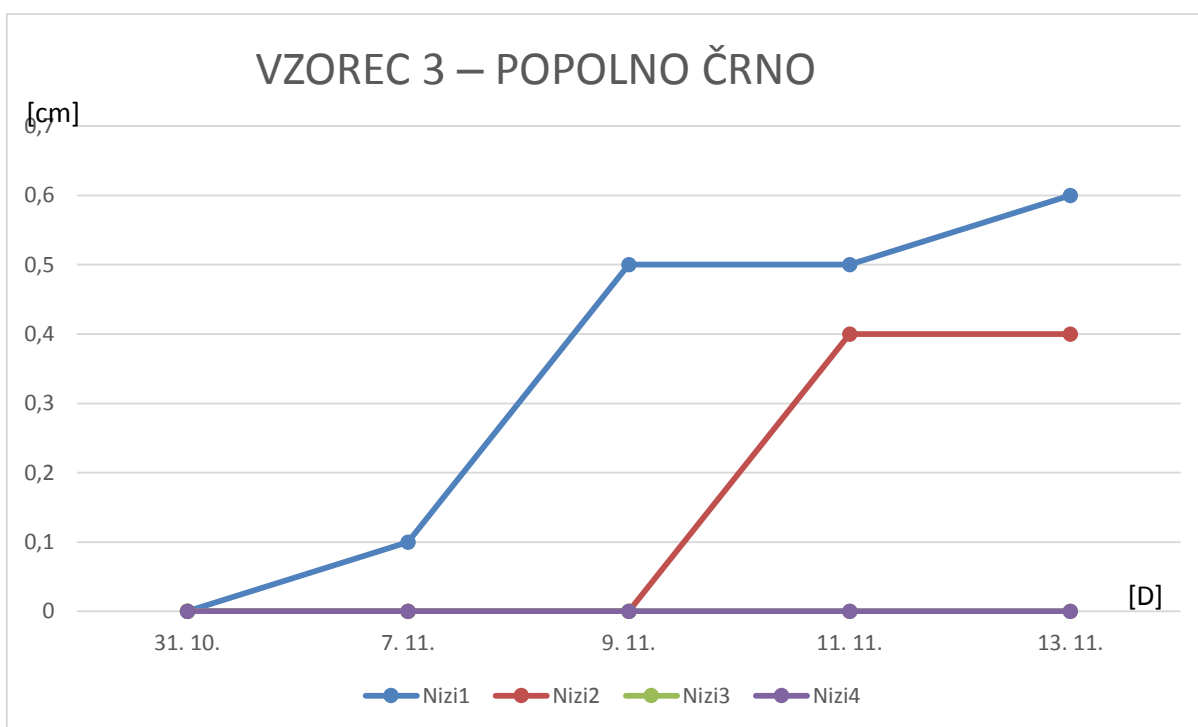
Slika 20: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – zeleno modra.

Iz grafa (slika 20) je razvidno, da so semena vzknila kar hitro in rastle zmerno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da eno od semen še ni vzknilo, tri semena pa so pričela z rastjo. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle do 5,1 cm.

VZOREC 3 – POPOLNO ČRNO

Tabela 3: Kalitev in rast semen – popolno črno.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	0,1	0,5	0,5	0,6
2	0	0	0	0,4	0,4
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0



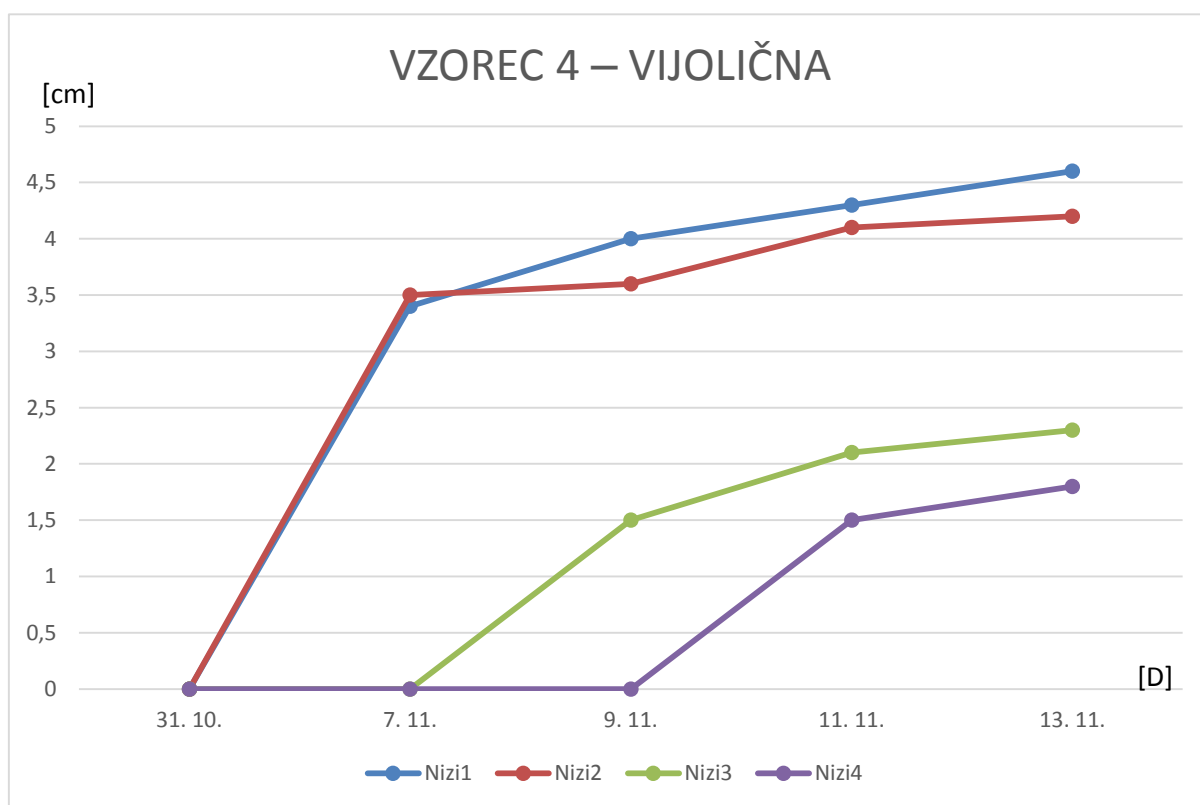
Slika 21: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – popolno črno.

Iz grafa (slika 21) je razvidno, da so semena vzklija pozno oz. eno od semen sploh ni vzklijo in da so rastle zelo počasi. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da tri semena še niso vzklija, eno seme pa je pričelo z rastjo. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle do 0,6 cm.

VZOREC 4 – TEMNO VIJOLIČNA

Tabela 4: Kalitev in rast semen – temno vijolična.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	3,4	4	4,3	4,6
2	0	3,5	3,6	4,1	4,2
3	0	0	1,5	2,1	2,3
4	0	0	0	1,5	1,8



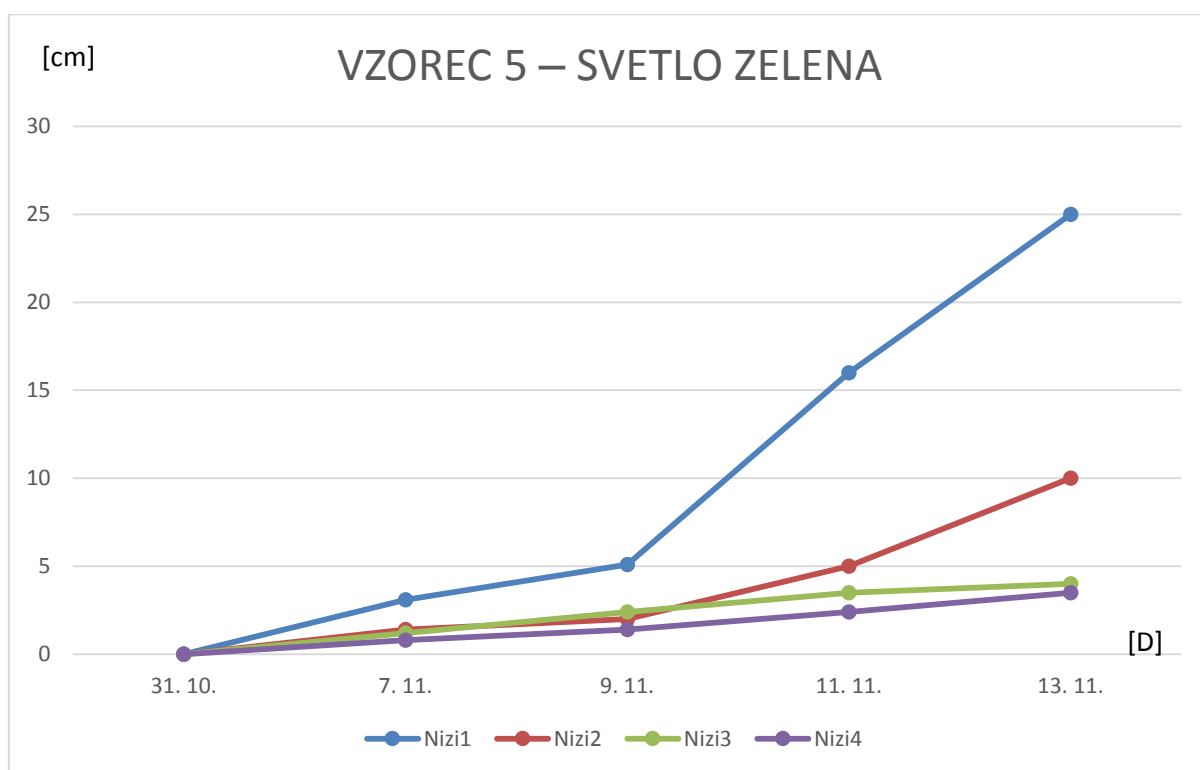
Slika 22: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – temno vijolična.

Iz grafa (slika 22) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastla zmerno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da dve semeni še nista vzkli, dve semeni pa sta pričeli z rastjo. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle do 4,6 cm.

VZOREC 5 – SVETLO ZELENA

Tabela 5: Kalitev in rast semen – svetlo zelena.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	3,1	5,1	16	25
2	0	1,4	2	5	10
3	0	1,2	2,4	3,5	4
4	0	0,8	1,4	2,4	3,5



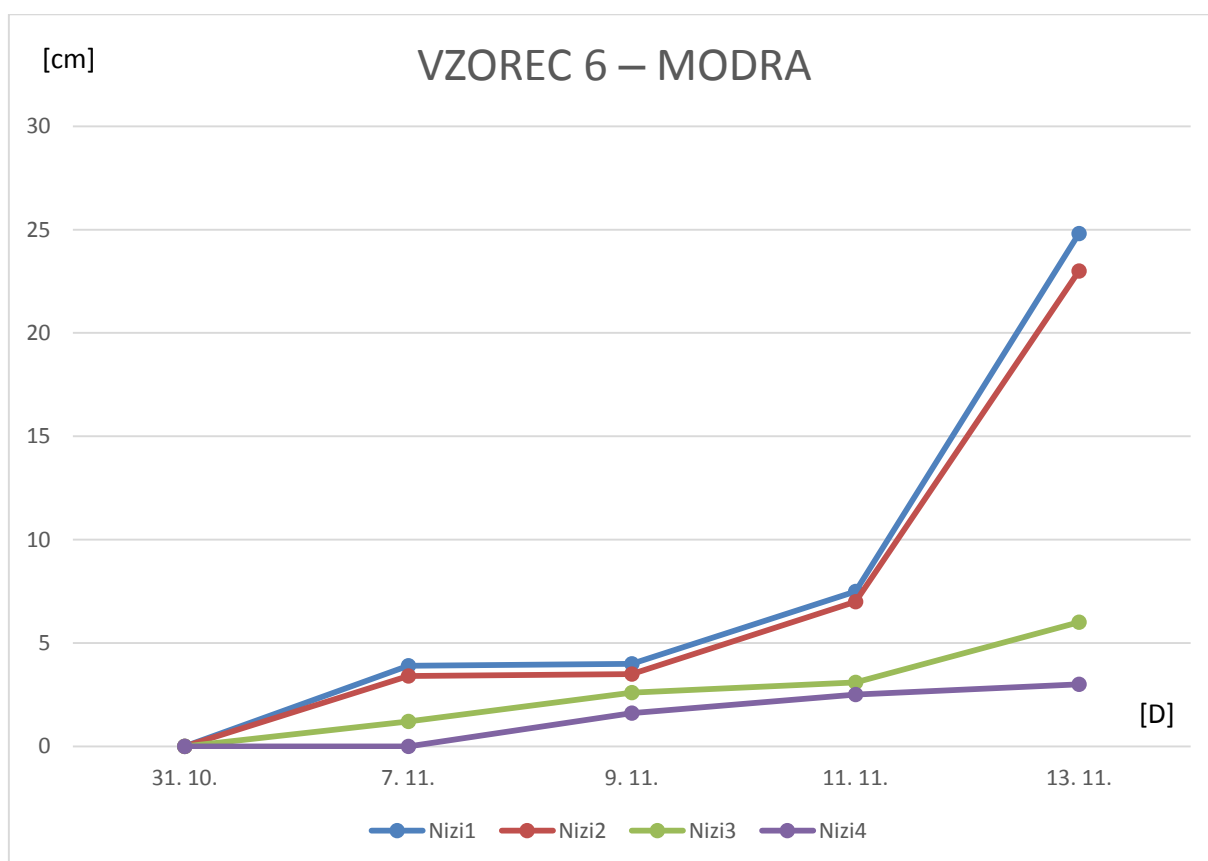
Slika 23: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – svetlo zelena.

Iz grafa (slika 23) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastle bliskovito. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vsa semena vzkli. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle do 25 cm.

VZOREC 6 – MODRA

Tabela 6: Kalitev in rast semen – modra.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	3,9	4	7,5	24,8
2	0	3,4	3,5	7	23
3	0	1,2	2,6	3,1	6
4	0	0	1,6	2,5	3



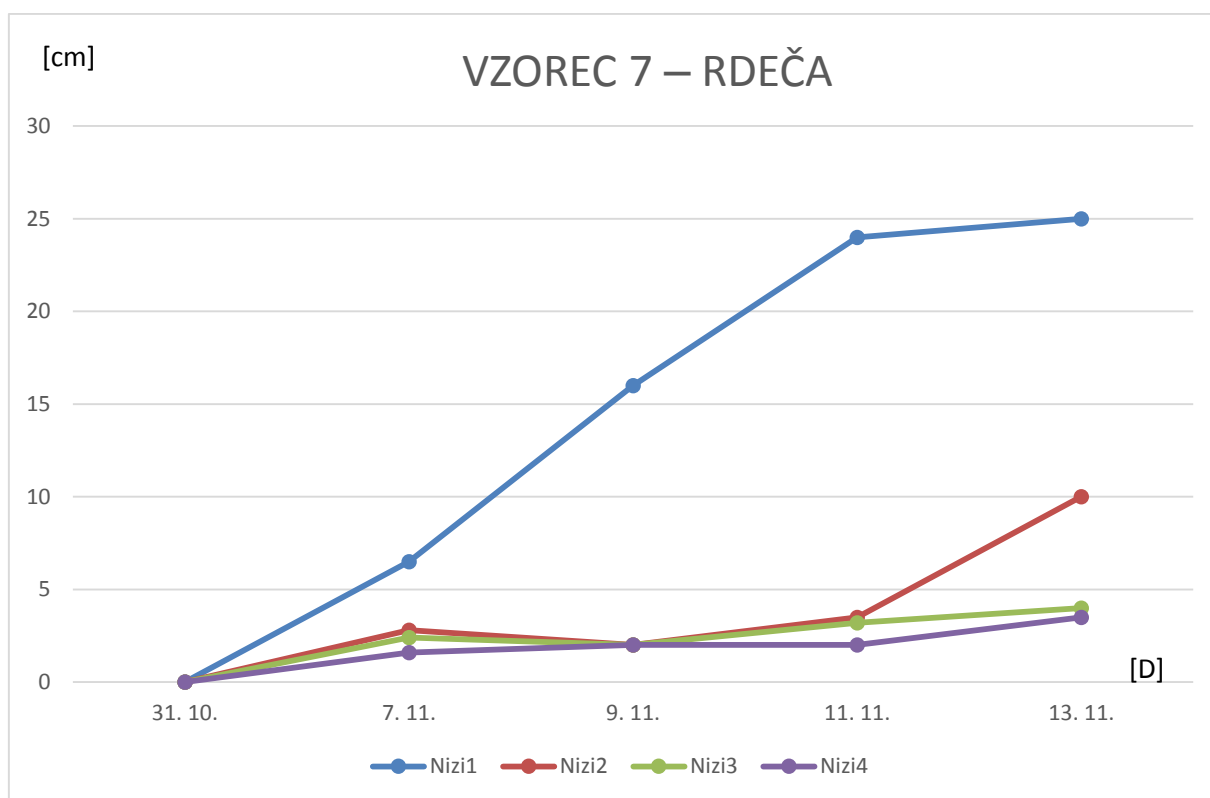
Slika 24: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – modra.

Iz grafa (slika 24) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastla zmerno, na koncu pa bliskovito. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzkli že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 24,8 cm.

VZOREC 7 – RDEČA

Tabela 7: Kalitev in rast semen – rdeča.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	6,5	16	24	25
2	0	2,8	2	3,5	10
3	0	2,4	2	3,2	4
4	0	1,6	2	2	3,5



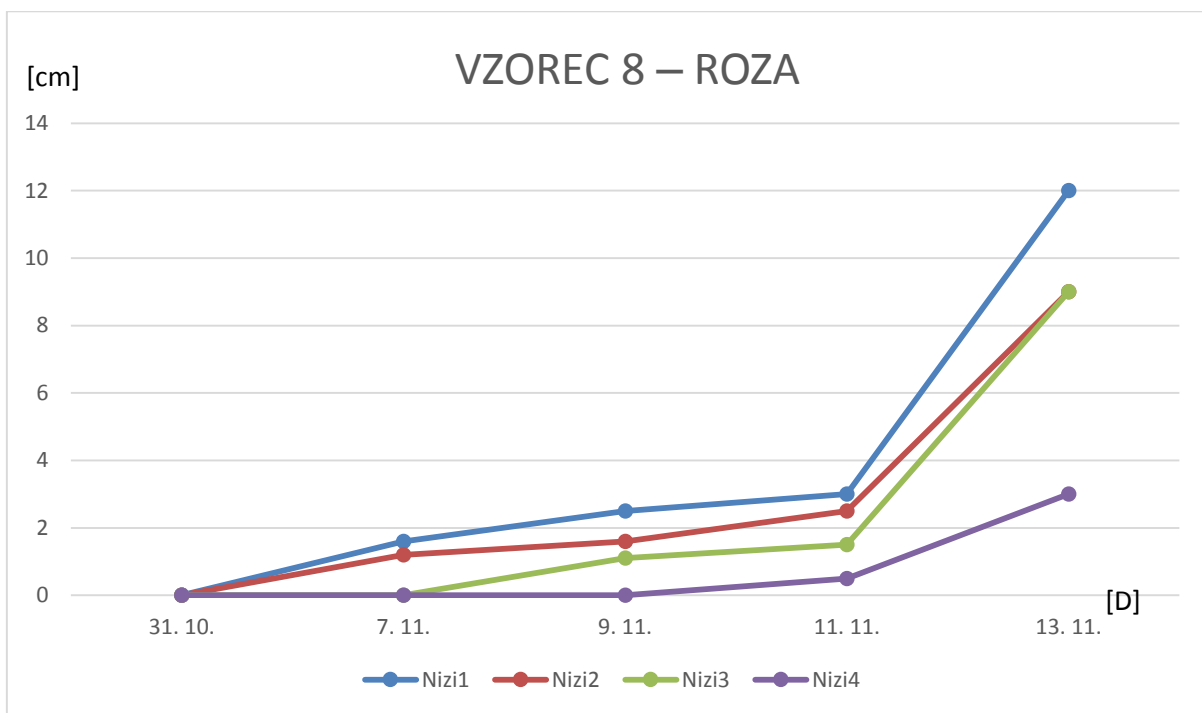
Slika 25: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – rdeča.

Iz grafa (slika 25) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastla zmerno, eno seme pa je rastlo zelo hitro. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzkli že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 25 cm.

VZOREC 8 – ROZA

Tabela 8: Kalitev in rast semen – roza.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	1,6	2,5	3	12
2	0	1,2	1,6	2,5	9
3	0	0	1,1	1,5	9
4	0	0	0	0,5	3



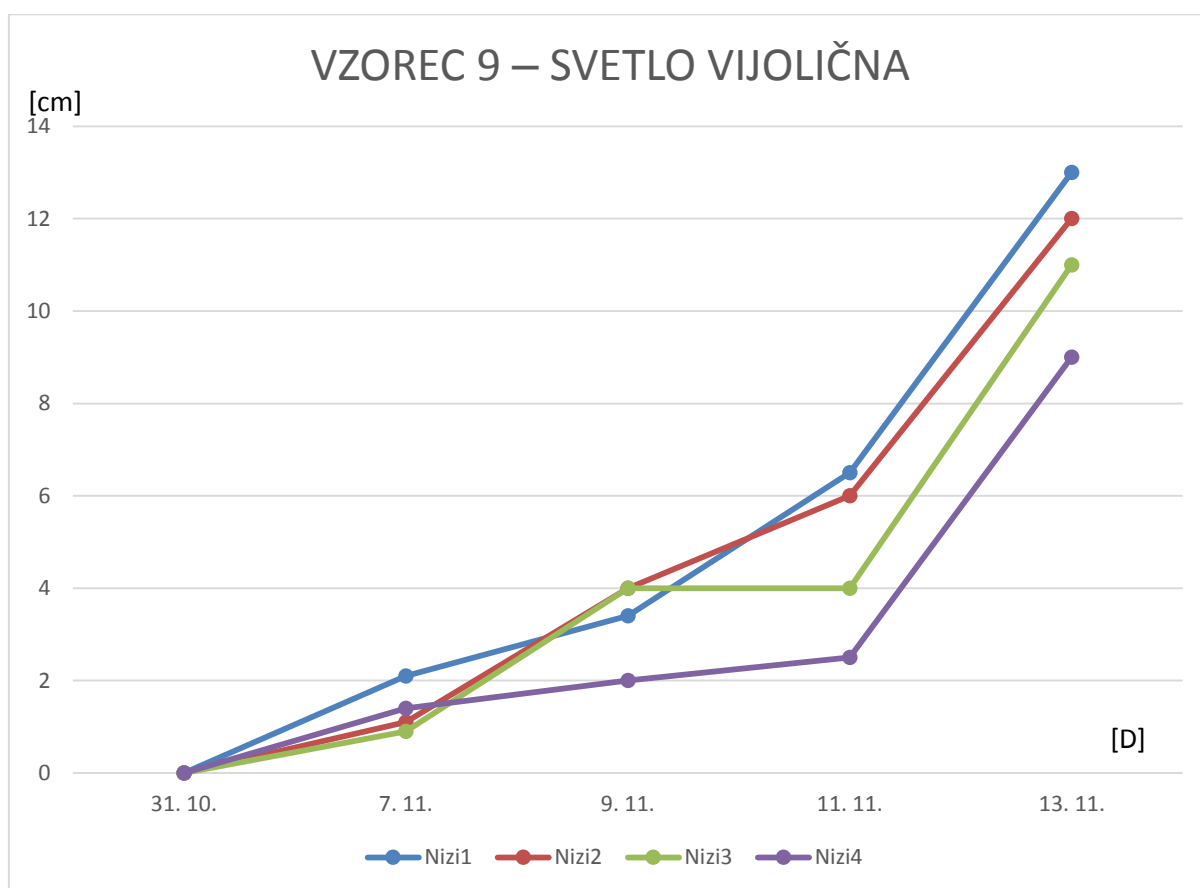
Slika 26: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – roza.

Iz grafa (slika 26) je razvidno, da so semena vzklija pozno in rastla zmerno, na koncu pa zelo pospešeno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da je eno seme začelo kliti, eno sploh ni vzknilo, drugi dve pa sta že rastli. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 12 cm.

VZOREC 9 – SVETLO VIJOLIČNA

Tabela 9: Kalitev in rast semen – svetlo vijolična.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	2,1	34	6,5	13
2	0	1,1	4	6	12
3	0	0,9	4	4	11
4	0	1,4	2	2,5	9



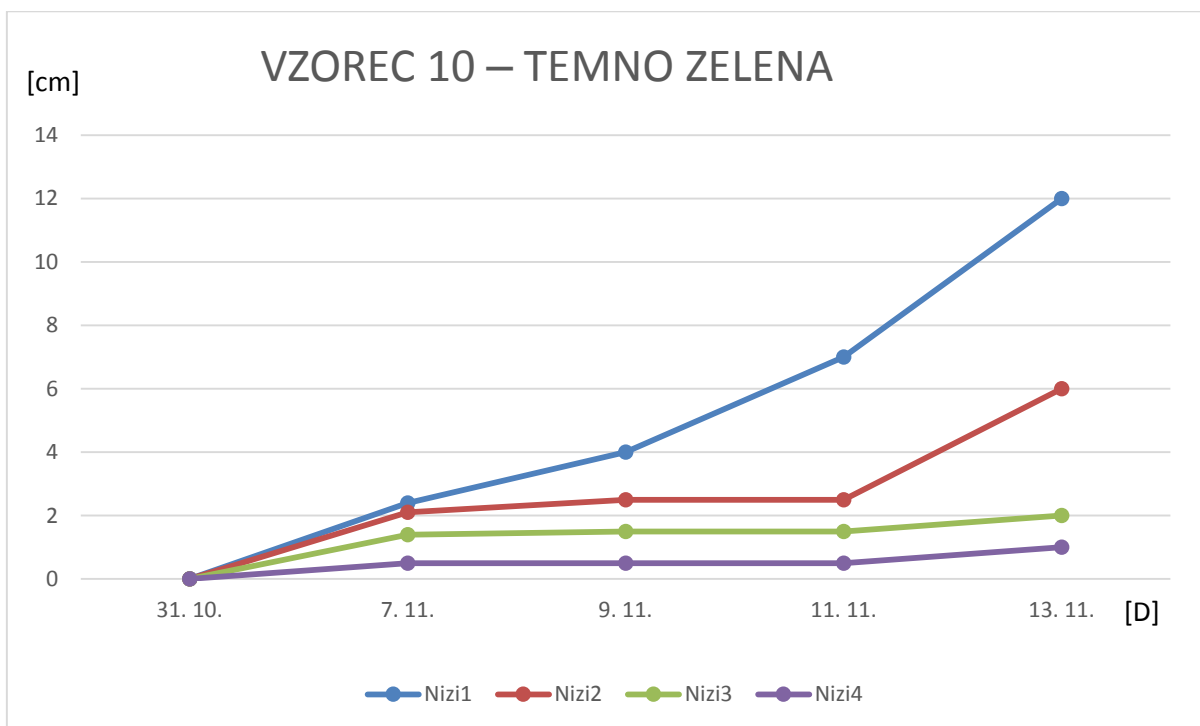
Slika 27: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – svetlo vijolična.

Iz grafa (slika 27) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastla pospešeno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzkli že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 13 cm.

VZOREC 10 – TEMNO ZELENA

Tabela 10: Kalitev in rast semen – temno zelena.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	2,4	4	7	12
2	0	2,1	2,5	2,5	6
3	0	1,4	1,5	1,5	2
4	0	0,5	0	0,5	1



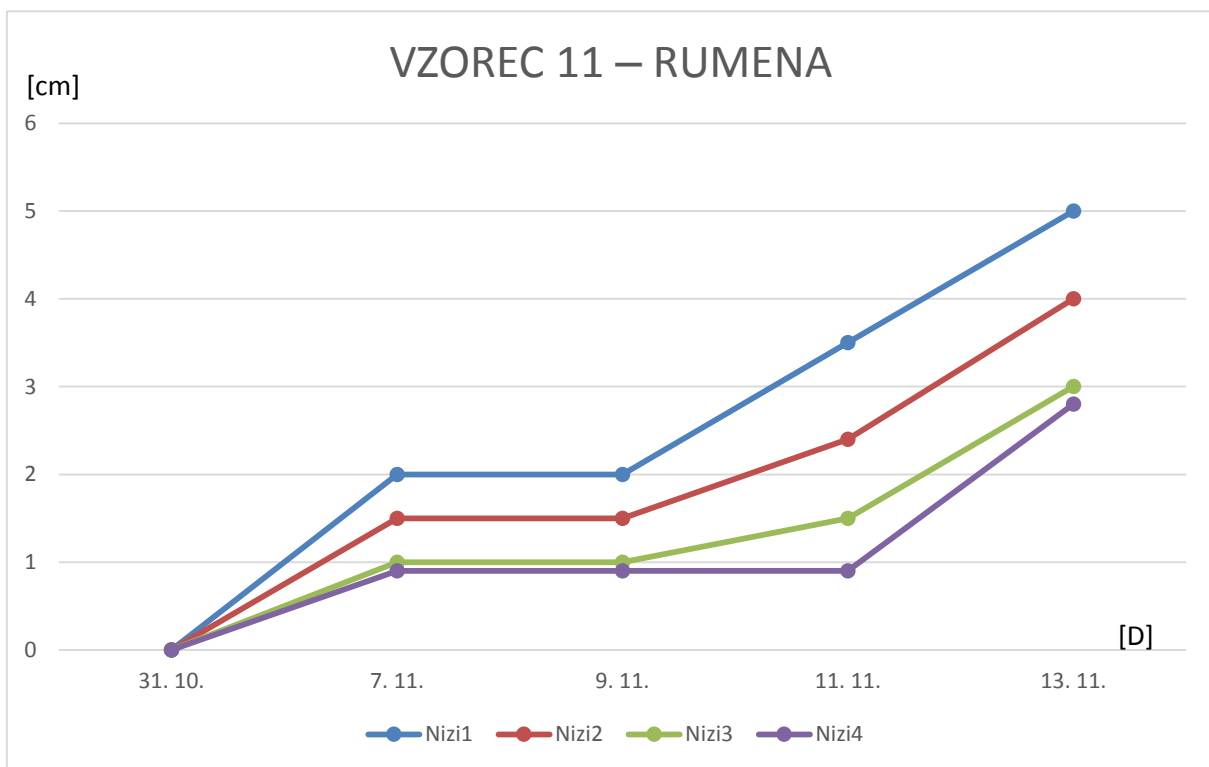
Slika 28: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – temno zelena.

Iz grafa (slika 28) je razvidno, da so semena vzklija hitro in rastle počasi, eno seme pa je rastle zmerno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzklija že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 12 cm.

VZOREC 11 – RUMENA

Tabela 11: Kalitev in rast semen – rumena.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	2	2	3,5	5
2	0	1,5	1,5	2,4	4
3	0	1	1	1,5	3
4	0	0,9	0,9	0,9	2,8



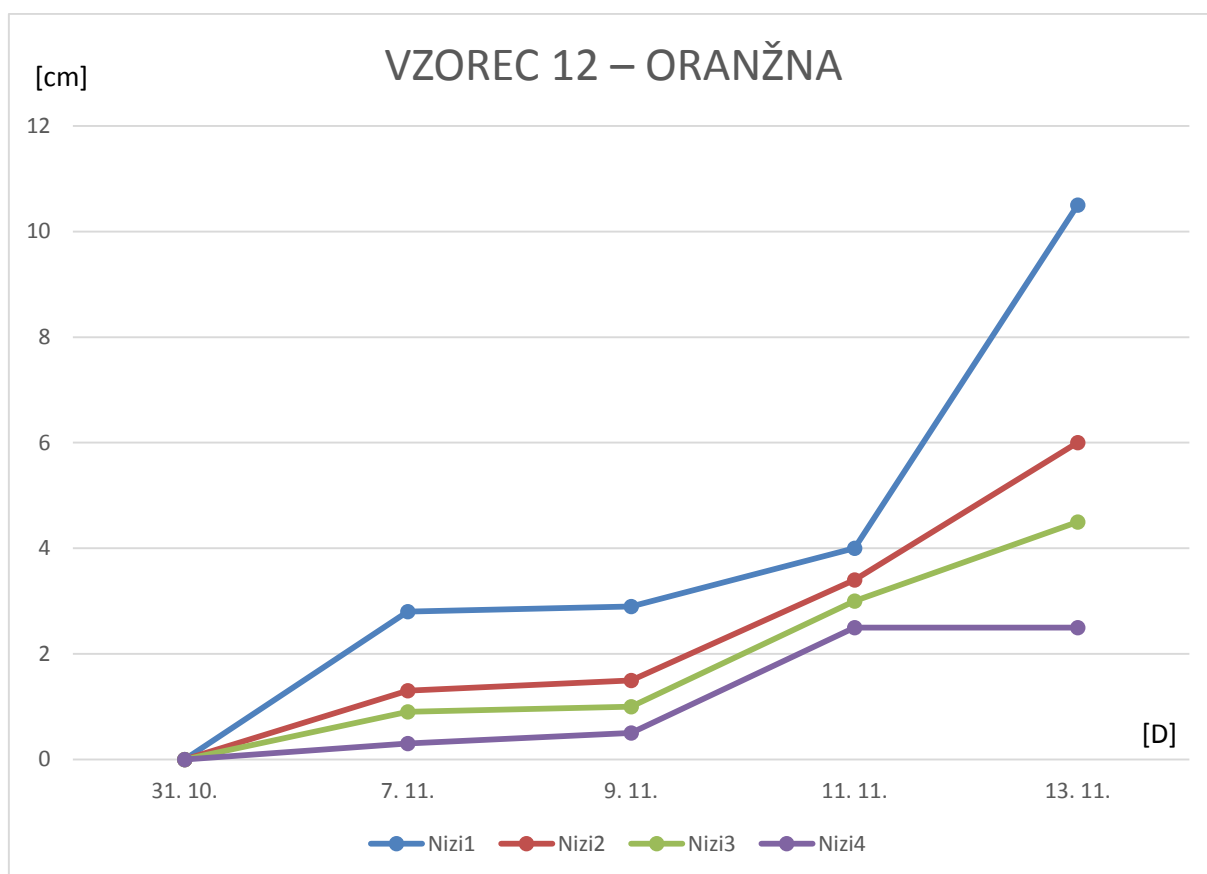
Slika 29: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – rumena.

Iz grafa (slika 29) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastle zmerno. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzkli že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 5 cm.

VZOREC 12 – ORANŽNA

Tabela 12: Kalitev in rast semen – oranžna.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
1	0	2,8	2,9	4	10,5
2	0	1,3	1,5	3,4	6
3	0	0,9	1	3	4,5
4	/	/	/	/	/



Slika 30: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – oranžna.

Iz grafa (slika 30) je razvidno, da so semena vzkli hitro in rastle zmerno, eno seme pa je rastle zelo hitro. Po ogledu vzorca 7. 11. je razvidno, da so vzkli že vsa semena. Najboljše seme je v trinajstih dneh zrastle v rastlino višine 10,5 cm.

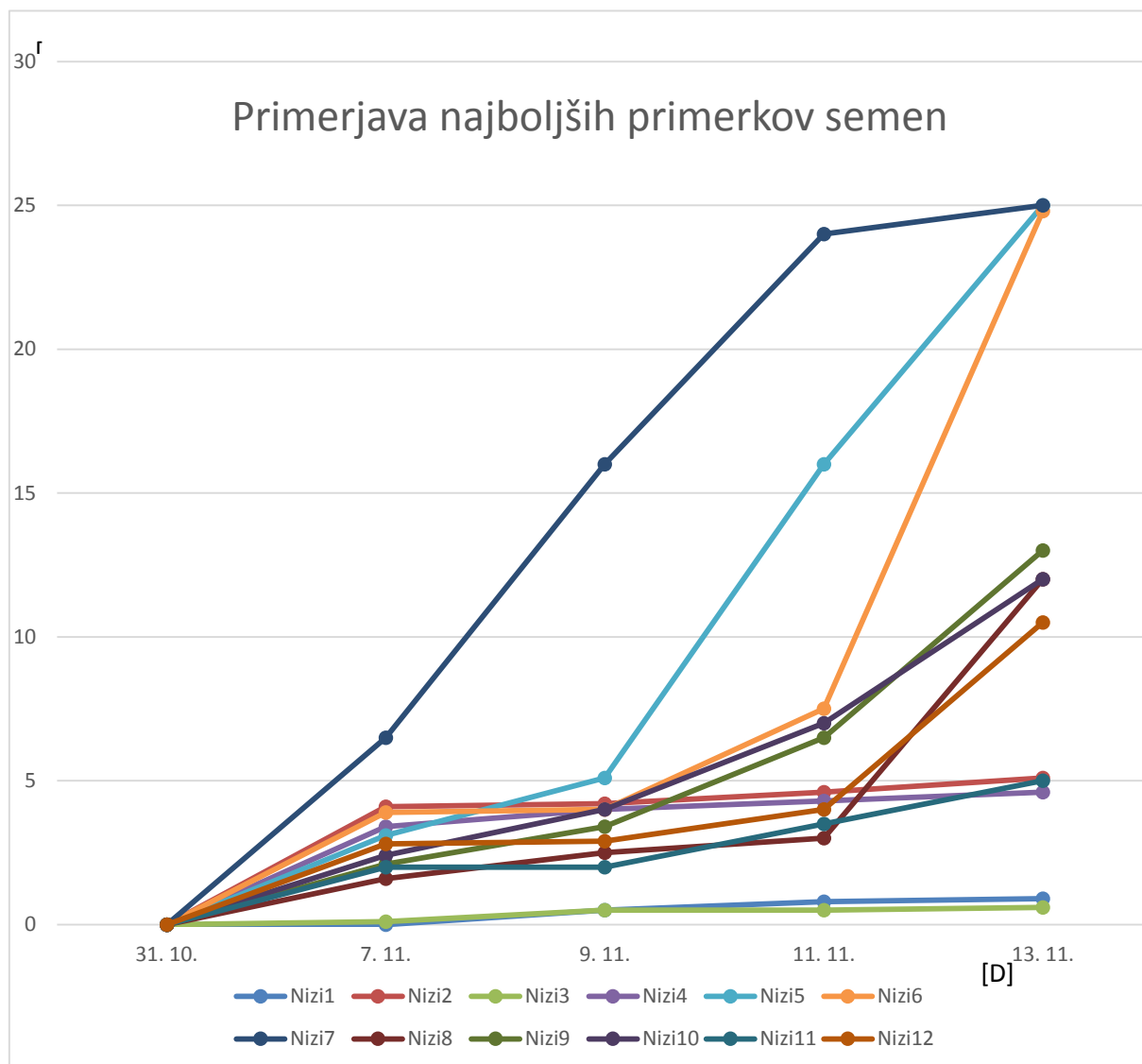
4.2.2 Skupna tabela in graf meritev pri najboljših semenih iz posameznih kozarcev

V spodnjo tabelo sem nanizal meritve rasti najboljših semen, saj sem tako lahko primerjal kalitev in samo rast med različnimi filtri. Odločil sem se zanemariti slaba semena, ker tudi v naravi uspejo in zrastejo v odraslo rastlino samo najboljša semena.

Tabela 13: Primerjava najboljših primerkov semen.

Vzorec/Višina [cm]	31. 10.	7. 11.	9. 11.	11. 11.	13. 11.
vz. 1 – brez filtra	0	0	0,5	0,8	0,9
vz. 2 – zeleno modra	0	4,1	4,2	4,6	5,1
vz. 3 – popolno črno	0	0,1	0,5	0,5	0,6
vz. 4 – temno vijolična	0	3,4	4	4,3	4,6
vz. 5 – svetlo zelena	0	3,1	5,1	16	25
vz. 6 – modra	0	3,9	4	7,5	24,8
vz. 7 – rdeča	0	6,5	16	24	25
vz. 8 – roza	0	1,6	2,5	3	12
vz. 9 – svetlo vijolična	0	2,1	3,4	6,5	13
vz. 10 – temno zelena	0	2,4	4	7	12
vz. 11 – rumena	0	2	2	3,5	5
vz. 12 – oranžna	0	2,8	2,9	4	10,5

4.2.3 Primerjava najboljših primerkov semen



Slika 31: Prikaz kalitve in rasti fižolovih semen – različne barve.

Iz grafa (slika 31) je razvidno, da smo eksperiment nastavili 31. 10. 2015. Po sedmih dneh je večina najboljših semen že vzkli in tudi že zrasla, razen v vzorcu 1. Tudi seme iz tretjega kozarca (popolnoma črno) je komaj počilo in vzkli. Najbolj je zraslo seme iz vzorca 7, in sicer že za 6,5 cm, na drugem mestu pa je bilo seme iz zeleno modrega vzorca, in sicer za 4,1 cm. Po devetih dneh so vsi vzorci vzkli. Najvišje je zrasel kalček iz rdečega kozarca, razvijati so se začeli že listi. Po enajstih dneh je močno zrasel kalček v svetlo zelenem kozarcu, saj je zrasel s 5,1 cm na 16 cm, medtem ko kalček iz rdečega kozarca raste enakomerno. Zadnji dan opazovanja, po trinajstih dneh, sem opazil veliko spremembo pri kalčku iz modrega kozarca, saj je zrasel s 7,5 cm na 24,8 cm. Ostali so rastli enakomerno. Najmanj je zrasel kalček iz kozarca 3, takoj za njim pa kalček iz kozarca 1. Največji je bil kalček iz rdečega kozarca, izenačen s kalčkom iz svetlo zelenega kozarca, in sicer 25 cm.

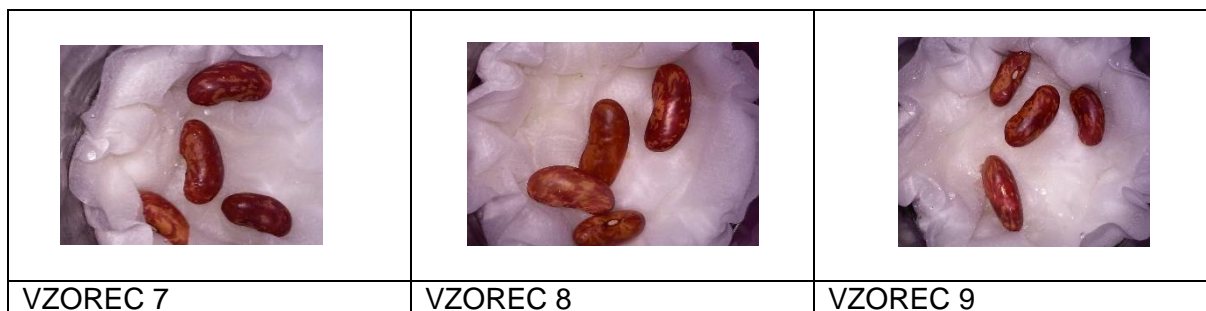
4.3 Slikovni rezultati opazovanja rasti in razvoja rastlin pri različnih barvnih filtrih



Slika 32: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 33: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 34: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 31.10. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 35: Slikovni material vzorcev 10–12 dne 31. 10. 2015. (Avtor: Miha Sterkoš, 2015)

		
VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3

Slika 36: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)

		
VZOREC 4	VZOREC 5	VZOREC 6

Slika 37: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)

		
VZOREC 7	VZOREC 8	VZOREC 9

Slika 38: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)

		
VZOREC 11	VZOREC 12	

Slika 39: Slikovni material vzorcev 11–12 dne 4. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 40: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 41: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 42: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



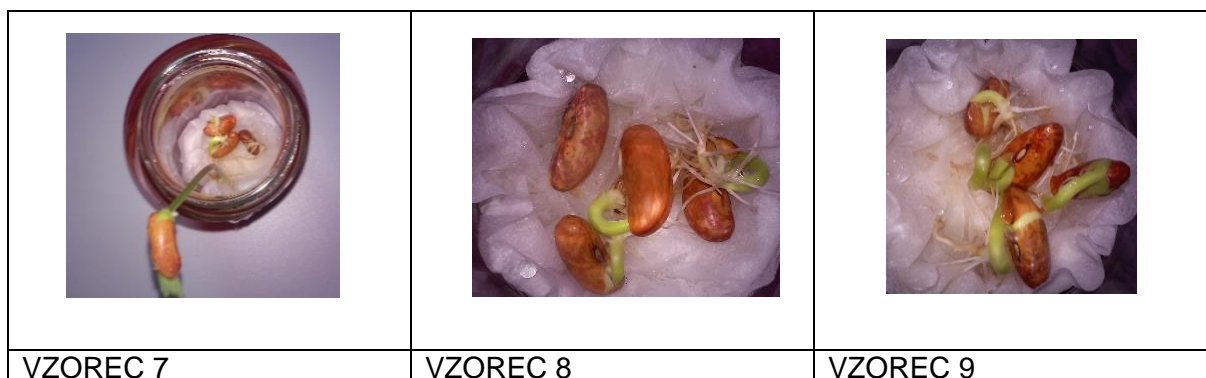
Slika 43: Slikovni material vzorca 10 dne 5. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 44: Slikovni material vzorcev 1–3 dne 9. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 45: Slikovni material vzorcev 4–6 dne 9. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 46: Slikovni material vzorcev 7–9 dne 9. 11. 2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)



Slika 47: Slikovni material vzorca 10 dne 9.11.2015. (Avtor: Miha Sterkuš, 2015)

5 RAZPRAVA

Iz meritev, tabel in grafov je razvidno, da so semena pod rdečim filtrom po pričakovanjih iz moje hipoteze hitro vzkli, dobro rastla in hitro razvila zelene liste ter tako pričela s fotosintezo. Zanimivo je, da je kalček pri rdečem filtru rasel najenakomerneje od kalitve do 25 cm visoke rastline, ki je zrastle skozi odprtino na vrhu filtra. Hitra kalitev se je zgodila zaradi aktivacije fotoreceptorja fitokroma, ki ga aktivira rdeča svetloba ter zbudi seme iz počitka – seme prične kaliti in se razvijati.

Tudi pri modrem filtru je seme vzkli hitro. Modra barva nekoliko aktivira fotoreceptor fitokrom, da seme vzkali. Kalček je do enajstega dneva rasel zelo enakomerno, vendar počasi. Potem je razvil zelene liste in postal avtotrofen. V dveh dneh je zrasel s 7,5 cm na 24,8 cm in skoraj prerastel rdeči filter.

Seme iz svetlo zelenega filtra me je zelo presenetilo, saj sem predvideval, da bo seme vzkli pozno in rastlo počasi. Sedmi dan je bil kalček velik 3,1 cm, deveti dan 5,1 cm, nato je zrasel na 16 cm, na koncu, po trinajstih dneh, pa na 25 cm. Po pregledu prepustnosti filtra je hitra rast logična, saj prepušča filter tudi valovne dolžine v rdečem delu spektra. Tako je bil fitokrom aktiviran in seme je hitreje vzkli.

Po pričakovanjih je najslabše kalilo seme iz kozarca ovitega v gost črn papir. Presenetilo me je samo to, da je seme kljub temu vzkli in rastlo. To je dokaz, da za kalitev semena ni potrebna svetloba.

Najbolj pa me je presenetilo in hkrati tudi razočaralo seme kozarca brez filtra, saj bi po mojih pričakovanjih moralo zaradi prepustnosti vseh valovnih dolžin svetlobe biti med prvimi in najbolj razvitimi. Po pregledu literature je mogoče, da je poleg vseh vidnih valovnih dolžin prepuščal tudi kakšne izven dosega mojega spektrometra in s tem zaviral kalitev in razvoj semena (UV). Lahko je tudi zaradi velike odprtine v primerjavi z ostalimi zaprtimi kozarci voda hitreje izhlapela in seme ni imelo dovolj vlage za kalitev in rast.

Izmed ostalih filtrov je bil dober razvoj rastline še pri svetlo vijolični, roza, temno zeleni in oranžni, to je zaradi dobre prepustnosti filtrov v rdečem delu barvnega spektra in s tem aktivacije fitokroma.

6 ZAKLJUČEK

Pri postavitvi hipoteze sem se osredotočil na predvidevanja prepustnosti filtrov, ki sem jih našel v literaturi, za ostale pa sem se pustil presenetiti. Že pri merjenju prepustnosti valovnih dolžin ostalih filtrov mi je bilo jasno, da tudi npr. rumeni filter prepušča valovne dolžine v rdečem delu barvnega spektra in da bodo najbrž tudi ta semena dobro kalila in kalčki rastle. Po pričakovanjih so semena pod rdečim in modrim filtrom dobro uspevala. Presenetila me je nekaljivost semen iz vzorca 1 – brez filtra, ki so kalila pozno, rast pa je bila zavirana. Presenetila me je tudi svetlo zelena, saj je rastlina zrastle vse do 25 cm, kljub temu, da zeleno barvo rastline odbijajo, in je ta svetloba zanje tema. Če ne bi meril prepustnosti svetlobe s spektrometrom, razlage za dobro uspevanje ne bi imel, saj ne bi vedel za prepustnost filtra tudi v rdečem delu barvnega spektra, v katerem so se rastline zelo dobro razvijale.

Dobro bi bilo, da bi pogosteje spremljal prve dni kalitve in razvoja rastlin, saj so po sedmih dneh nekatere rastline zrastle kar za nekaj centimetrov.

V prihodnje bi bilo zanimivo, da bi dodal različne zvrsti glasbe in spremljal odzive rastlin na klasično ali rock glasbo.

7 VIRI

1. Cuerda, J. *Vodnik po botaniki*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2006.
2. *Chloroplaststructure*. Dostop: <http://it.depositphotos.com/75235831/stock-illustration-chloroplast-structure.html> (24. 01. 2016).
3. *Dvokaličnice*. Wikipedija, 21. 1. 2014. Dostop: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Dvokali%C4%8Dnicehttps://sl.wikipedia.org/wiki/Dvokali%C4%8Dnice> (05. 01. 2016).
4. *Fižol*. Wikipedija, 10. 1. 2016. Dostop: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Fi%C5%BEol> (09. 01. 2016).
5. *Fotosinteza*. Dostop: <http://www2.arnes.si/~evelik1/les/fotosinteza.htm> (09. 01. 2016).
6. Hopkins, W. G. *Introduction to Plant Physiology*. New York, 1999.
7. Larcher, W. *Physiological Plant Ecology*. Berlin: Verlag Heidelberg, 2001.
8. Osvalg, J., Osvald Kogoj, M., *Vrtnarstvo, splošno vrtnarstvo in zelenjavarstvo*, Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, oddelek za agronomijo. Ljubljana, 2005. Dostop: <http://cdn.filternet.si/att/MODULENAME149d93.pdf> (24. 01. 2016).
9. Stušek, P., Gogala, N. *Biologija 2 in 3 – Funkcionalna anatomija s fiziologijo*. Ljubljana: DZS, 2000.
10. *Svelila LED*. Svetloba, 12. 04. 2013 Dostop: <https://svetilaled.wordpress.com/2013/04/12/svetloba/> (09.01.2016).
11. Šorgo, A., Glažar, A. S., Slavinec, M. *Aktivno v naravoslovje 1*. Ljubljana: DZS, 2014.
12. Šterman, N. *Vpliv svetlobnih filtrov na kalitev in zgodnji razvoj fižola, koruze, vodne kreše in redkvice ter izvedba poizkusa v šolah*, Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, oddelek za biologijo, oddelek za matematiko. Maribor 2013 Dostop: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=61096> (09. 11. 2015).
13. *Vidni spekter*. Wikipedija. Dostop: https://sl.wikipedia.org/wiki/Vidni_spekter (17. 01. 2016).
14. Vodnik, D. *Osnove Fiziologije Rastlin*, Biotehniška univerza Ljubljana. Ljubljana: 2012.