



2. osnovna šola Slovenska Bistrica

VPLIV GNOJIL NA RAST RASTLIN

Področje : biologija

Raziskovalna naloga

Avtor: Nika Rajzman

Mentor: Luka Husu

Slovenska Bistrica, 2019

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju, ki mi je med raziskavo pomagal in me s tem naučil veliko o gnojilih in hidroponiki. Zahvaljujem se tudi Vrtnarstvu Tratenšek, od katerih smo dobili semena solat za poskus.

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|----|
| ZAHVALA | 2 |
| KAZALO VSEBINE | 3 |
| KAZALO PREGLEDNIC..... | 4 |
| KAZALO SLIK | 5 |
| POVZETEK..... | 7 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| 1 UVOD..... | 8 |
| 1.1 Hipoteze in namen dela..... | 8 |
| 2 TEORETIČNI DEL..... | 9 |
| 2.1 Rastline | 9 |
| 2.2 Hidroponika..... | 13 |
| 3 RAZISKOVALNI DEL | 15 |
| 3.1 MATERIALI | 15 |
| 3.1.1 Solata..... | 15 |
| 3.1.2 Gnojila | 15 |
| 3.1.3 Sobni rastlinjak | 17 |
| 3.2 METODE DE LA | 18 |
| 3.2.1 Prvi poskus..... | 18 |
| 3.2.2 Drugi poskus | 19 |
| 4 REZULTATI IN RAZPRAVA..... | 21 |
| 4.1 REZULTATI | 21 |
| 4.1.1 Masa zelenih delov | 21 |
| 4.1.2 Razvoj korenin | 24 |
| 4.1.3 Število listov na rastlino in znaki pomanjkanja hranil | 29 |
| 4.2 RAZPRAVA | 36 |
| 5 ZAKLJUČEK..... | 37 |
| 6 VIRI IN LITERATURA | 38 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Legenda | 10 |
| Tabela 2: Masa zelenih delov v gramih – prvi poskus..... | 21 |
| Tabela 3: Masa zelenih delov v gramih – drugi poskus..... | 22 |
| Tabela 4: Dolžina korenin – prvi poskus | 24 |
| Tabela 5: Dolžina korenin – drugi poskus | 28 |
| Tabela 6: Število listov – prvi poskus | 29 |
| Tabela 7: Število listov – drugi poskus..... | 30 |
| Tabela 8: Znaki pomanjkanja – prvi poskus | 31 |
| Tabela 9: Znaki pomanjkanja – drugi poskus..... | 33 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1: Kaj je potrebno za fotosintezo? (Eučbeniki, 2019) | 9 |
| Slika 2: Znaki pomanjkanja hranil (Permakulture za telebane, 2019) | 10 |
| Slika 3: Simptomi pomanjkanja (Permakulture za telebane, 2019) | 11 |
| Slika 4: Vpliv koncentracije hranil na rast (Mineralna prehrana rastlin, 2008, str. 61) | 11 |
| Slika 5: Simptomi pomanjkanja (Permakulture za telebane, 2019) | 12 |
| Slika 6: Simptomi pomanjkanja (Polanec, Košuta in Jug, 2014, str. 19) | 13 |
| Slika 7: Metoda Kratky (Upstart University, 2019) | 14 |
| Slika 8: Luč v sobnem rastlinjaku | 17 |
| Slika 9: Sobni rastlinjak | 17 |
| Slika 10: 7 dni stara solata (levo) | 18 |
| Slika 11: 14 dni stara solata (desno) | 18 |
| Slika 12: Prvi dan v raztopini hranil | 19 |
| Slika 13: Prvi dan v raztopini hranil – drugi del poskusa | 20 |
| Slika 14: Masa zelenih delov – prvi poskus | 21 |
| Slika 15: Velikost solate na zadnji dan prvega poskusa | 22 |
| Slika 16: Masa zelenih delov – drugi poskus | 23 |
| Slika 17: Velikost rastlin na zadnji dan drugega poskusa | 23 |
| Slika 18: Dolžina korenin – prvi poskus | 24 |
| Slika 19: Razvoj korenin – NPK | 25 |
| Slika 20: Razvoj korenin – alge | 25 |
| Slika 21: Razvoj korenin – koprive 1 (levo) | 26 |
| Slika 22: Razvoj korenin – H ₂ O (desno) | 26 |
| Slika 23: Razvoj korenin – mikro | 26 |
| Slika 24: Razvoj korenin – mikro + makro | 27 |
| Slika 25: Dolžina korenin – drugi poskus | 28 |
| Slika 26: Razvoj korenin H ₂ O (levo) | 28 |
| Slika 27: Razvoj korenin – akvarijska voda (desno) | 28 |
| Slika 28: Razvoj korenin – kava | 29 |
| Slika 29: Razvoj korenin – alge (levo) | 29 |
| Slika 30: Razvoj korenin – mikro + makro (desno) | 29 |
| Slika 31: Število listov – prvi poskus | 30 |
| Slika 32: Število listov – drugi poskus | 30 |
| Slika 33: Znaki pomanjkanja – H ₂ O (desno) | 31 |

| | |
|--|----|
| Slika 34: Končna velikost solate – mikro + makro (levo)..... | 31 |
| Slika 35: Znaki pomanjkanja – alge..... | 32 |
| Slika 36: Znaki pomanjkanja – mikro | 32 |
| Slika 37: Znaki pomanjkanja – koprive | 32 |
| Slika 38: Znaki pomanjkanja – NPK..... | 33 |
| Slika 39: Znaki pomanjkanja – H ₂ O (levo) | 34 |
| Slika 40: Znaki pomanjkanja – akvarij (desno)..... | 34 |
| Slika 41: znaki pomanjkanja – kava (levo) | 34 |
| Slika 42: Znaki pomanjkanja – alge (desno)..... | 34 |
| Slika 43: Znaki pomanjkanja – NPK..... | 34 |
| Slika 44: Znaki pomanjkanja – mikro | 34 |
| Slika 45: Znaki pomanjkanja – kava (levo) | 35 |
| Slika 46: Znaki pomanjkanja – H ₂ O (desno) | 35 |
| Slika 47: Znaki pomanjkanja – akvarij (levo)..... | 35 |
| Slika 48: Znaki pomanjkanja – alge (desno)..... | 35 |
| Slika 49: Solata brez znakov pomanjkanja | 35 |

POVZETEK

V tej raziskovalni nalogi sem raziskovala vpliv gnojil na rast rastlin. Primerjala sem umetna gnojila z naravnimi oziroma ekološkimi. Poskus sem opravljala na solati, ki sem jih gojila s pomočjo hidroponične metode Kratky. Primerjala sem maso zelenih delov, število listov in dolžino korenin med solatami, ki so rastle v različnih hranilnih raztopinah. Razlika med solatami, ki so rasle v hranilni raztopini z vsemi potrebnimi hranili in ostalimi raztopinami, je bila izrazita. Vse solate, ki so rasle v raztopini naravnih oziroma ekoloških gnojil, so kazale znake pomanjkanja določenih elementov. Opazna je bila zavrta rast tako korenin kot zelenih delov, nekatere rastline so se med poskusom posušile.

Ključne besede: solata, hidroponika, gnojila, znaki pomanjkanja

ABSTRACT

In this research project I investigated the effects of fertilizers on plant growth. I compared artificial and natural fertilizers. I experimented on lettuces, which were growing in hydroponics jars - Kratky method. I compared the mass of green parts, the number of leaves and the length of roots among lettuces, which grew in different nutrient solutions. The difference among lettuces that grew in a nutrient solution with all necessary nutrients and other solutions was significant. All lettuces that grew in the solution of natural or organic fertilizers showed signs of nutrition deficiency. The growth of both roots and green parts was noticeably slower, some plants died during the experiment.

Keywords: lettuce, hydroponics, fertilizers, signs of deficiencies

1 UVOD

Vedno sem se spraševala, zakaj so gnojila tako pomembna za rastline, kaj jih dela posebne, kaj vsebujejo in zakaj so lahko tako različna. To vprašanje je bila tudi moja pobuda za to raziskovalno nalogo. Vem, da se danes uporablja zelo veliko gnojil, zadnja leta predvsem umetnih, ki so za naravo zelo škodljiva. Zato me je zanimalo, ali so ta res toliko bolj učinkovita od naravnih in če jih je sploh vredno uporabljati. Poskus smo naredili s pomočjo hidroponike.

Moj navdih za poskus je bilo predvsem dejstvo, da se o gnojilih in njihovem pomenu v šoli nismo učili skoraj nič, še manj pa o tem, iz česa so zgrajena. Ugotovila sem tudi, da veliko mojih sošolcev ni vedelo, da se za gnojenje uporabljajo tudi elementi v sledovih, kot so cink, železo in baker, čemur verjetno tudi sama pred raziskavo ne bi verjela, če bi me nekdo v to želel prepričati. Upam, da bo raziskovalna naloga poučna za bralce, ki bodo morda izvedeli kaj novega.

1.1 Hipoteze in namen dela

Namen naloge je predstaviti vpliv različnih gnojil na rast rastlin. Ugotavljala sem:

- ali se razlikuje hitrost rasti med različnimi gnojili,
- ali se razlikuje razvoj korenin pri različnih gnojilih.

Pred izvedbo eksperimenta sem postavila hipoteze:

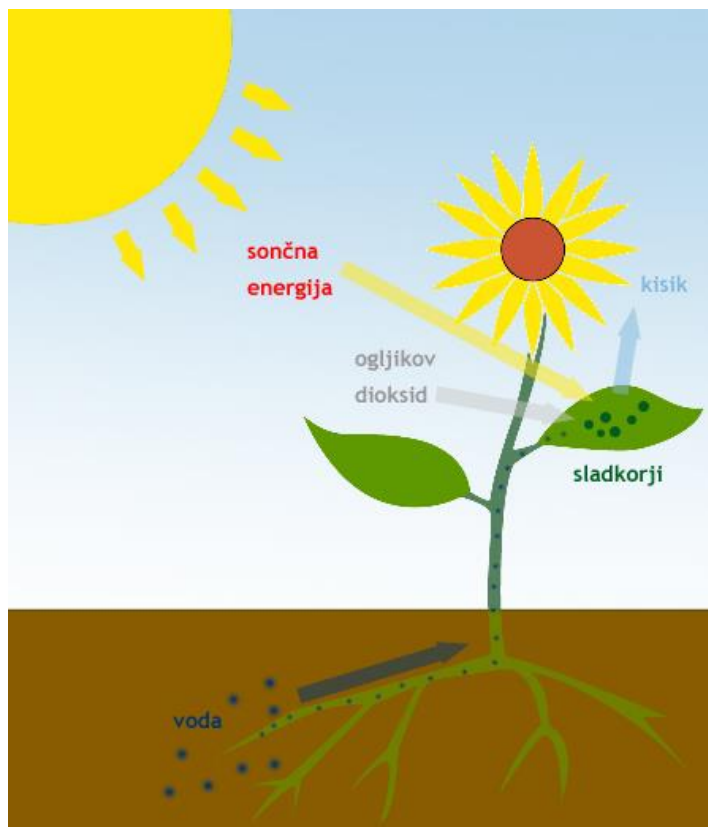
- Rastlina, ki raste v raztopini z vsemi potrebnimi elementi, se bo razvijala najhitreje.
- Pomanjkanje hranil bo zaviralo rast rastlin in korenin.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Rastline

Predstavljajo eno izmed kraljestev živih bitij. Za preživetje potrebuje CO₂, svetlobo in hranilne snovi. Običajno so sestavljene iz korenin, zelenih delov (listov), stebela in cvetov. Vključuje življenjske oblike dreves, cvetic, trav, praprotnic in mahov. Z njimi se ukvarja botanika, ki je področje biologije. Rastline se lahko razmnožujejo spolno ali nespolno. Razvijejo tudi plodove, ki so lahko užitni ali pa tudi ne. Semena rastlin, ki se spolno razmnožujejo, se raznašajo z vetrom ali s pomočjo živali. To pomaga, da semena pridejo čim dlje od matične rastline. Poznamo več vrst korenin, katerih oblika je prilagojena na podlago, kjer rastejo.

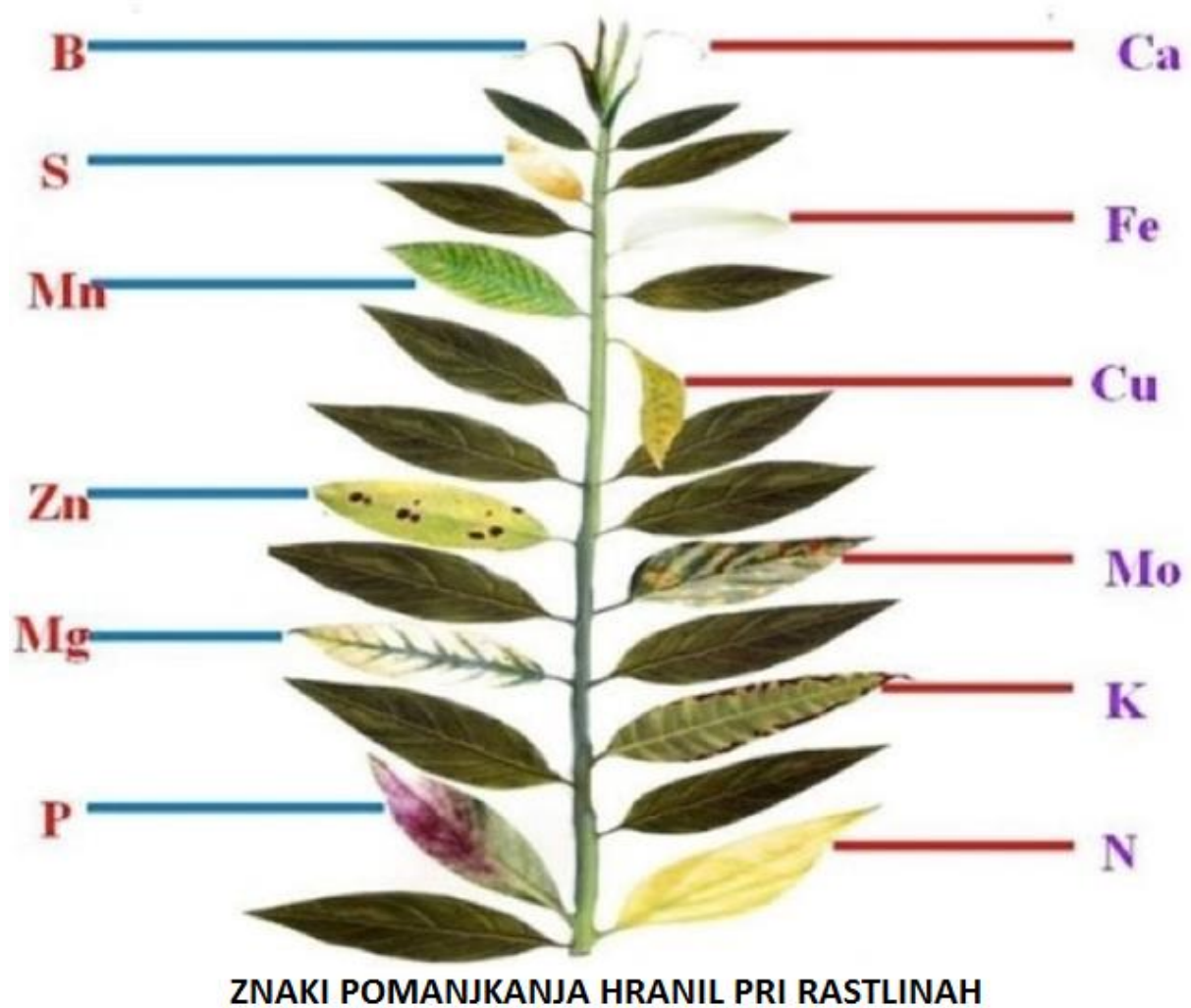
Rastline se razvijejo iz semen, ki za kalitev potrebujejo zadosti vlage in primerno temperaturo. Iz njih se razvijejo korenine ter nadzemni del rastline. V semenu so shranjene založne snovi, ki dajejo potrebno energijo za kalitev. Založne snovi potrebuje mlada rastlinica za začetek rasti ob kalitvi. Ko se razvijejo pravi zeleni listi, začne rastlina opravljati fotosintezo – tako sama proizvaja organske snovi in ni več odvisna od založnih snovi, nakopičenih v semenu (Vilhar, 2005).



Slika 1: Kaj je potrebno za fotosintezo? (Eučbeniki, 2019)

Rastlina potrebuje za rast različna hranila. Potrebno je poudariti, da nobena snov, kljub količini, ki je potrebna za optimalno rast, ni bolj ali manj pomembna od druge. Pomemben je kompleksen in sinergijski odnos med vsemi hranili in mikroorganizmi v tleh. Makrohranila in mikrohranila so bistveni mineralni elementi, potrebni za rast rastlin. Predpone, kot sta makro in mikro, uporabljamo za opis količine, ki je potrebna za optimalno rast, pri čemer makro pomeni več, mikro pa manj. Torej, ko slišite

izraz mikro-makro, pomislite na prehrano rastlin (Organics Nutrients, 2018). Pomanjkanje hranil povzroči določene spremembe pri barvi in obliki listov.



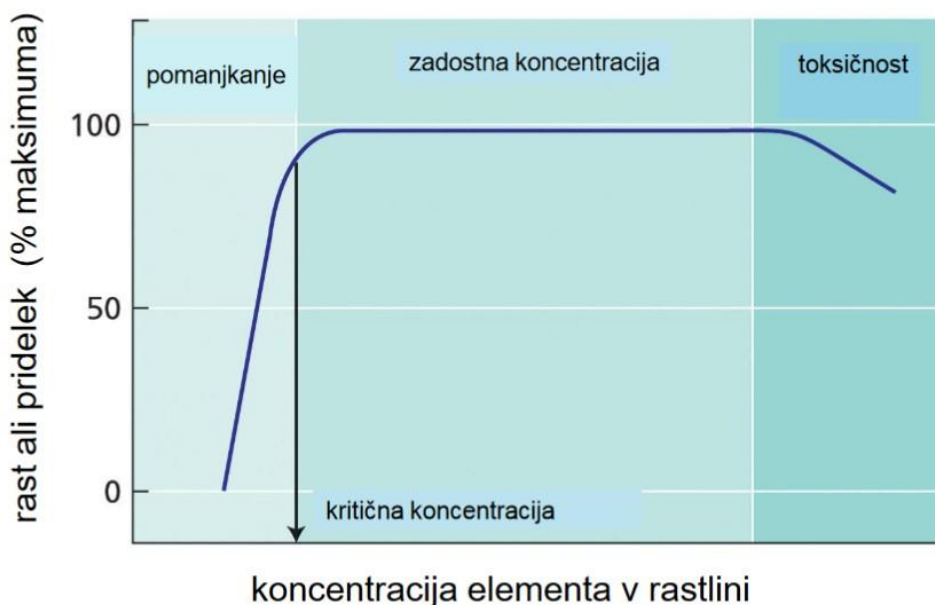
Slika 2: Znaki pomanjkanja hranil (Permakulture za telebane, 2019)

Tabela 1: Legenda

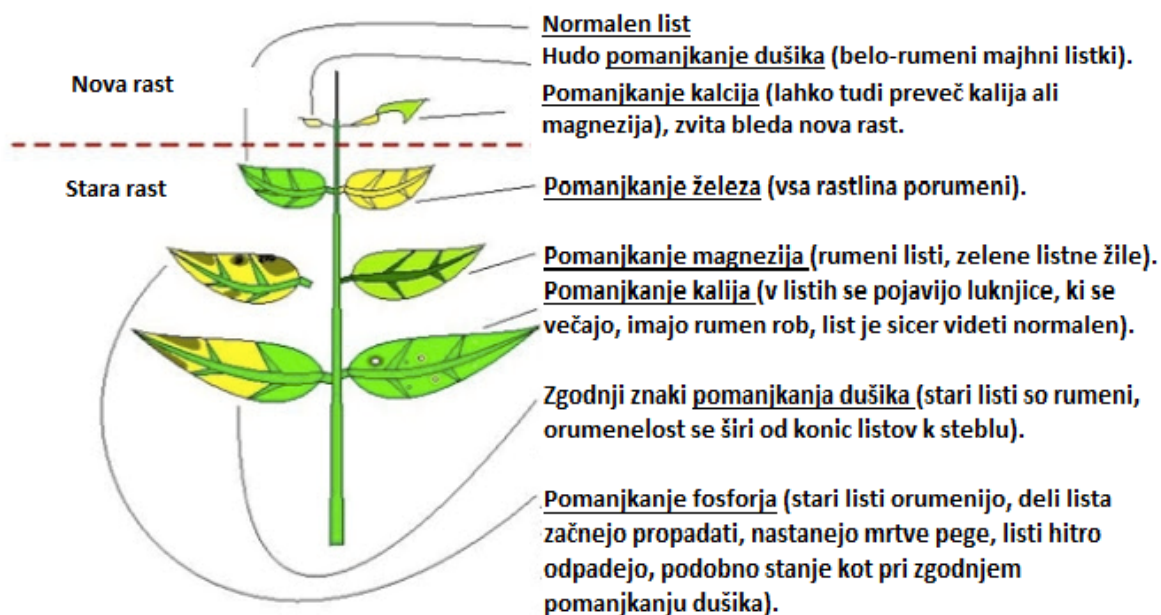
| | | | |
|-------------|---------------|---------------|------------|
| B = bor | Ca = kalcij | Mg = magnezij | P = fosfor |
| S = žveplo | Fe = železo | Cu = baker | N = dušik |
| Mn = mangan | Mo = molibden | Zn = cink | K = kalij |



Slika 3: Simptomi pomanjkanja (Permakulture za telebane, 2019)



Slika 4: Vpliv koncentracije hranil na rast (Mineralna prehrana rastlin, 2008, str. 61)



Slika 5: Simptomi pomanjkanja (Permakulture za telebane, 2019)

Hranila so lahko tudi antagonistična, kar pomeni, da se med seboj izključujejo. Če je v zemlji npr. preveč dušika, bo rastlina težko izkoristila kalij in kalcij v tleh, četudi ju bo sicer v zemlji obilo.

Kadar je v zemlji preveč . . .

Dušika
 Kalija
 Fosforja
 Magnezija
 Železa
 Mangana
 Bakra
 Cinka
 Molibdena
 Natrija
 Aluminijska
 Žvepla

. . . bo rastlini primanjkovalo:

Kalija, kalcija
 Dušika, kalcija, magnezija
 Cinka, železa, bakra
 Kalcija, kalija
 Mangana
 Železa, molibdena, magnezija
 Molibdena, železa, mangana, cinka
 Železa, mangana
 Bakra, železa
 Kalija, kalcija, magnezija
 Fosforja
 Molibdena

(Permakulture za telebane, 2019)

| Simptomi | N | P | K | Mg | Fe | Cu | Zn | B | Mo | Mn | Predoziranje |
|---|---|---|---|----|----|----|----|---|----|----|--------------|
| Rumenenje novih poganjkov | | | | | X | | | | | X | |
| Rumenenje mladih listov | | | | | | | | | X | | |
| Rumenenje starejših listov | X | | X | X | | | X | | | | |
| Rumenenje med listnimi žilami | | | | X | | | | | | X | |
| Starejši listi odpadajo | X | | | | | | | | | | |
| Listi se uvijajo navzgor | | | | X | | | | | | | |
| Listi se uvijajo navzdol | | | X | | | X | | | | | X |
| Ožgani vrhovi mladih listov | | | | | | | | X | | | |
| Ožgani vrhovi starejših listov | X | | | | | | X | | | | |
| Mladi listi nagubani in zviti | | | X | | | | X | X | X | | |
| Mrtve cone na listih | | | X | X | X | | X | | | X | |
| Ustavitev rasti | X | X | | | | | | | | | |
| Listi in/ali stebela temno zelena ali vijoličasta | | X | | | | | | | | | |
| Listi bledo zelene barve | X | | | | | | | | X | | |
| Listi dobijo proge ali madeže | | | | | | | X | | | | |
| Zoženi listi | X | | | | | | | | | | |
| Stebela se mehčajo | X | | X | | | | | | | | |
| Stebela otrdijo, se lomijo | | X | X | | | | | | | | |
| Manjše luknje v listih | | | X | | | | | X | | | |
| Ustavitev rasti in rast zračnih korenin | | X | | | | | | | | | |
| Uveli listi | | | | | | X | | | | | |

Slika 6: Simptomi pomanjkanja (Polanec, Košuta in Jug, 2014, str. 19)

Rastlino pri rasti lahko ovirajo tudi druge rastline, ki ji jemljejo prostor, svetlobo ali minerale. Določene rastline gredo lahko tudi v ekstreme pri višini in starosti. Kot piše M.P. (2014), se najvišje drevo na svetu (sekvoja) nahaja na zahodu ZDA, visoka pa je 115,5 m. Najstarejše drevo se nahaja v Naravnem nacionalnem parku Fulufjallet na Švedskem, ki je staro 9500let (I. H., 2016).

2.2 Hidroponika

Hidroponika je tehnika breztalnega gojenja, kjer rastline gnojimo s hranilno raztopino, ki vsebuje vodo in hranila. Pri tem načinu gojenja lahko uporabljamo inertne substrate, kot so perlit, mivka, vermikulit, kamena volna, flis, ekspandirana glina ipd (Brezovšček, 2010, str. 106). Pomembno je, da se medij ne raztaplja, zadržuje vodo in omogoča zračnost korenin. Te posodice so v stiku s hranilno raztopino.

Nekatere prednosti hidroponike so:

- do desetkrat večji pridelek kot v zemlji,
- potrebne je manj prostora, saj so vsa hranila koncentrirana v vodi,
- poraba vode je nižja kot pri gojenju v zemlji, saj se porablja samo voda, ki jo rastline posrkajo,
- lažja je kontrola in dodajanje potrebnih hranil.

Ena izmed prednosti je tudi ta, da ne onesnažuje okolja.

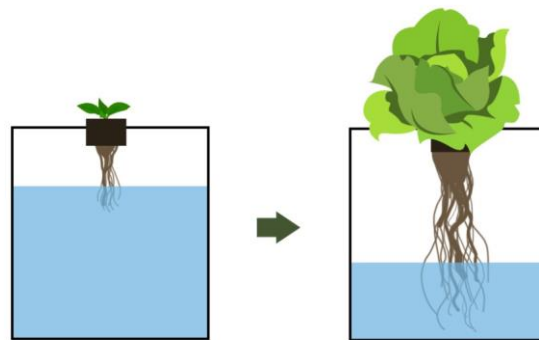
Ta način gojenja se uporablja predvsem izven sezone v rastlinjakih ali tam, kjer je kvaliteta zemlje neprimerna za klasično rast. Primerna je tudi za gojenje rastlin doma, saj lahko preproste hidroponične sisteme postavimo v vsako sobo.

Hidroponika je intenziven način gojenja rastlin, ki počasi nadomešča klasične načine na področjih, kjer se kmetijska zemljišča krčijo (Anderson idr, 1989, str. 1 – 2).

Hidroponske sisteme delimo na odprte in zaprte. Pri odprtih hidroponskih sistemih hranilno raztopino po uporabi zamenjamo, pri zaprtih hidroponskih sistemih pa hranilna raztopina v sistemu kroži. Hidroponske sisteme lahko razdelimo tudi glede na uporabo substratov in način gojenja ter dovajanju

hranilne raztopine. Sisteme lahko uporabljamo na prostem ali v zavarovanem prostoru (Brezovšček, 2010, str. 106). Zaprte sisteme delimo na aktivne in pasivne. Za aktivni način so potrebne zračne in vodne črpalke. Te črpalke skrbijo, da vodna raztopina nenehno kroži okoli korenin in vzdržuje enakomeren nivo raztopine. Ta sistem je bolj zapleten in dražji za izvedbo. Pri pasivnih načinih pa potrebujemo samo posodo, pokrov in rastni medij brez črpalk.

Eden izmed pasivnih načinov je t.i. metoda Kratky. Kot že ime nakazuje, je to metodo razvil profesor Kratky iz Havajske Univerze. Uporabimo jo pri hitro rastočih rastlinah, kot na primer solati. Rastlina raste v posodi od prvega do zadnjega dneva brez dodajanja vode ali hranil. Toliko vode, kot porabi, toliko pada gladina. V vmesnem prostoru, kjer je zrak, nastajajo nove zračne korenine. Kot navaja Kratky, je ta metoda najbolj primerna za razne izobraževalne namene v šolah in hidroponiko doma (Kratky, 2009).



Slika 7: Metoda Kratky (Upstart University, 2019)

3 RAZISKOVALNI DEL

3.1 MATERIALI

3.1.1 Solata

Solata je najpomembnejša listnata zelenjadnica, katere pridelovanje je razširjeno povsod po svetu na območjih z zmernim in subtropskim podnebjem (Brezovšček, 2010, str. 2). V raziskovalni nalogi je bila uporabljena solata Eole. Ta raste celo leto, zraste do 20 cm in je svetlo zelene barve. Uporabljena so bila semena, obložena z glino. Ta obloga zadržuje vlago in ščiti seme pred poškodbami. S tem dosežemo višji odstotek kaljivosti. Dolžina rastne dobe je odvisna od časa zasnove in znaša v pomladanskem in jesenskem času 4 – 6 tednov od presajanja sadik ter v zimskem času 8 – 12 tednov (Brezovšček, 2010, str. 3).

Sistematika solate:

Oddelek: Spermatophyta – semenovke

Pododdelek: Angiosperme – kritosemenka

Razred: Dicotyledonae – dvokaličnice

Podrazred: Sympetalidae – zraslovenčnice

Družina: Cichoriaceae – radičevke

Rod: Lactuca

Vrsta: sativa Eole

(Brezovšček, 2010, str. 2)

3.1.2 Gnojila

Pri izvedbi eksperimenta sem uporabila več različnih gnojil. Za rast solate v idealnih pogojih sem uporabila namensko gnojilo za hidroponiko. Za primerjavo, kaj se zgodi, če ima solata na voljo samo svetlobo, H₂O in CO₂, sem uporabila destilirano vodo. Ostala gnojila so naštetaj spodaj. Vsa gnojila so bila raztopljena v destilirani vodi.

Namensko gnojilo za hidroponiko

Uporabila sem gnojilo Atami B-Cuzz Hydro A+B 2X1L. V nadaljevanju naloge bom to gnojilo navajala kot mikro+makro. Navedeno gnojilo je sestavljeno iz komponente A in komponente B. Namenjeno je rasti rastlin v vegetativnem delu rastlin. Torej takrat, ko se razvijajo zeleni deli rastlin.

Podrobna sestava:

HYDRO NUTRITION A

Makrohranila: dušik (N) skupni 5,99 % (od tega amonijev dušik (NH₄) 0,39 % in nitratni dušik (NO₃) 5,60 %), kalijev oksid (K₂O) 6,01 % oziroma kalij (K) 4,99 % topljivega v vodi.

Sekundarna hranila: natrijev oksid (Na₂O) 0,00 % oziroma natrij (Na) 0,00 % topljivega v vodi, kalcijev oksid (CaO) 4,63 % oziroma kalcij (Ca) 3,31 % topljivega v vodi, magnezijev oksid (MgO) 1,61 % oziroma magnezij (Mg) 0,97 % topljivega v vodi.

Mikrohranila: železo (Fe) 0,053 % in mangan (Mn) 0,001 %.

HYDRO NUTRITION B

Makrohranila: dušik (N) skupni 0,74 % (od tega amonijev dušik (NH₄) 0,11 % in natrijev dušik (NO₃) 0,63 %), fosforjev pentoksid (P₂O₅) 4,61 % oziroma fosfor (P) 2,01 % topljivega v vodi, kalijev oksid (K₂O) 6,48 % oziroma kalij (K) 5,38 % topljivega v vodi.

Sekundarna hranila: magnezijev oksid (MgO) 0,81 % oziroma magnezij (Mg) 0,49 % topljivega v vodi, žveplov dioksid (SO₂) 1,07 % oziroma žveplo (S) 1,28 % topljivega v vodi.

Mikrohranila: bor (B) 0,011 %, baker (Cu) 0,001 %, železo (Fe) 0,001 %, mangan (Mn) 0,001 %, molibden (Mo) 0,002 % in cink (Zn) 0,041 %.

Gnojilo z mikroelementi

Za del eksperimenta, kjer sem uporabila mikro elemente, sem uporabila gnojilo EasyLife ProFitto. To je sicer gnojilo, namenjeno akvaristiki, ampak vsebuje mikro elemente, ki jih rastline potrebujejo. V nadaljevanju naloge bo to gnojilo navajano kot mikro.

Podrobna sestava:

Sestavine %

Fe(2+) 1.2 0.07

K 7 0.43

Mg 900 55.45

Mn 400 24.64

I 200 12.32

B 80 4.93

Cu, Mo, Zn, Li 20 1.23

Ni, Co, Al, Sn, F 10 0.62

V, Se 5 0.31

Gnojilo iz kopriv

Priprava gnojila iz kopriv: v vedro sem dala šop kopriv in liter vode, pustila stati v zaprtem vedru 30 dni. Zmes sem dekantirala in tekoči del uporabila za gnojilo. V nadaljevanju naloge bo to gnojilo navedeno kot koprive.

NPK

V delu poskusa, kjer sem gojila solato v raztopini z NPK, sem uporabila gnojilo v zrnih NPK 15-15-15, raztopljeno v destilirani vodi. V nadaljevanju naloge bom to gnojilo navajala kot NPK.

Destilirana voda

V nadaljevanju navajam kot H₂O.

Akvarijska voda

Voda je bila zajeta v akvariju, ki je redko poseljen z rastlinami. V njem plava okoli 50 manjših rib (karacinidi in somiči). Slednji poskrbijo za organski del odpadkov, ki jih rastline uporabljajo kot gnojilo.

Cvetal Algin

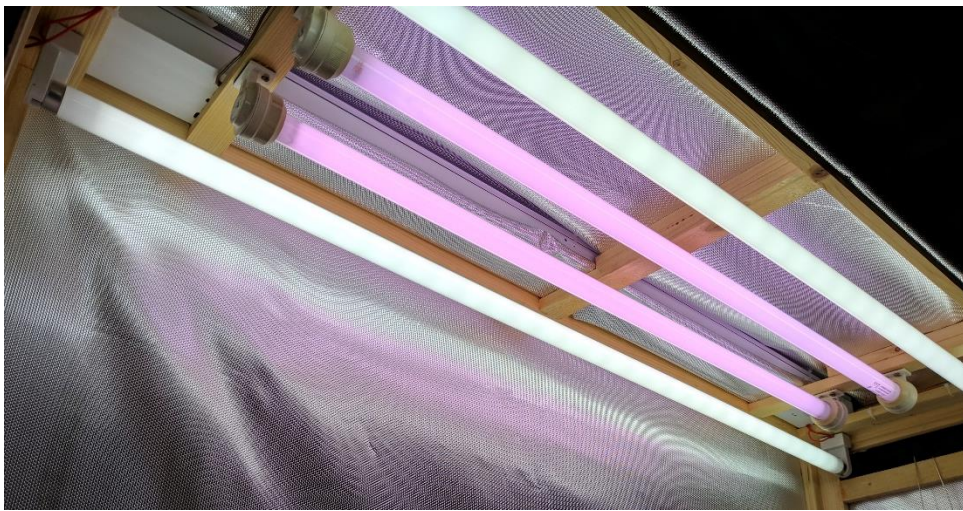
Cvetal algin je koncentriran izvleček rjavih morskih alg (ascophyllum nodosum). Primeren je za ekološko pridelavo. Rastline po uporabi izdelka postanejo vitalne, močne in odporne. V nadaljevanju naloge bom to gnojilo navajala kot alge. Podrobna sestava je neznana.

Kava

Uporabljen je ostanek iz naprave za kuhanje kave. Podrobna sestava je neznana.

3.1.3 Sobni rastlinjak

Ogrodje sobnega rastlinjaka je izdelano iz smrekovih letvic 34x24 mm. Za tla je uporabljen lesomal, plošča, debeline 3 mm. Preko ogrodja je napeto odbojno platno »Diamond difussion«. To platno ima posebno strukturo, da svetlobo odbija v vse smeri. Tako dosežemo čim boljši izkoristek in minimalne izgube svetlobe. Za razsvetljavo sta uporabljeni 2x36 w T8 sijalki dnevnega spektra (6000 K) in 2x30 w T8 Sylvania Gro-lux s spektrom, prilagojenim fotosintezi. Luč se je vklapljala in izklapljala preko časovne ure. Gorela je 16 ur dnevno.



Slika 8: Luč v sobnem rastlinjaku



Slika 9: Sobni rastlinjak

3.2 METODE DELA

Eksperiment sem izvedla v treh delih. V prvem delu je solata rastle v zemlji za sajenje. Ta pokus je trajal od 1. 10. do 15. 11. 2018. Uporabljeni sta bili dve naravni in dve umetni gnojili, in sicer: NPK, urea, koprive in alge. Gnojila sem jih vsak petek. Za svetlobo sta poskrbeli dve 30 W neonski žarnici brez odsevnikov. Zaradi slabih svetlobnih pogojev in slabe razvitih rastlin je bil prvi del eksperimenta predčasno prekinjen, saj je bila rast zelo slaba in neprimerna za primerjavo. Ta del eksperimenta je samo omenjen, ker ga nisem podrobneje analizirala.



Slika 10: 7 dni stara solata (levo)



Slika 11: 14 dni stara solata (desno)

3.2.1 Prvi poskus

Eksperiment sem izvedla v litrskih kozarcih za vlaganje. Te sem ovila v alu folijo, da svetloba ne bi vplivala na obstojnost gnojil in rast alg v raztopini. V pokrove je bila izrezana luknja, v katero je bil nameščen kos kamene volne. Za kaljenje in rast sem uporabila kameno volno dimenzij 4x4x4 cm. Najprej je solata rastle samo na kameni volni na pladnju z destilirano vodo. Ko je dobila prve prave liste, sem jih prestavila v steklene kozarce za vlaganje z raztopino hranil. Ker sem bila nekaj dni odsotna, sem tej vodi na pladnju dodala raztopino z 1ml mikro+makro gnojila. Več o tem v analizi. Za H₂O sem uporabila en kozarec, za ostale vrste hranil sem uporabila dva kozarca. V kozarcih je bila raztopina hranil nalita do vrha. Kot raztopino hranil sem uporabila H₂O, NPK, mikro+makro, mikro in alge. Količino hranil sem določila s pomočjo navodil na gnojilih.

V kozarec sem dodala naslednjo količino hranil:

- Mikro + makro: 3 ml A in 3 ml B
- Mikro: 1 ml
- NPK: 3 g
- Koprive: 1/3 volumna kozarca
- Alge: 10 ml

Do konca eksperimenta se hranil ni dodajalo. Ta del eksperimenta je trajal od 26. 10. 2018 do 21. 12. 2018.



Slika 12: Prvi dan v raztopini hranil

3.2.2 Drugi poskus

Drugi poskus je bil po izvedbi zelo podoben prvemu. Trajal je od 15. 1. do 15. 2. 2019. V primerjavi s prvim poskusom sem spremenila nekaj stvari, ki so se pri prvem pokazale kot pomanjkljivost. Namesto 4x4x4 cm kosa kamene volne sem uporabila 1x1x2 cm kos. Namesto pokrova za kozarec z luknjo sem uporabila kost stirodura s konusno luknjo premera 10 – 15 mm. Dodala sem še raztopino s kavo in akvarijsko vodo. Količina hranil je bila enaka kot v prvem delu poskusa.

Količino hranil:

- Mikro + makro: 3 ml A in 3 ml B
- Mikro: 1 ml
- NPK: 3 g
- Koprive: 1/3 volumna kozarca
- Alge: 10 ml
- kava: 2 žlici



Slika 13: Prvi dan v raztopini hranil – drugi del poskusa

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 REZULTATI

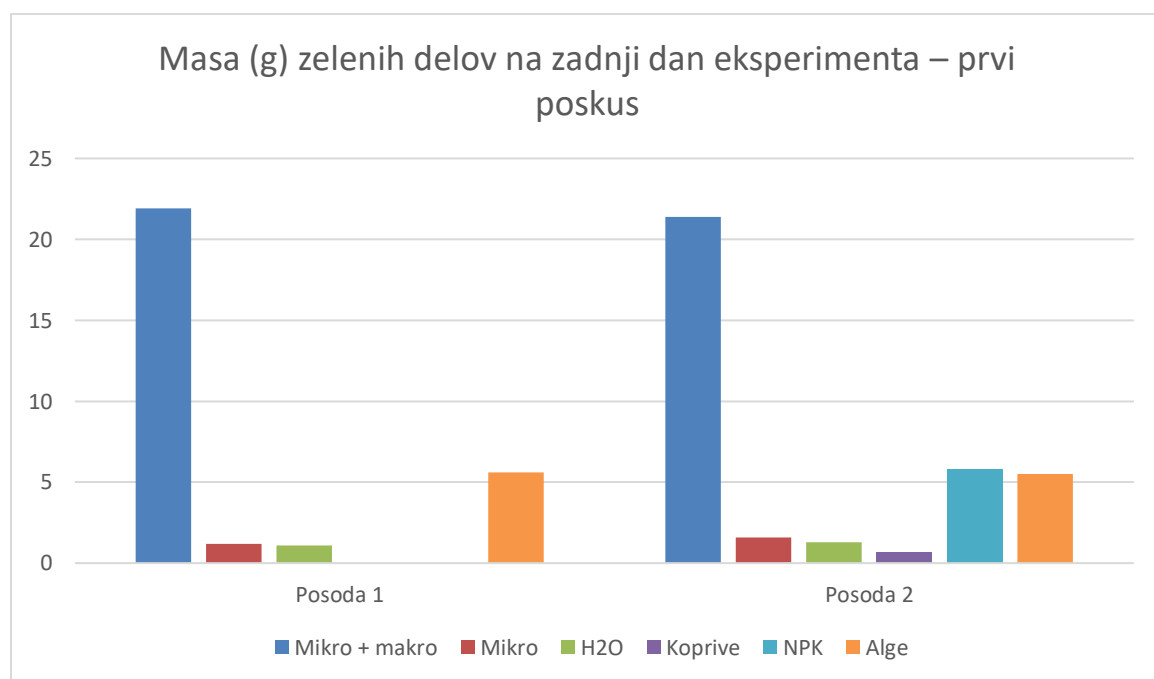
4.1.1 Masa zelenih delov

Prvi poskus

Kot lahko vidimo v spodnji tabeli, je najbolj uspešno rastla rastlina z vsemi potrebnimi hranili. Najslabša rast je bila v kozarcih s koprivami. Dva primerka sta se posušila, v koprivah in NPK. Masa rastline v kozarcu z mikro + makro je bila po pričakovanjih najvišja, saj je ta rastlina rastla v idealnih pogoji z vsem potrebnim za rast in razvoj. Vse ostale rastline so kazale enega ali več znakov pomanjkanja hranil, temu primeren je bil tudi slab razvoj.

Tabela 2: Masa zelenih delov v gramih – prvi poskus

| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | NPK | Alge |
|------------------|-------------|-------|------------------|----------|----------|-------|
| Kozarec 1 | 21.9 g | 1.2 g | 1.1 g | posušena | posušena | 5.6 g |
| Kozarec 2 | 21.4 g | 1.6 g | 1.3 g | 0.7 g | 5.8 g | 5.5 g |



Slika 14: Masa zelenih delov – prvi poskus

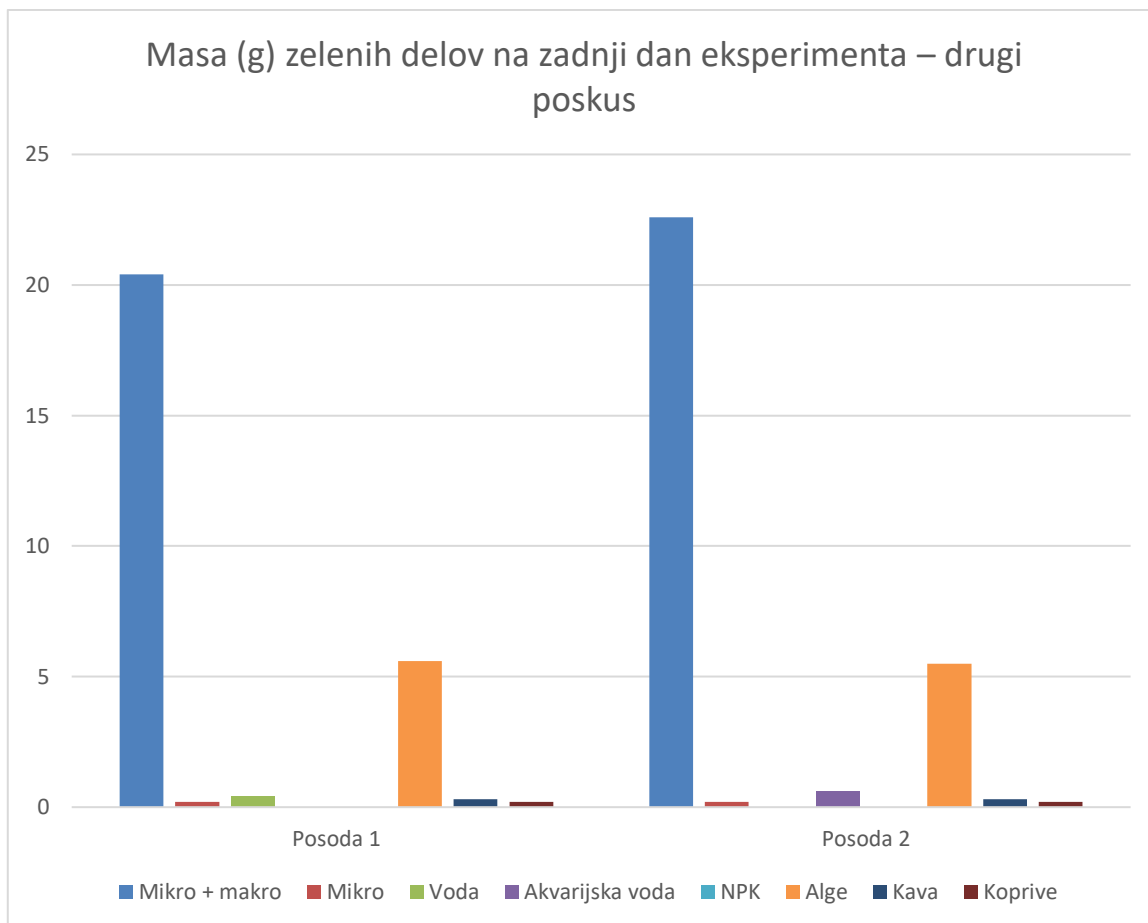


Slika 15: Velikost solate na zadnji dan prvega poskusa

Drugi poskus

Tabela 3: Masa zelenih delov v gramih – drugi poskus

| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | NPK | Alge | Akvarij | Kava |
|------------------|-------------|-------|------------------|---------|----------|----------|---------|-------|
| Kozarec 1 | 20.4 g | 0.2 g | 0.4 g | 0.2 g | posušena | posušena | | 0.3 g |
| Kozarec 2 | 22.6 g | 0.2 g | | 0.2 g | posušena | 0.3 g | 0.6 g | 0.3 g |



Slika 16: Masa zelenih delov – drugi poskus



Slika 17: Velikost rastlin na zadnji dan drugega poskusa

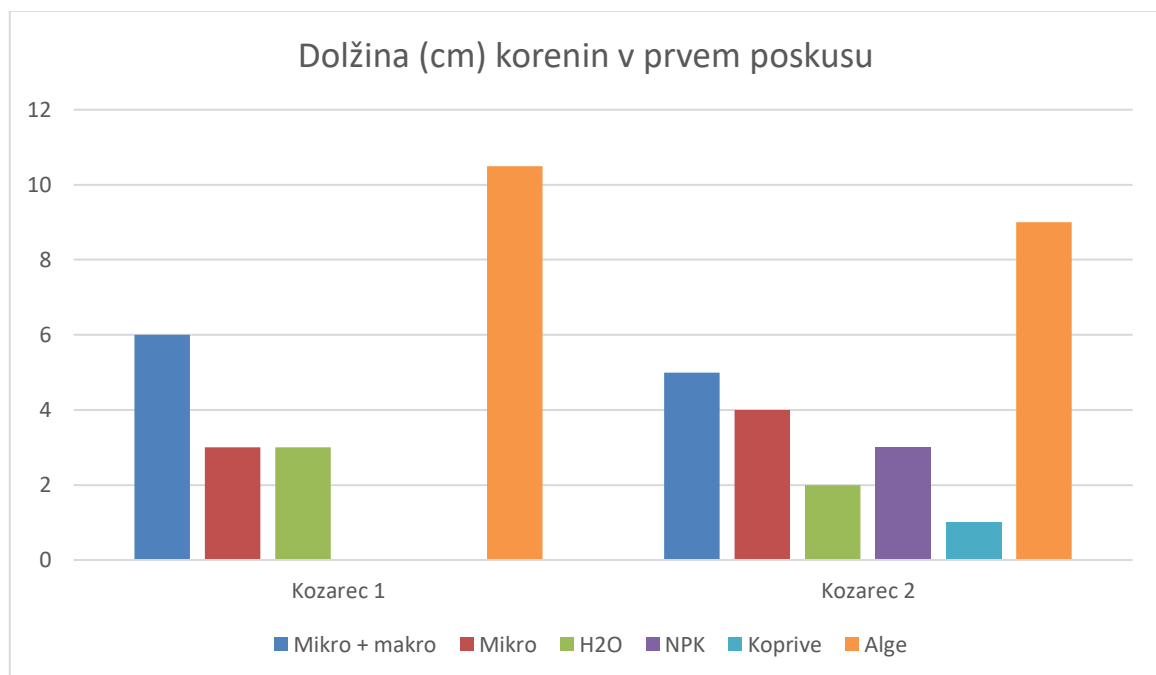
4.1.2 Razvoj korenin

Prvi poskus

Vse meritve so bile narejene zadnji dan poskusa.

Tabela 4: Dolžina korenin – prvi poskus

| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | NPK | Alge |
|------------------|-------------|-------|------------------|----------|----------|---------|
| Kozarec 1 | 5 cm | 3 cm | 3 cm | Posušena | Posušena | 10,5 cm |
| Kozarec 2 | 6 cm | 4 cm | 2 cm | 1 cm | 3 cm | 9 cm |



Slika 18: Dolžina korenin – prvi poskus

Med poskusom so se zaradi slabo razvitih korenin, posušile rastline v enem kozarcu z NPK in kozarcu z gnojilom iz koprive. Meritev teh rastlin nisem zajela med rezultate.



Slika 19: Razvoj korenin – NPK



Slika 20: Razvoj korenin – alge



Slika 21: Razvoj korenin – koprive 1 (levo)
Slika 22: Razvoj korenin – H₂O (desno)



Slika 23: Razvoj korenin – mikro

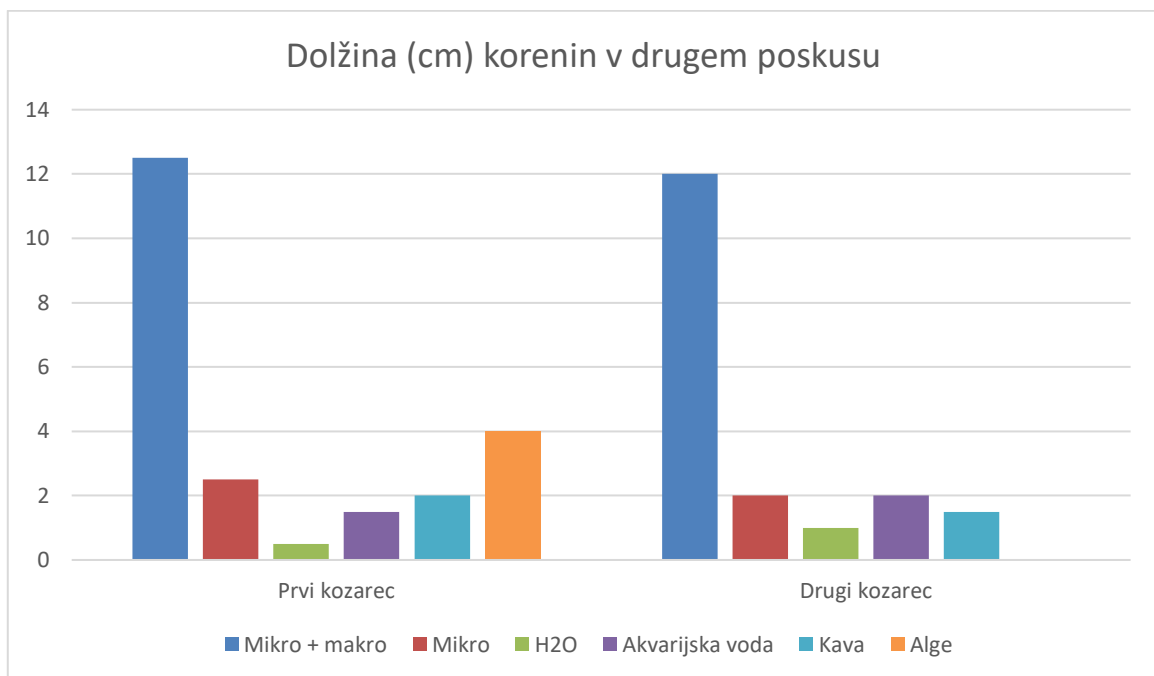


Slika 24: Razvoj korenin – mikro + makro

Drugi poskus

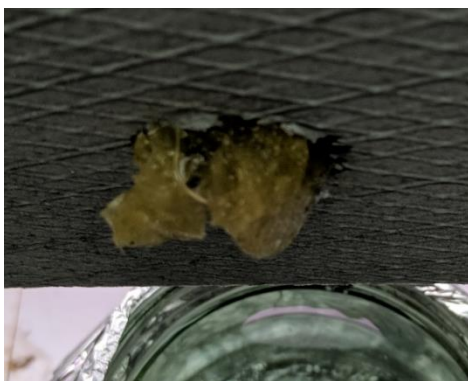
Tabela 5: Dolžina korenin – drugi poskus

| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | Akvarijska voda | Alge | Kava | NPK |
|------------------|-------------|--------|------------------|----------|-----------------|----------|--------|----------|
| Kozarec 1 | 12,5 cm | 2,5 cm | 0,5 cm | Posušile | 1,5 cm | 4 cm | 2 cm | Posušile |
| Kozarec 2 | 12 cm | 2 cm | 1 cm | Posušile | 2 cm | posušile | 1,5 cm | posušile |



Slika 25: Dolžina korenin – drugi poskus

Med poskusom so se zaradi slabo razvitih korenin, posušile rastline v obeh kozarcih s koprivami, NPK in kozarcu z algami. Teh rastlin nisem fotografirala ob koncu poskusa.



Slika 26: Razvoj korenin H₂O (levo)

Slika 27: Razvoj korenin – akvarijska voda (desno)



Slika 28: Razvoj korenin – kava



Slika 29: Razvoj korenin – alge (levo)

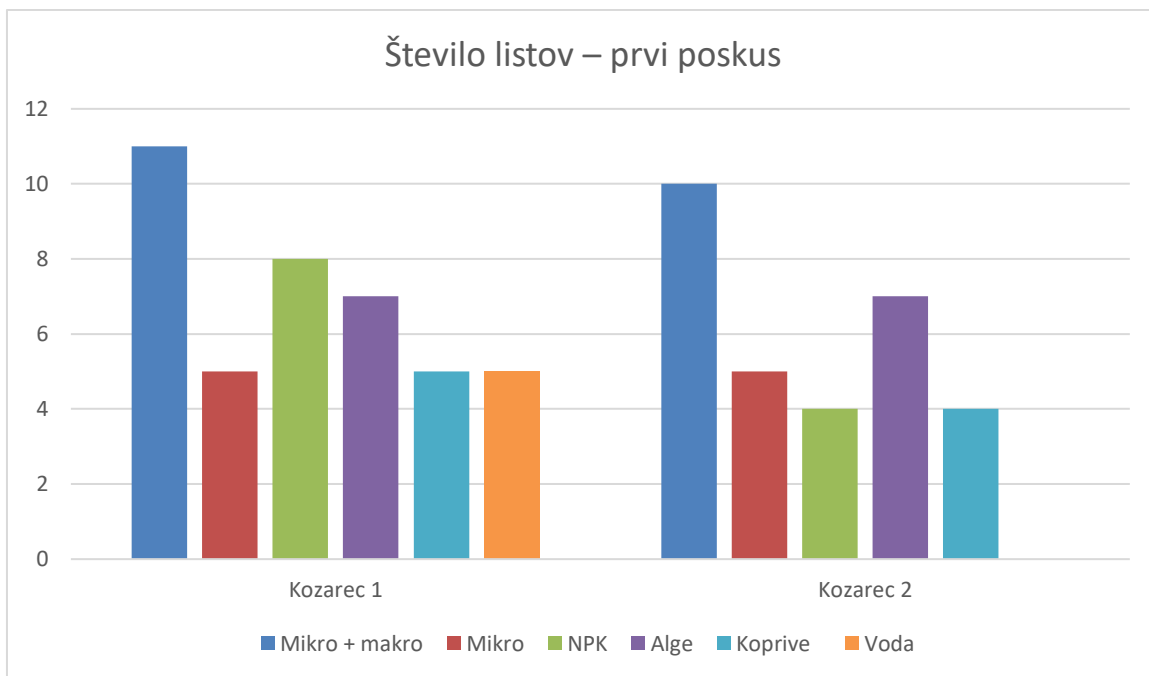
Slika 30: Razvoj korenin – mikro + makro (desno)

4.1.3 Število listov na rastlino in znaki pomanjkanja hranil

4.1.3.1 Število listov

Tabela 6: Število listov – prvi poskus

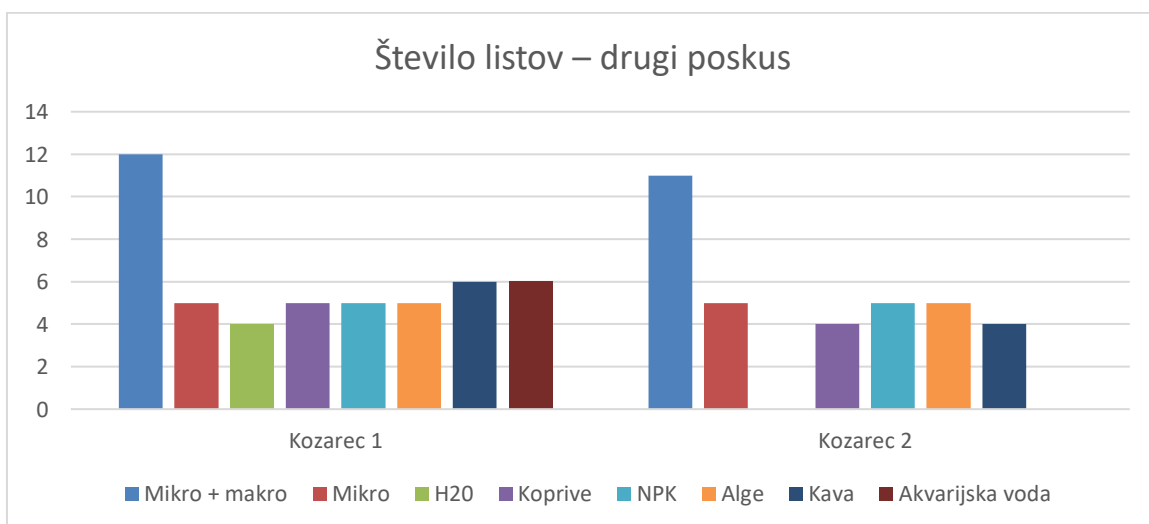
| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | NPK | Alge |
|------------------|-------------|-------|------------------|----------|----------|------|
| Kozarec 1 | 11 | 5 | 5 | posušena | 8 | 7 |
| Kozarec 2 | 10 | 5 | | 4 | posušena | 7 |



Slika 31: Število listov – prvi poskus

Tabela 7: Število listov – drugi poskus

| | Mikro+makro | Mikro | H ₂ O | Koprive | NPK | Alge | Kava | Akvarijska voda |
|------------------|-------------|-------|------------------|---------|-----|------|------|-----------------|
| Kozarec 1 | 12 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| Kozarec 2 | 11 | 5 | | 4 | 5 | 5 | 4 | |



Slika 32: Število listov – drugi poskus

4.1.3.2 Znaki pomanjkanja

Prvi poskus

Spodnja tabela prikazuje, katera hranila so manjkala v določenem gnojilu. Rastline, ki so se posušile med poskusom,, niso navedene v tabeli. Solata ki je rastla v raztopini mikro + makro je imela na voljo vsa potrebna hranila. Znakov pomanjkanja ni bilo.

Tabela 8: Znaki pomanjkanja – prvi poskus

| | N | P | K | Mg | Fe | Cu | Zn | B | Mo | Mn |
|-----------------------|---|---|---|----|----|----|----|---|----|----|
| Mikro + Makro | | | | | | | | | | |
| Mikro | X | | X | | | | | | | |
| NPK | | | | X | X | | X | | | X |
| Alge | X | | X | X | | | | | | X |
| Koprive | X | | X | X | | X | X | | | |
| H₂O | X | X | | | | | | | X | |



Slika 33: Znaki pomanjkanja – H₂O (desno)



Slika 34: Končna velikost solate – mikro + makro (levo)



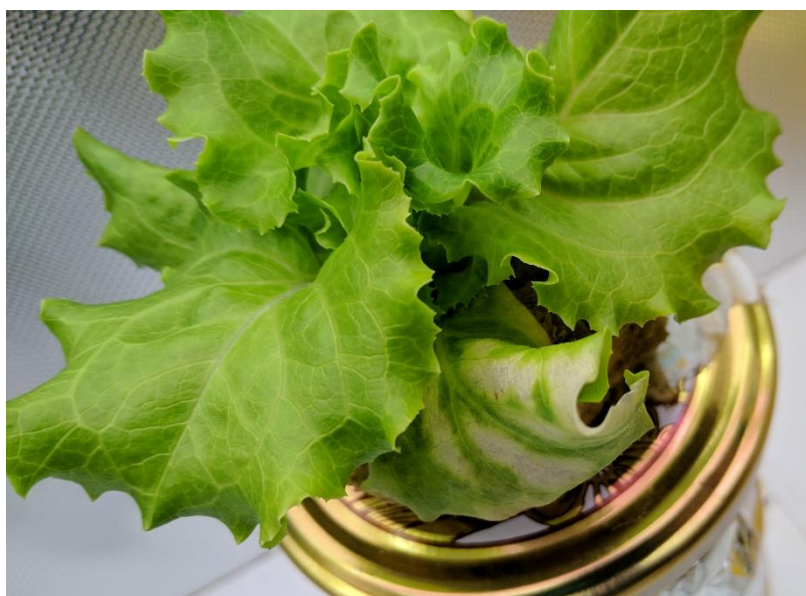
Slika 35: Znaki pomanjkanja – alge



Slika 36: Znaki pomanjkanja – mikro



Slika 37: Znaki pomanjkanja – koprive



Slika 38: Znaki pomanjkanja – NPK

Drugi poskus

V drugem poskusu sta se obe rastlini v raztopini NKP in koprivah posušili. Zaradi tega rastlin nisem zajela pri rezultatih pomanjkanja.

Tabela 9: Znaki pomanjkanja – drugi poskus

| | N | P | K | Mg | Fe | Cu | Zn | B | Mo | Mn |
|------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Mikro + Makro | | | | | | | | | | |
| Mikro | X | X | | | | | | | X | |
| Alge | X | X | | X | | | | | | X |
| Akvarijska voda | X | X | | X | X | | X | | | X |
| Kava | X | X | X | X | | | X | | | |
| H₂O | X | X | | | | | | | | |



Slika 39: Znaki pomanjkanja – H₂O (levo)



Slika 40: Znaki pomanjkanja – akvarij (desno)



Slika 41: znaki pomanjkanja – kava (levo)



Slika 42: Znaki pomanjkanja – alge (desno)



Slika 43: Znaki pomanjkanja – NPK



Slika 44: Znaki pomanjkanja – mikro



Slika 45: Znaki pomanjkanja – kava (levo)



Slika 46: Znaki pomanjkanja – H₂O (desno)



Slika 47: Znaki pomanjkanja – akvarij (levo)



Slika 48: Znaki pomanjkanja – alge (desno)



Slika 49: Solata brez znakov pomanjkanja

4.2 RAZPRAVA

Izkazalo se je, da so bile vse hipoteze potrjene. Predvidevala sem, da bo razlika v rasti solat glede na različne elemente, ki jih vsebujejo hranila. Razlike med solatami, ki so imele na voljo vsa hranila in ostalimi, so bile izrazite. Pri vseh, razen mikro + makro, je bila zavrta rast tako korenin kot zelenih delov. Nekaj solat se je zaradi pomanjkanja oziroma prevelike količine nekega elementa tudi posušilo. Zavedam se, da je bil ta eksperiment zelo preprosto zastavljen in je iz njega praktično nemogoče natančno določiti, kaj je krivec za zavrto rast. Se je pa vseeno videlo, da so tako imenovana ekološka gnojila, kot so kavna usedlina, namočene koprive in Algin, nepopolna in jih moramo vseeno kombinirati z ostalimi gnojili za popolno prehrano rastlin.

Prvi del poskusa, ki sem ga štela kot neuspešnega, sem predčasno prekinila zaradi več dejavnikov, ki so negativno vplivali na rezultate. Svetloba je bila prešibka. Solate so že od kalitve dalje imele pretegnjeno steblo, saj so vso energijo vlagale v rast proti svetlobi namesto v razvoj. Kalčki so prve liste pognali šele na višini 4 cm. Pri zadostni svetlobi bi naj ti listki zrastle takoj nad podlago. Tudi doziranje gnojil je bilo nenatančno, saj sem gnojila pršila s pršilko. Na tak način nisem enakomerno odmerjala gnojila vsem solatam. Ker so rastline rasle v zemlji za sajenje, ki vsebuje potrebna hranila, je tudi to negativno vplivalo na poskus, saj je vsaka solata dobila potrebna hranila iz zemlje. V tem poskusu so se najbolj odrezale koprive, kar je v popolnem nasprotju z rezultati hidroponike. Zaradi zgoraj naštetih razlogov tega poskusa nisem zajela med rezultate.

Del poskusa, ki sem ga izvajala v sobnem rastlinjaku, je bil popolno nasprotje glede pogojev za rast. Rastline so imele na voljo dovolj svetlobe. Že samo ta dejavnik je vplival na popolnoma drugačen izgled kalčkov in razvoj solate. Vso energijo je vložila v razvoj namesto v rast proti svetlobi. Tudi v tem delu poskusa ni šlo vse brez zapletov. V prvem delu poskusa s hidroponiko sem na začetku, ko so še kalčki razvijali prve prave liste, vsem dodala nekaj mikro + makro hranila. Domnevam, da je to glavni razlog za takšno razliko med razvojem solate v prvem in drugem poskusu. V drugem poskusu so imele vse solate, razen tiste z mikro + makro hranili, zavrto rast, dosti se jih je tudi posušilo. Medtem ko je v prvem delu solata v algah in v NPK v rasti izstopala napram ostalim. Ena izmed pomanjkljivosti je bil tudi prevelik kos kamene volne. Tako je solata dovolj vlage dobila v kameni volni in ni razvijala korenin proti hranilom. Najbolj je to bilo vidno pri solati, ki je rasla v mikro + makro. V prvem poskusu so bile korenine dosti manj razvite v hranilno raztopino kot v drugem poskusu. Zaradi večje površine kamene volne je voda hitreje izhlapevala in je bilo potrebno v nekaj kozarcih doliti destilirano vodo. To izhlapevanje je bilo odpravljeno v drugem delu poskusa z manjšim kosom kamene volne in manjšo luknjo v pokrovu. Vse raztopine sem pripravila z destilirano vodo, saj sem s tem izločila vpliv mineralov iz vodovodne vode na hranilne raztopine.

Če bi imela čas za izvedbo tretjega poskusa, bi ga zastavila malce drugače. Poskusila bi prvih 10 – 15 dni solate gojiti v raztopini mikro + makro, nato bi jih predstavila vsako v svojo raztopino hranil. S tem predvidevam, da bi vse solate najprej rasle enako hitro in bi pokazale lepše vidne znake pomanjkanja. Ti znaki so bili v drugem delu poskusa težko razvidni, saj so bile vse solate, razen tistih dveh v mikro + makro, zelo slabo razvite ali so se med poskusom posušile. Vzrok za slab razvoj in sušenje je bilo pomanjkanje določenih hranil. Katera točno so ta hranila, pa lahko samo predvidevam. Čeprav kaže rastlina znake pomanjkanja določenega hranila, je lahko krivo pomanjkanje nekega drugega hranila, ki vpliva na absorpcijo tega prvega. Tako je na primer ena solata v NPK v prvem poskusu dosegla najvišjo maso med rastlinami z nepopolnimi hranili, v drugem poskusu sta se obe posušili že pred koncem poskusa. Podoben rezultat je bil pri algah. V prvem poskusu so bile najbolj razvite korenine in dobro razviti listi med solatami z nepopolnimi hranili, v drugem delu dosti bolj zavrta rast in neprimerno slabše razvite korenine, ena solata se je celo posušila.

Vsaka rastlina nam je z izgledom listov sporočala, katerih elementov ji primanjkuje. Pri solati, ki je rasla v H₂O, NPK in mikroelementih, se simptomi pomanjkanja ujemajo s slikami v teoretičnem delu. V prvem poskusu je solati z mikro elementi manjkala dušik in kalij, zato so začeli rumeneti listi in imeli mrtve

cone. Pri NPK sta manjkala magnezij in mangan, kar pomeni, da so listi rumeneli med žilami, pojavijo se mrtve cone na rastlini, stari listi pa odmirajo. Algam je manjkal dušik, kalij, magnezij in mangan, zaradi česar so listi imeli nekroze, stari listi so rumeneli. Koprivam je manjkal dušik, kalij in magnezij, zaradi česar so stari listi rumeneli. Pri solati, ki je rastla v H₂O, je primanjkovalo vseh mikro in makro elementov.

V drugem poskusu pa je mikro elementom primanjkovalo dušika, fosforja in molibdena, zaradi česar so stari listi rumeneli. NPK in koprivam ne moremo določiti, česa je primanjkovalo, saj sta se obe rastlini posušili. Za sušenje je možnih več elementov, ki vplivajo drug na drugega. Algam je primanjkoval dušik, fosfor, magnezij in mangan, zaradi česar so stari listi začeli rumeneti in pojavile so se nekroze. Tudi pri solati, ki je rastla v akvarijski vodi, so bili opazni znaki pomanjkanja. Kloroze in pikčaste nekroze so se pojavile na starih listih, kar kaže na pomanjkanje N, K, Mg, Zn, Fe in Mn. Ta rezultat me je malo presenetil, saj sem pričakovala, da bo akvarijska voda vsebovala vse potrebne snovi in glede na to, da se v akvaponiki uporabljajo organski odpadki rib kot gnojilo. Način vzgoje je enak kot pri hidroponiki. Kavi je primanjkovalo dušika, fosforja, kalija, magnezija in cinka, zaradi česar so stari listi rumeneli in se posušili.

5 ZAKLJUČEK

Najbolj koristno in učinkovito je bilo gnojilo mikro + makro, ki je rastlini nudilo vsa hranila in vitamine. Vsi trije poskusi so se razlikovali in mi dali koristne podatke in rezultate. Čeprav je bil ta poskus zastavljen na zelo osnoven in preprost način, so bile vidne razlike med gnojili. Predvsem razlika med popolnim naborom hranil in pomanjkanjem določenih elementov. Nepopolna gnojila so se za hidroponiko izkazala kot dokaj slaba in nekoristna. Iz tega predvidevam, da se tudi v klasičnem načinu vzgoje rastline ne bi obnesla kot samostojna gnojila.

6 VIRI IN LITERATURA

Brezovšček, V. (2010). *Gojenje solate (Lactuca sativaL.) in špinacije (Spinacia oleraceaL.) na plavajočem sistemu*. Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Ljubljana: str. 2-3, 106.

Godec, G., Glažar, S., Grubelnik, L. 2015. E-učbenik za naravoslovje v 6. razredu osnovne šole. Pridobljeno 17.2.2019 iz <http://eucbeniki.sio.si/nar6/1541/index4.html>.

I.H. 2016. To je najstarejše drevo na svetu. Pridobljeno 17. 2. 2019 iz <https://www.zurnal24.si/svet/to-je-najstarejse-drevo-na-svetu-262632>.

Katedra za aplikativno botaniko, Univerza v Ljubljani. 2008. *Mineralna prehrana Rastlin*. Pridobljeno 17. 2. 2019 iz http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Vodnik_Predavanja_Bolonja/Vodnik_P_Bolonja_AG-UNI-Fiziologija_rastlin_Minerali-1del-2008-09.pdf: str. 61.

Kratky, B.A. 2009. *Three non-circulating hydroponic methods for growing lettuce*. Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. Acta Hort. 843:65-72: str. 3-4.

M.P. 2014. Najvišje drevo na svetu. Pridobljeno 17.2.2019 iz <https://otroski.rtv slo.si/bansi/prispevek/2583>.

Organics Nutrients. 2018. *Simptomi pomanjkanja hranil pri rastlinah*. Pridobljeno 17. 2. 2019 iz <https://organicsnutrients.com/simptomi-pomanjkanja-hranil-pri-rastlinah/>.

Permakulture za telebane, Gajin svet. 2017. Vodič po govoric listov – ko nam rastline same povedo, kaj jih manjka. Pridobljeno dne 17. 2. 2019 iz <https://permakulturazatelebane.wordpress.com/novice-iz-gajinega-vrta/vodic-po-govorici-listov-ko-nam-rastline-same-povedo-kaj-jih-manjka/>.

Polanec, R.A., Košuta, Jug. (2014) *Osnove prehrane rastlin in gnojenja*. KGZS – Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica, Nova Gorica: str. 19.

Vilhar, B. 2005. Katedra za botaniko, Zeleni škrat. Pridobljeno 17. 2. 2019 iz http://botanika.biologija.org/zeleni-skrat/poskusi_sam/zalozne_snovi_v_semenu.htm.

Youst, B. *How To Start Growing With The Kratky Method*. PUpstart University. Pridobljeno 7. 11. 2018 iz <https://university.upstartfarmers.com/blog/kratky-method>.