

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej LESKOVEC

AKVAPONIČNO GOJENJE VRTNIN

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej LESKOVEC

AKVAPONIČNO GOJENJE VRTNIN

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

AQUAPONIC VEGETABLE GROWING

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo vinogradništvo in vrtnarstvo, eksperimentalni del pa v Idriji.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorico diplomskega dela imenovala doc. dr. Nino Kacjan Maršič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: Akademik prof. dr. Ivan Kreft, ambasador znanosti
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Nina Kacjan Maršič
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok Mihelič
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 11.9.2012

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Matej Leskovec

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 631.589.2:635.55:635.15:631.847.1(043.2)
KG	hortikultura/vrtnarstvo/hidroponika/akvaponika/akvakultura/ endivija/redkvica/vrtnine
KK	AGRIS F01/F04/F06/F08/M11
AV	LESKOVEC, Matej
SA	KACJAN MARŠIČ, Nina (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2012
IN	AKVAPONIČNO GOJENJE VRTNIN
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	X, 30, [18] str., 10 pregl., 8 sl., 9 pril., 24 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	V diplomski nalogi je bilo preučevano akvaponično gojenje zelenjave v primerjavi z integriranim pridelovanjem v zemlji, ocenjena je bila količina pridelka in vsebnost nitratov v solatnicah ter pridobljena masa rib ve času gojitvenega obdobja. Poskus je trajal od 28.9.2010 do 15.4.2011 v neogrevanem plastenjaku v Idriji. Izbrani sta bili dve vrsti zelenjadnic, ena sorta endivije (<i>Cichorium endivia</i> var. <i>crispum</i> L.) in ena sorta mesečne redkvice (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>sativus</i>) ter rezultati gojenja solate 'Noisette' iz pvega (preliminarnega) poskusa. Poskus je bil izveden v 4 ponovitvah. V akvaponiki je substrat predstavljal rečni gramoz, hranila pa so dovajale ribe - krapci (<i>Cyprinus carpio</i> L.) in dodatek Fe ter organskega gnojila iz alg (Vrt). Poskus v zemeljskem substratu se je zalival po potrebi v akvaponiki pa je bila pogostost namakanja na 30 min. Pobran pridelek endivije je bil stehtan, vzorci (10 – 285 g) pa shranjeni v papirnate vrečke in posušeni. Vzorci so bili nato zmleti in kasneje izvedeni nitratni testi z reflektometrično določitvijo. Pridelek solate v predhodnem poskusu je bil v akvaponičnem sistemu 3,6 kg/m², v zemeljskem substratu pa 1,6 kg/m². Pridelek endivije je bil v akvaponiki 6,9 kg/m², v zemeljskem substratu pa 2,0 kg/m². Povprečna vsebnost nitratov endivije gojene v akvaponičnem sistemu je bila 1732,25 mg NO₃/kg sveže mase, v zemeljskem substratu pa 1224,85 mg NO₃/kg sveže mase. Odstotek redkvic, ki spadajo v tržno kategorijo je bil glede na število vseh pridelanih redkvic v akvaponiki 26,76 %, v zemeljskem substratu pa 2,35 %. Poraba vode v akvaponičnem sistemu je bila v času gojitvenega obdobja 250 l/m² litrov, v zemeljskem substratu pa 500 l/m². Izmerjena pridobljena masa pri ribah tekom gojitvenega obdobja je bila v povprečju 182,63 g na ribo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Vs
DC UDC 631.589.2:635.55:635.15:631.847.1(043.2)
CX horticulture/vegetable growing/hydroponics/aquaponics/radish
aquaculture/endive/*Raphanus sativus* L. var. *sativus*/crop yeilds/nitrates
CC AGRIS F01/F04/F06/F08/M11
AU LESKOVEC, Matej
AA KACJAN MARŠIĆ, Nina (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2012
TY AQUAPONIC VEGETABLE GROWING
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO X, 30, [18] p., 10 tab., 8 fig., 9 ann., 24 ref.
LA sl
Al sl/en

AB In our thesis aquaponic growing of vegetables was compared with soil vegetable growing. Mass and content of nitrates were estimated in leafy vegetables along with mass of radish and gained mass of fish weight during the growing period. The experiment was conducted during the winter from 28.9. 2010 to 15.4.2011 in a unheated greenhouse located in Idrija. Two species of vegetables were chosen for this experiment, one variety of endive (*Cichorium endivia* var. *crispum* L.) and one variety of radish (*Raphanus sativus* L. var *sativus*). The experiment was designed in 4 replicates. In the aquaponic system the substrate was river gravel. Variety of carp fish (*Cyprinus carpio* L.) were supplying nutrients with addition of Fe and organic algea extract called Vrt. Plants in the soil were irrigated on demand, plants in the aquaponics part were irrigated frequently, every 30 min. Endive crop was weighed and samples (10-285 g) for nitrate determination were taken, stored in paper bags and dried. Samples were then grounded and later tested for nitrate levels with reflectometric determination. Salad yield from preliminary experiment was in aquaponics 3.6 kg/m² and 1.6 kg/m² in the soil substrate. Endive crop in aquaponics was 6.9 kg/m² and 2.0 kg/m² in the soil substrate. Average content of nitrates in endive grown in aquaponic system were 1732.25 mg NO₃/kg fresh weight and 1224.85 mg NO₃/kg on fresh weight in the soil substrate. Percentage of radishes suitable for marketing was 26.67% in aquaponic system and 2.35%. The sum of water used in the aquaponic system during the growing period was 250 l/m² and 500 l/m² litres in the soil substrate. Fish mass gained during the growing period was on average 182.63 g per fish.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 NAMEN RAZISKAVE	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 AKVAPONIKA	2
2.2 RAZŠIRJENOST PRIDELOVANJA VRTNIN NA AKVAPONIČNIH SISTEMIHI PO SVETU	2
2.3 HIDROPONIKA	3
2.3.1 Oblike hidroponike	3
2.3.2 Gramozna kultura	3
2.3.3 Substrat	4
2.3.4 Lastnosti substrata	4
2.3.5 Namakanje	4
2.4 RIBE	4
2.4.1 Razširjenost	4
2.4.2 Habitat	4
2.4.3 Pasme krapov	5
2.4.4 Hrana	5
2.5 NITRIFIKACIJA IN NITRATI	5
2.5.1 Vpliv pH	6
2.5.2 Dejavniki, ki vplivajo na koncentracijo nitrata v rastlinah	6
2.5.3 Vpliv nitratov na zdravje	6
2.5.4 Nitratna zakonodaja	7
2.6 ENDIVIJA	8
2.6.1 Prehrambna vrednost	8
2.6.2 Morfološke in biološke vrednosti	8
2.6.3 Tla in klima	8

2.6.4	Potreba po hranilih	8
2.6.5	Izbor kultivarja	9
2.6.6	Vzgoja endivije na prostem	9
2.6.7	Pridelek in spravilo	9
2.6.8	Pakiranje in skladiščenje	9
2.6.9	Fiziološke motnje, bolezni in škodljivci endivije	10
2.7	BOTANIČNA OPREDELITEV REDKVICE	10
2.7.1	Hranilna in zdravilna vrednost	10
2.7.2	Morfološke in biološke lastnosti	10
2.7.3	Potreba po hranilih in gnojilih	11
2.7.4	Gojenje redkvice	11
2.7.5	Pridelek in spravilo	11
2.7.6	Bolezni in škodljivci redkvice	11
3	MATERIAL IN METODE	12
3.1	POSKUS	12
3.2	MERITVE RASTLIN SOLATE IN ENDIVIJE	13
3.3	MERITVE SUŠINE (SUHE SNOVI)	14
3.4	MERITVE NITRATA V RASTLINAH	14
3.5	MERITVE RASTLIN MESEČNE REDKVICE	14
3.6	NAMAKANJE	15
3.7	MERITVE RIB	15
4	REZULTATI	16
4.1	SKUPNI IN POVPREČNI PRIDELEK SOLATE IN ENDIVIJE	16
4.1.1	Solata	16
4.1.2	Endivija	17
4.2	VSEBNOST SUŠINE V ENDIVIJI	18
4.3	VSEBNOST NITRATA V ENDIVIJI	19
4.3.1	Vsebnost nitrata v vodi akvaponičnega sistema	20
4.4	PRIDELEK MESEČNE REDKVICE	20
4.4.1	Analiza morfoloških meritev mesečne redkvice	20
4.4.2	Analiza pridelka mesečne redkvice	21
4.5	PORABA VODE	23
4.6	MASA RIB	23
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	24
5.1	RAZPRAVA	24

5.1.1	Pridelek solate	24
5.1.2	Pridelek endivije	24
5.1.3	Odstotek suhe snovi	24
5.1.4	Vsebnost nitrata v rozetah endivije	25
5.1.5	Pridelek mesečne redkvice	25
5.1.6	Namakanje oz. poraba vode	25
5.1.7	Masa rib	25
5.2	SKLEPI	26
6	POVZETEK	28
7	VIRI	30
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Akvaponični sistem v plastenjaku, Idrija, 2010	12
Slika 2: Povprečna masa glav solate gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu	17
Slika 3: Povprečna masa rozet endivije gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu	18
Slika 4: Povprečni odstotek suhe snovi v vzorcih endivije, pridelane v akvaponiki in v zemeljskem substratu	19
Slika 5: Povprečna vsebnost nitrata v rozetah endivije gojene v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu	20
Slika 6: Povprečen tržni pridelek mesečne redkvice, pridelane v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu.	22
Slika 7: Celoten pridelek rastlin mesečne redkvice (g/m^2), pridelane v akvaponičnem sistemu in zemeljskem substratu	22
Slika 8: Skupni seštevek porabljene vode (l/m^2) v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu	23

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Ocenjeni vnos NO ₃ iz drugih virov kot so prehranski dodatki na globalnem nivoju (Santamaria, 2006)	7
Preglednica 2: Zgornje mejne vrednosti vsebnosti nitratov v živilih (Pravilnik o onesnaževalcih v živilih, 2003)	7
Preglednica 3: Analiza tal (Center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, 2010)	13
Preglednica 4: Povprečna masa glav solate, gojene v akvaponiki in v tleh (zemeljskem substratu)	16
Preglednica 5: Povprečna masa rozet endivije in povprečna masa korenin endivije gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu	17
Preglednica 6: Povprečni odstotek suhe mase v vzorcih endivije	18
Preglednica 7: Povprečna vsebnost nitrata v vzorcih endivije, gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu.	19
Preglednica 8: Rezultati meritev pridelka mesečne redkvice	20
Preglednica 9: Analiza pridelka mesečne redkvice	21
Preglednica 10: Meritve mase rib	23

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Morfološke meritve endivije

PRILOGA B: Meritve namakanja

PRILOGA C: Morfološke meritve mesečne redkvice

PRILOGA D: Slikovno gradivo

PRILOGA E: Mešanje substrata in priprava rastnega korita

PRILOGA F: Prikaz gojenja solate 22.6.2010

PRILOGA G: Kategorizacija mesečne redkvice v akvaponičnem sistemu in zemeljskem substratu

PRILOGA H: Meritve posameznih glav solate

PRILOGA I: Meritve posameznih rozet endivije

SIMBOLI IN OKRAJŠAVE

Fe	Železo
NH ₄	Amonijev ion
NH ₂ OH	Hidroksilamin
NO ₃ -	Nitrat
NO ₂ -	Nitrit
N ₂ O	Didušikov oksid
NO ₃ -N	Dušik v obliki nitrata
ZMV	Zgornja mejna vrednost
ADI	Vrednost dnevnega vnosa (acceptable daily intake)
JECFA	Ekspertni odbor za prehrano in kmetijstvo (Joint expert committee of the food and agriculture)
WHO	Organizacija združenih narodov in Svetovna zdravstvena organizacija (Organization of the United Nations and World health organization)
SCF	Znanstveni odbor za hrano (Scientific committee on food)
EPA	Agencija za varstvo okolja (Environmental protection agency)

1 UVOD

Akvaponika zajema tako elemente akvakulture kot hidroponike. Akvakultura predstavlja gojenje vodnih organizmov v odprtih cisternah (iz umetnih mas, galvanizirane pločevine, betona...). Hidroponika pa je gojenje rastlin s pomočjo raztopine mineralnih hranil in vode v inertnem substratu. Akvaponika je skupek teh dveh ved in vsebuje hidroponiko kot element za gojenje rastlin brez zemeljskega substrata ter element akvakulture kot vir hranil za rastline. Rastline oz. hidroponika delujejo v tem sistemu kot mehanski in biološki filter za vodo v kateri prebivajo ribe. Ribe torej nudijo svoje izločke, medtem, ko rastline v zameno čistijo vodo s tem, da porabijo hranila raztopljena v njej. Pomemben element, ki omogoča tak cikel so bakterije, ki se naselijo v vodi in na filtrirnem materialu (gramoz ipd.). Te bakterije omogočijo, da se izločki rib pretvorijo v obliko hranila, ki ga rastline lahko sprejmejo skozi svoje korenine. Izhajajo predvsem iz družine *Nitrosomonas* in *Nitrobacter*. Prve omogočajo pretvorbo amonijaka (eden glavnih vzrokov za pogin vodnih organizmov) v nitrit, druge pa iz nitrita s pomočjo kisika naredijo nitrat, ki je prosto dostopen rastlinam (Rick in Stuart, 2000).

S pravim razmerjem rastlin (filtrirna kapaciteta) in vodnih organizmov (ribe, školjke, raki...) dosežemo hitro rast tako rastlin kot rib in vzgojimo v enem sistemu živalske beljakovine ter zelenjavo (vitamini, minerali, škrob...). Ker je sistem ciklični oz. zaprtega tipa, porabimo v nasprotju s hidroponiko odprtega tipa ali akvakulturo do 90% manj vode, prav tako pa ne uporabljamo mineralnih gnojil, pesticidov, zdravil za ribe in s tem bistveno zmanjšamo obremenitev okolja (Rakocy in sod., 2003).

1.1 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je predstavitev, opis enega izmed obstoječih in delujočih akvaponičnih modelov ter prikaz rezultatov gojenja vrtnin ter vzrejo rib. Cilj je priprava teoretičnih osnov za izdelavo praktičnega vodnika po akvaponiki.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Domnevamo, da bosta rast in razvoj rastlin, ki jih bomo gojili v akvaponiki hitrejša od rasti in razvoja rastlin gojenih v tleh oz. zemeljskem substratu (kontrola). Predvidevamo tudi, da bo v akvaponiki pridelek rastlin večji, poraba vode manjša, vsebnost nitrata pa ne bo presegla dovoljenih vrednosti nitrata za listnato zelenjavo.

2 PREGLED OBJAV

2.1 AKVAPONIKA

Akvaponika je kombinirana kultura rib in rastlin v krožnih sistemih. Hranila, ki se izločajo iz iztrebkov rib ali preko mikrobnega razpada organskih odpadkov se absorbirajo v rastline, ki jih gojimo v hidroponskem sistemu. Ribja hrana priskrbi večino hranil, ki so potrebna za rast raslin. Ko odpadna voda v kateri so izločki rib potuje skozi hidroponske komponente krožnega sistema se ribji presnovki odstranijo z nitrifikacijo in direktnim vnosom v rastline. S tem se voda prečisti in potuje preko namakalnega sistema nazaj v ribogojne komponente sistema in se tako voda ponovno uporabi.

Akvaponika ima veliko prednosti pred drugimi obtočnimi akvakulturami in hidroponskimi sistemi, ki uporabljajo neorganske hranilne raztopine. Hidroponska komponenta v tem primeru služi kot biofilter in zato ločen biofilter ni potreben tako kot pri drugih obtočnih sistemih. Akvaponični sistemi imajo samo biofilter, ki ustvarja dohodek iz prodaje hidroponičnih pridelkov, kot so zelenjava, zelišča in cvetje. V UVI (University of the Virgin Islands), kjer uporabljajo plavajoč sistem za gojenje okre in bazilike in se dodaja samo kalcij, kalij in železo. Hranila, ki jih izločajo ribe bi bila običajno odvržena in bi lahko prispevala k onesnaževanju. Odstranjevanje hranil s pomočjo rastlin podaljša uporabnost vode in znatno zmanjša izpust hranil v okolje. Akvaponični sistemi potrebujejo manj nadzora nad kakovostjo vode kot posamezni sistemi za ribjo ali rastlinsko proizvodnjo (Rakocy in sod., 2003).

Akvaponika povečuje potencial profita s tem, ko nudi »zastonj« hranila za rastline, omogoča manjšo porabo vode, ne potrebuje posebnega biofiltra, omogoča nadzor kakovosti vode in deljene stroške obratovanja in infrastrukture (Rakocy in sod., 2003).

2.2 RAZŠIRJENOST PRIDELOVANJA VRTNIN NA AKVAPONIČNIH SISTEMIH PO SVETU

Literatura navaja da je bil pridelek okre v akvaponičnem sistemu izjemen ($2,67 \text{ g/m}^2$ na akvaponiki in $0,15 \text{ g/m}^2$ pri talnem gojenju). Proizvodnja Clemson različice rastlin okre pri nizki gostoti ($2,7 \text{ rastlin/m}^2$) je bila 18 krat večja v akvaponičnem sistemu kot na polju. Primerjava vseh treh načinov pridelovanja bazilike (prvič so zasadili vse rastline bazilike naenkrat, drugič pa po delih, na isti način so pridelek tudi pobirali) v akvaponičnem sistemu je bila primerljiva, pridelek je bil pri obeh akvaponičnih pridelkih (bazilika, okra) približno trikrat večji pridelek kot pri talni pridelavi (Rakocy in sod., 2003).

Akvaponični sistemi potrebujejo manj kontrole kakovosti vode kot obtočni sistemi za ribe ali hidroponsko vzgojo rastlin. Pri gojenju bazilike je bila dnevna potreba po vodi povprečno $2,61 \text{ m}^3$ oz $2,4\%$ volumna sistema. Izgubo vode so pripisali odstranjevanju blata (iztrebkov), pranju filtrirnih mrež, pluskanju, evaporacije in transpiracije (Rakocy in sod., 2003).

Uporaba odpadne vode kanalnih somov za namakanje pridelkov se je izkazalo za enega najbolj ekonomičnih načinov za čiščenje odpadnih vod. Z razmerjem 56 g ribje hrane na

m² hidroponične površine so učinkovito vzdrževali prekomerno kopičenje hranil v ribniku. Ta opažanja nakazujejo na potencialno možnost izrabe vode iz ribnikov hibridnih kanalnih somov kot hranilno raztopino za hidroponsko gojenje rastlin. Razvijajo se tudi integrirani ribje-hidroponski sistemi (imenovani akvaponika), ki uporabljajo čisto-vodne sisteme kot so kanalni, akvarijski, kvadratne betonske cisterne, plastične cilindre in okrogle PVC cisterne (Sikawa in Yakupitiyage, 2010).

2.3 HIDROPONIKA

Hidroponika je tehnologija za gojenje rastlin v hranilnih raztopinah (voda z raztopljenimi gnojili), z ali brez uporabe inertnega substrata (pesek, gramoz, vermikulit, kamena volna, šota, ekspandirana glina ipd.), ki zagotavljajo oporo rastlini. Tekoči hidroponski sistemi nimajo substrata za korenine agregatna hidroponika pa ima trden substrat. Nadalje lahko razčlenimo hidroponiko še na odprto (hranilna raztopina se uporabi samo enkrat in nato zavrže) in na zaprto (hranilna raztopina se ponovno uporabi, dopolni s porabljenimi elementi) (Jensen, 1997).

2.3.1 Oblike hidroponike

- NTF (nutrient film technique) je vodna kultura pri kateri koreninski sistem rastlin leži v plastični foliji ali koritu in preko njega se neprestano pretaka hranilna raztopina.
- Poplavni sistemi (ebb and flow) je ponikalna vodna kultura. Hranilna raztopina se črpa v plitko korito (2-3 cm), ostane približno 20 min in potem odteče nazaj v rezervoar, ko se črpalke izklopijo.
- Vodna kultura: od vseh brez-talnih oblik je vodna kultura po definiciji resnična hidroponika. V vodni kulturi koreninski sistem lebdi v tekočem mediju (hranilni raztopini) medtem, ko je rastlinska krona podprta s tanko plastjo inertnega medija. Običajno vodno kulturo sestavljajo serije plastičnih pokritih korit (80 cm širine, 8 cm globine in 3 m dolžine) napolnjenih s pretakajočo se hranilno raztopino.
- Plavajoči sistemi (floating / raft systems) zajemajo 15-20 cm globoke, 60 cm široke in 30 m dolge kanale po katerih se pretaka hranilna raztopina (2-3 litra na minuto) (Resh, 1997).

2.3.2 Gramozna kultura

Skoraj vsi sistemi, ki temeljijo na gramozu uporabljajo ponikanje. Rastna površina, ki je napolnjena z gramozom, se s pomočjo vodne črpalke napolni s hranilno raztopino do nekaj centimetrov pod površino gramoza, potem pa hranilna raztopina odteče nazaj v rezervoar. Pogostost in dolžina namakalnega cikla je zelo pomembna za uspeh, saj mora vsak cikel zagotoviti zadostno količino vode, hranil in aeracije rastlinskim koreninam (Resh, 1997).

2.3.3 Substrat

Substrat brez zemlje kot je voda, gramoz, kamena volna, pesek, šota, perlit itd. morajo zagotavljati kisik, vodo, hranila in podporo koreninam, tako kot zemlja. Hranilna raztopina dovaja vodo, hranila in do neke mere tudi kisik (Resh, 1997).

2.3.4 Lastnosti substrata

Vodna kapaciteta medija je odvisna od velikosti delcev, oblike in poroznosti. Manjši in delci z bolj nepravilno obliko in večjo poroznostjo lahko zadržijo več vode. Vseeno pa se je potrebno izogibati premajhnim delcem saj je s tem ovirana drenaža in dostopnost kisika v hranilni raztopini (Resh, 1997).

2.3.5 Namakanje

Pogostost namakalnih ciklov je odvisna od: narave rastline, gojitvene faze, vremenskih razmer (predvsem svetlobna intenziteta), dolžina dneva, temperatur in vrste substrata (Resh, 1997).

2.4 RIBE

2.4.1 Razširjenost

Domovina navadnega krapa *Cyprinus carpio* L.), so Mala in srednja Azija, Kitajska in Japonska. Na podlagi geoloških najdb nekateri viri trdijo, da je krap v predglacialni dobi živel tudi v Evropi (Skalin, 1993).

2.4.2 Habitat

Nižinska in predalpska jezera, ribogojnice, od pasu ploščiča navzdol v rekah. Ugajajo mu vode s pH med 7 in 7,5 in temperaturami med 3 - 35 °C z blatnim dnom in veliko rastlinja. Hraniti se prične v mraku in nadaljuje v nočnem času (Skalin, 1993).

2.4.3 Pasma krapov

Pasma krapov delimo (Skalin, 1993):

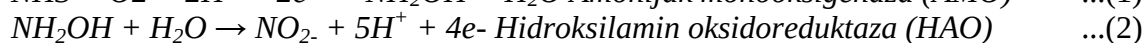
- luskinar je prvobitni krap iz odprtih vodnih tokov. Na posebno željo kupcev ga danes še razmnožujejo v ribogojnih obratih. Pri tem krapu so luskinke pravilno razporejene po celem telesu;
- maloluskinar je oblika krapa, pri katerem teče ena vrsta luskin od glave do repa v hrbtni liniji, ostali del telesa je gol. Luske različnih velikosti najdemo še na delu repa. To obliko krapa danes razmnožujejo v ribogojstvu;
- veleluskinarja nekateri radi zamenjujejo z maloluskinarjem. Po pobočnici od glave do repa ima navadno eno vrsto velikih lusk. Ob hrbtni vrsti teče večkrat še ena vrsta lusk;
- golič ima redke luske, vendar se najdejo tudi takšni, ki so brez njih.

2.4.4 Hrana

Krap je omnivor, prehranjuje se s talnimi živalmi, ki jih pobira z raztegljivimi usti, hrani pa se tudi z rastlinami (Skalin, 1993).

2.5 NITRIFIKACIJA IN NITRATI

Nitrifikacija je mikrobni proces pri katerem se reducirane dušične spojine (predvsem amonij) postopoma oksidirajo v nitrite in nitrate. Nitrifikacijski proces izvajata predvsem dve skupine avtotrofnih nitrifikacijskih bakterij, ki lahko gradijo organske molekule s pomočjo energije, ki jo črpajo iz anorganskih virov, v tem primeru je to amonij ali nitrit. V prvem koraku nitrifikacije amonij oksidirajoče bakterije (AOB) oksidirajo amonij preko hidroksilamina (NH_2OH) v nitrit (NO_2^-) v dveh reakcijah (1 in 2) (Rick in Stuart, 2001).



Nitrosomonas je najbolj pogosto identificiran rod povezan z zgornjimi reakcijami (1 in 2), čeprav lahko avtotropično oksidirajo amonijak tudi drugi rodovi kot so *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* nekateri podrodovi *Nitrosolobus* in *Nitrosovibrio*. Drugo stopnjo nitrifikacije opravljajo nitrit oksidirajoče bakterije (NOB) iz rodu *Nitrobacter*, ki oksidirajo nitrit v nitrat po reakciji (3) (Rick in Stuart, 2001).



2.5.1 Vpliv pH

Nitrifikacijske bakterije so zelo občutljive na pH. Iz rodu *Nitrosomonas* imajo optimalen pH med 7.0 in 8.0, *Nitrobacter* pa v območju 7.5 in 8.0 (AWWA ..., 2000)

2.5.2 Dejavniki, ki vplivajo na koncentracijo nitrata v rastlinah

Na koncentracijo nitrata v zelenjavi vpliva vrsta gojene zelenjave, obdobje gojenja, razpoložljiva svetloba, rastne temperature, metoda gojenja in količina ter izvor uporabljenega gnojila (Chan, 2010).

Prav tako na sprejem nitrata in nitrita vpliva geografsko poreklo in sezona pobiranja pridelka preko vpliva temperature in razpoložljive svetlobe, v zaprtih prostorih za gojenje pa tega vpliva ni opaziti. Nitrarna redukcija je v rastlinah najbolj aktivna v intenzivni svetlobi. Na večjo akumulacijo nitrata vplivajo nizke temperature in visoke vrednosti organskega materiala v zemlji, medtem, ko ima lahko intenzivno namakanje obraten učinek (Amr in Hadidi, 2000)

Vrednost pH je ravno tako pomemben faktor pri sprejemu nitrata. Na splošno gledano rastline, ki so prilagojene na nizek pH in manj zračne substrate lažje sprejemajo amonij in amino kisline, medtem, ko rastline prilagojene na višji pH in bolj aerobne substrate raje sprejemajo nitrat (Masclaux-Daubresse in sod., 2009).

Vnos in razporejanje nitrata v pridelkih je zelo pomembno pri obremenjevanju okolja in kvaliteti samih pridelkov. Neporabljeni nitrati so potencialni onesnaževalci površinskih in podtalnih vod. Nitrati, ki jih rastline sprejmejo lahko povzročajo visoke koncentracije v rastlinah, še posebej v zelenjavi. Jedilni deli rastlin vsebujejo zelo visoke koncentracije nitrata in so povezane s pojavom methemoglobinemije, želodčnega raka in drugih bolezni pri ljudeh (Chen in sod., 2004).

2.5.3 Vpliv nitratov na zdravje

Prisotnost nitratov tako v zelenjavi kot v vodi in v hrani na splošno je resna grožnja človekovemu zdravju. Nitrat je sicer neškodljiv, približno 5% pa se ga v prisotnosti slin in prebavnega trakta pretvori v toksični nitrit. Kronična toksičnost je rezultat pretvorbe nitrata v nitrit zaradi redukcije v prisotnosti bakterijskih encimov.

Najbolj znan efekt nitrita je zmožnost reakcije s hemoglobinom(oxyHb) iz česar nastane metahemoglobin (metHb) in nitrat (reakcija 4).



Posledica tvorbe metHb je zmanjšan vnos kisika v telesna tkiva. Ko razmerje metHb doseže 10% v primerjavi z normalnim Hb nivojem se pojavijo klinični simptomi (cianoza – modro obarvana koža zaradi pomanjkanja kisika v krvi, lahko pa pride pa celo do zadušitve). To potencialno smrtno stanje je poznano kot metahemoglobinemija in je bolj pogosto pri dojenčkih kot pri odraslih (Santamaria, 2006).

2.5.4 Nitratna zakonodaja

Pojem dovoljenega dnevnega vnosa je (ADI) je definiral Odbor za prehrano in kmetijstvo (JECFA), Organizacija Združenih narodov in Svetovna zdravstvena organizacija (WHO). JECFA in Evropska komisija Zdravstvenega odbora za prehrano (SCF) je določila ADI normativ za nitrate (NO_3) 0 – 3,7 mg/kg telesne mase (Santamaria, 2006).

Preglednica 1: Ocenjeni vnos NO_3 iz drugih virov kot so prehranski dodatki na globalnem nivoju (Santamaria, 2006)

Regionalna prehrana	Vnos (mg/dan)	ADI ($\mu\text{g/kg}$)	Prispevek k skupnemu vnosu ($\mu\text{g/kg}$)			
			Zelenjava	Voda	Žita	Sadje
Bližnji vzhod	40	200	650	200	100	50
Daljni vzhod	28	100	450	300	150	100
Afrika	20	100	300	400	150	100
Latinska Amerika	55	250	650	150	50	100
Evropa	155	700	900	50	<50	50

Na podlagi drugega odstavka 6. člena Zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili (2000) izdaja minister za zdravje v soglasju z ministrom za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Pravilnik o onesnaževalcih v živilih (2003). Živila v prometu, ki so namenjena končnemu potrošniku, morajo glede ZMV nitratov ustrezati pogojem iz preglednice 2.

Preglednica 2: Zgornje mejne vrednosti vsebnosti nitratov v živilih (Pravilnik o onesnaževalcih v živilih, 2003)

Živilo	Zgornja mejna vrednost (mg NO ₃ /kg)	
sveža špinača (<i>Spinacia oleracea</i>)	spravilo od 1. novembra do 31. marca	3000
	spravilo od 1. aprila do 31. oktobra	2500
konzervirana, globoko zamrznjena ali zamrznjena špinača	3000	
sveža zelena solata (<i>Lactuca sativa L.</i>) razen solate tipa »Ledenka«		
gojena v rastlinjakih oziroma drugih zavarovanih prostorih	spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4500
gojena na prostem	spravilo od 1. aprila do 30. septembra	3500
	spravilo od 1. oktobra do 31. marca	4000
	spravilo od 1. aprila do 30. septembra	2500
solata tipa "Ledenka"		
gojena v rastlinjakih oziroma drugih zavarovanih prostorih	2500	
gojena na prostem	2000	

2.6 ENDIVIJA

Današnja endivija, ki se goji po celem svetu je nastala iz divje vrste *Cichorium pumilum* Jacq. Za potrebe naloge je bila izbrana *Cichorium endivia* var. *crispum*, to je kodrolistna endivija, ki ima nagubane, globoko vrezane in nazobčane liste (Lešić in sod., 2004).

2.6.1 Prehrambna vrednost

Endivija se največ uporablja sveža v solati in ima kot taka tudi največjo vrednost se pa uporablja tudi kuhana kot priloga. Cenimo jo zaradi vsebnosti intibina, ki pospešuje apetit, prav tako pa je bogata z vitamini ($B_{1,2,3}$, C, karoten in folno kislino) ter minerali (Na, K, Mg, Ca, P, Fe, S), predvsem v zunanjih zelenih listih (Lešić in sod., 2004).

2.6.2 Morfološke in biološke vrednosti

Endivija je dvoletnica in fakultativno enoletnica. Vzgaja se zaradi listne rozete dokler je rastlina v vegetativni fazi. Listi se tesno prilegajo drug drugemu in se deloma senčijo. Kultivarji kodravega tipa imajo nagubane, globoko vrezane in nazobčane liste. Listna rozeta deluje kot polokrogla glavica. Pri neposrednem sejanju ima globok in manj razvejan koren. V generativni fazi zraste cvetno steblo do 1,2 m. Seme je enosemnski plod (roška), klinaste oblike in svetlorjave barve z ostankom papusa v obliki krone. V enem gramu je okrog 600–700 semen. Je rastlina zmerne klime in za optimalno vegetativno rast potrebuje temperature od 15–18°C, minimalno 7°C in maksimalno 24°C. Občutljiva je na zastajanje vode. Pri dolgem dnevu večina kultivarjev zacveti (Lešić in sod., 2004).

2.6.3 Tla in klima

Najbolj primerna so srednje težka ali dobro propustna tla nevtralne reakcije. Za pridelovanje endivije je prikladno obdobje poznega poletja do sredine jeseni, da razvoj rozete poteka v obdobju nižjih temperatur. Lahko se jo goji tudi v predpoletnem času v ogrevanih prostorih, vendar je velika nevarnost uhajanja v cvet, pri pobiranju pa je pri visokih temperaturah vprašljiva kvaliteta (Jakše, 2000).

2.6.4 Potreba po hranilih

Pridelek 30–40 t/ha vzame iz tal okoli 150 kg N, 50 kg P_2O_5 , 250 kg K_2O , 60 kg CaO in 18 kg MgO. Gnojiti je potrebno v dveh fazah in biti pazljiv pri dodajanju dušika predvsem v jesensko zimskem času zaradi mogočega kopičenja nitratov v listih (Lešić in sod., 2004).

2.6.5 Izbor kultivarja

Poznamo dva osnovna tipa kultivarja endivije, širokolistna (eskariol) in kodrasta z globoko vrezanimi in nazobčanimi listi. Kodrasti tip ima poleg goste rozete in etioliranega »srca« tudi zelo različno narezane in nazobčane kodraste in bele nežne in krhke srednje žile. Poleg zanimivega videza ostane tudi zelo dolgo sveža (Lešić in sod., 2004).

2.6.6 Vzgoja endivije na prostem

Najpogostejši način vzgoje je s sadikami, čeprav se lahko seje neposredno. Presajamo jo s koreninsko grudo na razmik 30-50 cm z medvrstno razdaljo 20-30 cm, odvisno od kultivarja. Z manjšim medvrstnim razmikom pospešujemo pokončno rast in boljše beljenje srčnih listov, vendar pa je v primeru obilnih jesenskih padavin pridelek ogrožen zaradi gnilobe (Lešić in sod., 2004).

2.6.7 Pridelek in spravilo

Endivija je primerna za spravilo ko rozeta doseže velikost značilno za dani kultivar, notranji listi rozete pa so povsem beli ali rumeni. Popolno razvita rozeta lahko doseže povprečno maso 1 kg, pridelek pa je nekje med 20-40 t/ha. Pobira se z rezanjem rozete v območju koreninskega vratu, odstrani se stare, porumenele in poškodovane liste (Lešić in sod., 2004).

2.6.8 Pakiranje in skladiščenje

Po čiščenju na polju se endivija opere, posuši in spakira v lesene ali kartonske škatle z odrezanim stebлом obrnjenim navzgor. Če jo hranimo pri temperaturi 0 °C in 90 – 95 % relativni zračni vlagi in pokrito s PE folijo zdrži do 20 dni. Lahko pa jo shranimo skupaj s koreninom v pesku v kletnih prostorih in tako zdrži tudi več kot mesec dni (Lešić in sod., 2004).

2.6.9 Fiziološke motnje, bolezni in škodljivci endivije

- Pri fizioloških motnjah je najpogostejši ožig listnih robov, ki je predvsem posledica nepravilnega gnojenja z dušikom (Černe, 2000).
- Med najpomembnejše bolezni endivije spada črna listna pegavost (*Alternaria cichorii*), poleg nje pa okužujejo endivijo še: solatna plesen (*Bremia lactucae* Regel), solatna pegavost (*Marssonina panattoniana* [Berlse] Magnus), siva plesen (*Botrytis cinerea* Persoon), bela gniloba (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib. de Bary) ter pepelovke (*Erysiphe* sp.) (Žerjav, 2000).
- Pri bakterijskih boleznih sta najpogostejši bakterijska solatna gniloba (*Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis*) in *Pseudomonas cichorii* (Šabec, 2000).
- Med škodljivce endivije pa uvrščamo: listne uši (*Aphididae* sp.), koreninske uši (*Pemphigus bursarius*) ter listne zavrtalke (*Ophiomyia pinguis*), strune (*Elateridae* sp.) (Pajmon, 2000).

2.7 BOTANIČNA OPREDELITEV REDKVICE

Redkvice (*Raphanus sativus* L. var *sativus*) raste v območju zmerne klime po celem svetu izvira pa iz vzhodnega Mediterana in prednje Azije (Lešić in sod., 2004).

2.7.1 Hranilna in zdravilna vrednost

Redkvice se najbolj uporablja sveža kot narezana solata ali v sendvičih, prav tako pa se uporablja mlado listje v mešani solati. Poleg mineralov in vitaminov pa redkvice vsebuje tudi gorčično olje (7 mg/100g) in citronsko kislino (2 mg/100g), kar ji daje pikanten okus (Lešić in sod., 2004).

2.7.2 Morfološke in biološke lastnosti

Redkvice je enoletna rastlina in se goji zaradi odebeljenega hipokotila oz. hipokotilnega gomolja, ki se na spodnjem delu podaljša v ozek koren, na gornjem delu pa ima kratko steblo z listno rozeto. Listi so pernat in razcepljeni ter pokriti z dlačicami. V generativni fazi se steblo podaljša in razveji, na vrhu pa oblikuje grozdaste cvetove. Cvetovi so tipični za rod *Brassica*, rožnati, beli ali svetlo vijoličasti. Plod je lusk s po 3-6 semeni, nepravilne okrogle oblike. V 1 g je od 100-200 semen. Najboljše raste pri temperaturah okoli 10-17 °C pri višjih pa oblikuje spužvasto tkivo v hipokotilskem gomolju, ravno tako pri pomanjkanju vode. Rada ima rahla in humozna tla z dobro strukturo pri pH 5,6-7 (Lešić in sod., 2004).

2.7.3 Potreba po hranilih in gnojilih

Pridelek 10 t redkvice porabi iz tal 25 kg N, 8 kg P₂O₅, 45 kg K₂O in 3 kg MgO, s čemer se tudi orientiramo pri gnojenju. Pri preobilnem gnojenju z dušikom se nakopičijo nitrati preko dopustih količin (Lešić in sod., 2004).

2.7.4 Gojenje redkvice

Redkvice ima plitve korenine zato je dovolj, da se zemljo preorje na globino od 15-20 cm. Seje se na medvrstno razdaljo od 15-20 cm, okoli 350 semen/m² na globino 1-1,5 cm. Seje se takoj, ko to omogočajo vremenske razmere, pri zgodnjem sejanju se priporoča prekrivanje s PE folijo. Najpomembnejša je oskrba z vodo, da vlaga v zemlji ne pade pod 60 % poljske vodne kapacitete (Lešić in sod., 2004).

2.7.5 Pridelek in spravilo

Po spravilu se že na polju veže v šopke po 15 – 20 rastlin ali pa se to naredi po pranju. Po prvem pranju se redkvice rahlo posuši in zloži v lesene ali kartonaste zabojčke. Normirana kvaliteta za prvi razred: redkvice mora biti enakomerne oblike in barve, s svežimi celimi listi, oprana, brez razpok in drugih poškodb. Velikost je za prvi razred normirana od premera 15 mm naprej. Za drugi razred pa je dovoljeno poškodovano listje in manjše razpoke in poškodbe redkvice.

V šopkih se lahko redkvice shranjuje v hladilniku pri temperaturi 0 °C in relativni zračni vlagi 95 % najdlje 7 dni, redkvice brez listov pakirane v PE vrečkah pa do 6 tednov (Lešić in sod., 2004).

2.7.6 Bolezni in škodljivci redkvice

Najpogostejše bolezni in škodljivci redkvice so: črnenje korenov, kapusova muha (*Delia radicum*) in bolhači (*Phyllotreta spp.*) (Lešić in sod., 2004)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 POSKUS

Za poskus gojenja redkvice in endivije je bil na voljo že obstoječ akvaponični sistem v plastenjaku, ki stoji nad garažo v Triglavski ulici v Idriji (slika 1). Začetek prvega, neuspelega poskusa z glavno solato je bil 30.4.2010, začetek drugega poskusa z endivijo in redkvicami pa 28.9.2010. V nalogi prikazujemo predvsem ugotovitve in rezultate drugega poskusa, predstavljeni pa bodo tudi delni rezultati gojenja solate iz prvega poskusa.



Slika 1: Akvaponični sistem v plastenjaku, Idrija, 2010

Sadilni material je bil pridobljen na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, kjer smo dobili sadike endivije posejane v stiropornih setvenih ploščah s 160 vdolbinami napolnjenimi s šotnim substratom za gojenje sadik (Klasmann T3) z 1 sadiko v vsaki vdolbini.

Poskus v akvaponiki smo zasnovali v 4 ponovitvah, ena ponovitev je predstavljala ena posoda iz umetne mase z volumnom 110 litrov in rastno površino $0,55 \text{ m}^2$, napolnjena z rečnim gramozom, v katerega je ciklično dovajan dotok vode s pomočjo centrifugalne vodne črpalke (300 litrov/h na posodo) iz cisterne z ribami (priloga E). Na gojitveni površini $0,55 \text{ m}^2$ so bile posajene 3 endivije na razdalji $30 \times 30 \text{ cm}$ in vmes posejanih ~ 33 semen redkvice na razdalji $5 \times 15 \text{ cm}$, torej skupaj 12 endivij in približno 147 redkvic.

Enako število rastlin je bilo na kontrolni površini, ki je bila postavljena za potrebe poskusa. Kontrolna površina je bila v lesenem zabojniku z merami 410×58×31 cm (d×š×v) obloženem s PE folijo in dvignjenem na višino 80 cm oz. enako višino kot so akvaponični čebri zato, da so bile zagotovljene enake rastne razmere (temperatura, vlaga, osvetlitev). Zabojnik je bil napolnjen z zemeljskim substratom (lokalna zemlja zmešana z vermikulitom v razmerju 3:1) in pognojen z Vrtnarček (proizvajalec Agrolit d.o.o) mineralnim gnojilom s sestavo hranil NPK(Mg) 6-18-28(2) v količini 89 g/m² ter dodatek dušičnega gnojila Urea 46% N (proizvajalec Agrolit d.o.o) v količini 21 g/m² pred sajenjem solate, glede na kemijsko analizo Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (preglednica 3). V tla smo tako vnesli 150,0 kg N/ha, 160,2 kg P₂O₅/ha in 249,2 kg K₂O/ha. Pred začetkom drugega poskusa smo zemljo dognojili pred sajenjem z 20 g/m² in 14 dni po sajenju z enakim odmerkom dušičnega gnojila Vrtnarček (KAN+Mg+B) (Agrolit d.o.o) s 25% skupnega dušika 2% Mg in 0,03% B. S tem smo vnesli dodatnih 100 kg N/ha. Namakanje je potekalo ročno oz. s porozno namakalno cevjo po potrebi.

Preglednica 3: Analiza tal (Center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, 2010)

Lab.oznaka 308/2010/1/1	globina	pH CaCl ₂	v P ₂ O ₅ AL	K ₂ O AL	Org.snov %	C %	pesek %	melj fini %
		mg/100g						
	0-10 cm	5,8	2,6	6,2	5,3	3,1	5,9	16,4
	globina	melj grobi %	melj skup. %	glina %	tekst.razred			
	0-10 cm	48,5	64,9	29,2	MGI			

3.2 MERITVE RASTLIN SOLATE IN ENDIVIJE

Pridelek endivije smo pobirali ločeno, v akvaponičnem sistemu 22.3.2011 v zemeljskem substratu pa 15.4.2011.

Ko so rastline dosegle tehnološko zrelost (polno razvita endivija, razviti hipokotilni gomolji pri redkvici) smo izvedli naslednje meritve:

- masa rozet endivije brez korenin
- masa hipokotilnih gomoljev redkvice
- masa celotne rastline (gomolj + listi)
- število razvitih listov
- dolžina razvitih listov
- dolžina gomoljev(glavic)
- premer gomoljev(glavic)

Pridelek smo izračunali tako, da smo povprečno maso posamezne rastline brez koreninskega sistema pomnožili s številom rastlin na kvadratni meter rastne površine. Pridelek smo izrazili v gramih na kvadratni meter.

3.3 MERITVE SUŠINE (SUHE SNOVI)

Od pobranega pridelka endivije smo bili odvzeli vzorce po povprečno 150 g sveže teže na vzorec (odvisno koliko pridelka je bilo na voljo). Shranili smo jih v papirnate vreče in posušili v sušilniku na temperaturi 60°C do konstantne teže. Iz mase vzorca pred in po sušenju smo izračunali delež sušine (enačba 6) (oz. vode) v vzorcu (enačba 5):

$$\text{delež vode} = \frac{\text{masa svežega vzorca} - \text{masa suhega vzorca}}{\text{masa svežega vzorca}} \times 100 \quad \dots(5)$$

$$\text{sušina} = 100\% - \% \text{ delež vode} \quad \dots(6)$$

Zračno suhe vzorce smo nato zmleli z laboratorijskim mlinčkom IKA A11 Basic in shranili v PVC vrečke. Nadaljnje delo je potekalo v laboratoriju Centra za pedologijo in varstvo okolja.

3.4 MERITVE NITRATA V RASTLINAH

Za ekstrakcijo smo zatehtali 0,5 – 1g zmletga zračno suhega vzorca, prelili s 50 – 100 ml destilirane vode in ga stresali 30 min na stresalniku. Po stresanju smo ekstrakt prefiltrirali skozi filter papir. Prvih 10 ml ekstrakta smo zavrgli, nato pa odvzeli iz naslednjih 10 ml po 1 ml. Po prvih meritvah smo ugotovili, da je ekstrakt potrebno razredčiti v razmerju 1:10. Meritve nitrata smo izvedli z reflektometrijo, z uporabo aparata RQflex z ustreznimi testnimi lističi (Reflectoquant, 3-90 ml NO₃-/l, Merck).

Iz dobljenih meritev smo izračunali vsebnost nitratov v mg/kg sveže mase po enačbi 7:

$$\text{vsebnost NO}_3 - \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ sveže mase} \right) = \left(\text{meritve NO}_3 - \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times 10 \right) \times \% \text{ suhe mase} \quad \dots(7)$$

3.5 MERITVE RASTLIN MESEČNE REDKVICE

Pridelek redkvice v akvaponičnem sistemu je bil pobran 2.3.2011 in 1.4.2011 v zemeljskem substratu.

Pri morfoloških meritvah redkvice smo merili premer glavic (mm), dolžino glavic (mm), dolžino nadzemnega dela (listov) (mm), število razvitih listov, težo glavic (g) ter skupno težo glavic in nadzemnega dela (g).

Iz posameznega obravnavanja smo naključno izbrali po 10 rastlin za vsako kategorijo.

Kategorizacija glede na premer glavic (Krug, 1991):

- premer 15-44 mm (zraven smo vključili tudi premere nad 13 mm)
- premer pod 15 mm (cca. 10 do 12 mm)
- premer pod 10 mm

Pridelek smo izračunali na osnovi števila rastlin/m², pomnoženim z njihovo povprečno maso, rezultat pa smo izrazili v gramih na kvadratni meter. Odstotek redkvic v tržni kategoriji 15 - 44 mm smo izračunali tako, da smo število tržnih redkvic delili s številom vseh pridelanih rastlin in rezultat pomnožili s številom 100.

3.6 NAMAKANJE

Količino porabljene vode smo izračunali glede na meritve (priloga B), s skupnim seštevkom vseh posameznih namakanj v rastnem obdobju pa smo dobili celoten volumen porabljene vode v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu. Namakanje v zemeljskem substratu smo izvajali na otip, če je bila zemlja 5 cm pod površjem suha, smo zalivali, drugače pa ne. V akvaponičnem sistemu smo dodali vodo, ko je raven vode v cisterni z ribami padla za 10 cm pod začetno raven.

3.7 MERITVE RIB

Ribe smo na začetku (28.9.2010) in na koncu (15.4.2011) drugega poskusa z endivijo in redkvico stehali (200 dni). Začetno maso rib smo odšteli od končne mase in tako dobili pridobljeno maso v času poskusa. Povprečni prirast mase pri ribah smo izračunali tako, da smo povprečno začetno maso rib odšteli od povprečne končne mase rib.

4 REZULTATI

V tem poglavju so prikazani rezultati meritev nitratov in pridelkov solate, endivije in mesečne redkvice, ki smo jih gojili v akvaponičnem sistemu in zemeljskem substratu, ki je predstavljal kontrolno enoto. Poleg nitratnih meritev je bila izračunana tudi skupna teža pridelka endivije in redkvice, ocenjena kvaliteta pridelka redkvice ter povprečna poraba vode v akvaponičnem sistemu in v kontrolni enoti v zemeljskem substratu. Rezultati meritev so predstavljeni grafično s pomočjo programa MS Excel.

4.1 SKUPNI IN POVPREČNI PRIDELEK SOLATE IN ENDIVIJE

4.1.1 Solata

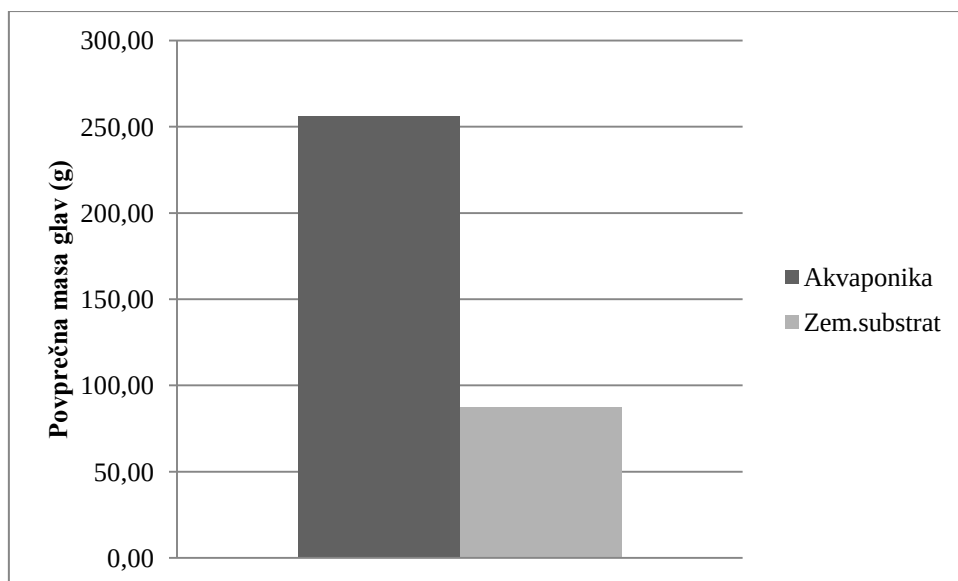
Pridelek solate iz prvega (preliminarnega) poskusa (preglednica 5) akvaponičnem sistemu je bil $3,6 \text{ kg/m}^2$ v zemeljskem substratu pa $1,6 \text{ kg/m}^2$ (priloga H).

Povprečna masa glav solate je bila v akvaponiki $255,96 \text{ g}$ na ponovitev v zemeljskem substratu pa $87,33 \text{ g}$ na ponovitev (preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečna masa glav solate, gojene v akvaponiki in v tleh (zemeljskem substratu)

Obravnava	Ponovitev	Masa glav (g)
Akvaponika	1	237,25
	2	157,25
	3	299,25
	4	329,00
Povprečje	$\bar{X}_A$	255,69
Zem.substrat	1	142,00
	2	101,33
	3	92,50
	4	13,47
Povprečje	$\bar{X}_Z$	87,33

Iz slike 2 vidimo, da je bila povprečna masa glav v akvaponiki večja od tiste v zemeljskem substratu



Slika 2: Povprečna masa glav solate gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu

4.1.2 Endivija

Pridelek endivije na kvadratni meter površine glede na povprečno maso rozet in število rastlin na kvadratni meter je v akvaponiki dosegel $6.885,76 \text{ g/m}^2$ v zemeljskem substratu pa $2.015,08 \text{ g/m}^2$ (priloga D1-D5).

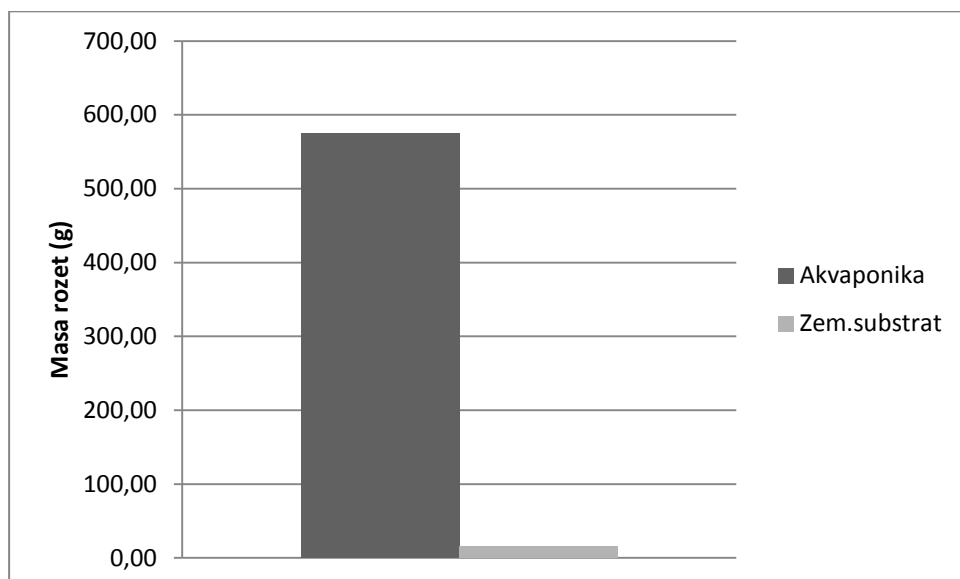
Povprečna masa rozet in povprečna masa korenin endivije, ki smo jo izmerili ob spravilu je prikazana v preglednici 5.

Preglednica 5: Povprečna masa rozet endivije in povprečna masa korenin endivije gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu

Obravnava	Ponovitev	Masa rozet (g)	Masa korenine(g)
Akvaponika	1	591,61	69,93
	2	696,08	87,93
	3	374,59	31,41
	4	635,46	64,88
Povprečje	$\bar{x}_A$	574,44	63,54
Zem.substrat	1	32,33	16,68
	2	7,78	7,26
	3	9,84	13,86
	4	13,47	34,11
Povprečje	$\bar{x}_Z$	15,86	17,98

Analiza povprečne mase rozet endivije je pokazala, da je bila povprečna masa rozet endivije v akvaponiki 574,44 g v zemeljskem substratu pa 15,86 g. V akvaponičnem sistemu je bila povprečna masa korenin 63,54 g v zemeljskem substratu pa 17,98 g.

Razlike v povprečni masi rozet endivije, glede na sistem pridelovanja so prikazane v sliki 3.



Slika 3: Povprečna masa rozet endivije gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu

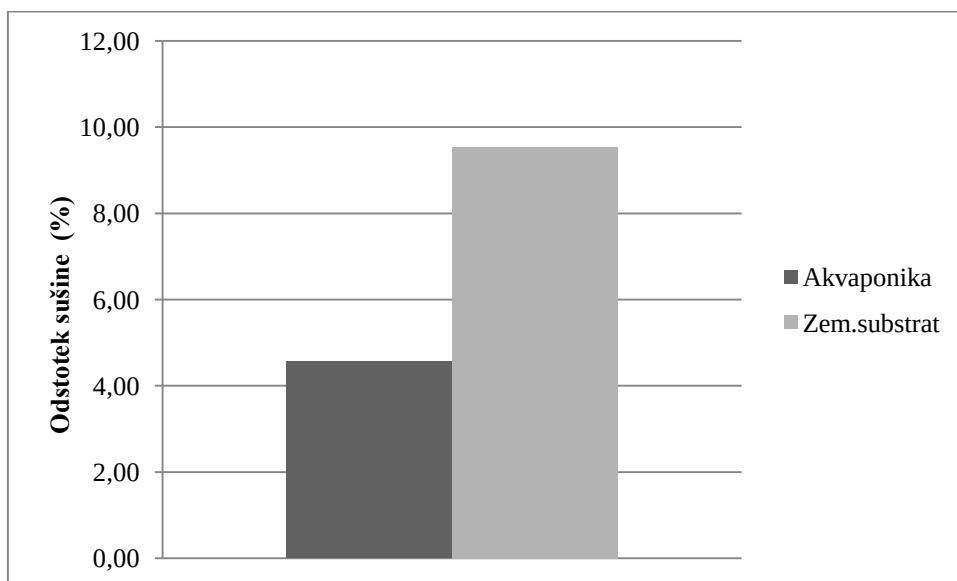
4.2 VSEBNOST SUŠINE V ENDIVIJI

Povprečna vsebnost suhe snovi oz. odstotek sušine v vseh vzorcih endivije gojene v akvaponiki znaša 4,57 %, gojene v zemeljskem substratu pa 9,54 % (Priloga A)

Preglednica 6: Povprečni odstotek suhe mase v vzorcih endivije

Obravnavanje	Ponovitev	Odstotek suhe mase (%)
Akvaponika	1	4,55
	2	4,93
	3	4,77
	4	4,02
Povprečje	$\bar{x}_A$	4,57
Zem.substrat	1	6,87
	2	9,90
	3	12,60
	4	8,80
Povprečje	$\bar{x}_Z$	9,54

Povprečni odstotek suhe mase glede na ponovitev je bil v akvaponičnem sistemu manjši kot v zemeljskem substratu, kar je razvidno na sliki 4.



Slika 4: Povprečni odstotek suhe snovi v vzorcih endivije, pridelane v akvaponiki in v zemeljskem substratu

4.3 VSEBNOST NITRATA V ENDIVIJI

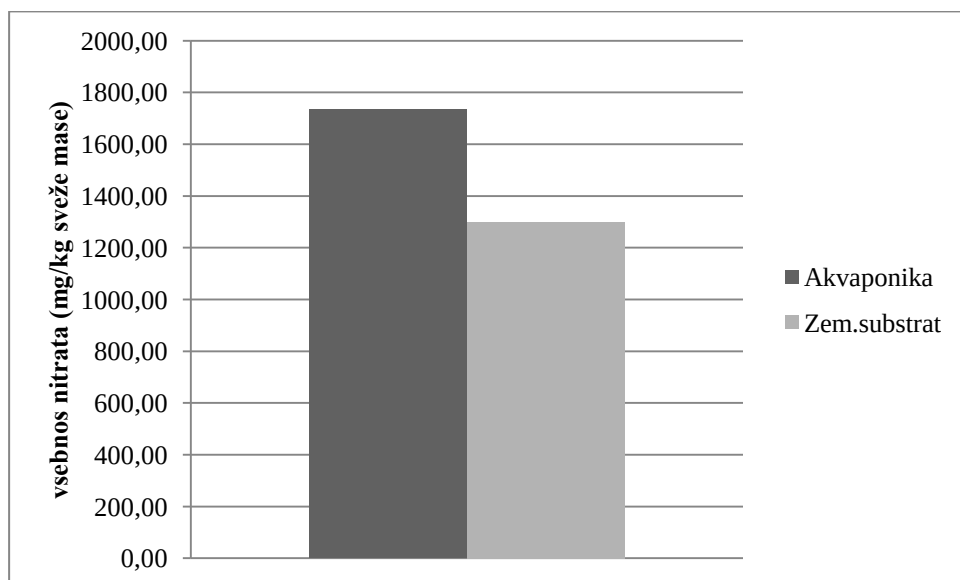
Rezultati meritev vsebnosti nitrata v vzorcih endivije (Priloga A) so prikazani v preglednici 7.

Preglednica 7: Povprečna vsebnost nitrata v vzorcih endivije, gojene v akvaponiki in v zemeljskem substratu.

Obravnavanje	Ponovitev	Nitrat (mg/kg sveže mase)
Akvaponika	1	1762,14
	2	1742,9
	3	1620,9
	4	1806,62
Povprečje	$\bar{x}_A$	1733,14
Zem.substrat	1	708,07
	2	1484,58
	3	1602,91
	4	1403,02
Povprečje	$\bar{x}_Z$	1299,65

Ugotovili smo, da so rozete endivije, ki smo jo gojili v akvaponiki vsebovale 1.733,14 mg/kg sveže mase nitrata, rozete endivije gojene v zemeljskem substratu pa so vsebovale 1.299,65 mg/kg sveže mase nitrata.

Povprečne vsebnosti nitrata, ki smo jih izmerili v vzorcih endivije so prikazani v sliki 5.



Slika 5: Povprečna vsebnost nitrata v rozetah endivije gojene v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu

4.3.1 Vsebnost nitrata v vodi akvaponičnega sistema

Rezultat vsebnosti nitrata v vodi akvaponičnega sistema je bil 50 mg/l. V hidroponičnih sistemih je vsebnost nitrata od 150 mg/l do 600 mg/l (Gent, 2003)

4.4 PRIDELEK MESEČNE REDKVICE

4.4.1 Analiza morfoloških meritev mesečne redkvice

Rezultati meritev morfoloških parametrov rastlin mesečne redkvice (Priloge C1-C4) so predstavljeni v preglednici 8.

Preglednica 8: Rezultati meritev pridelka mesečne redkvice

Obravnava	Pov.	Kat. (mm)	Premier glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razv. listov	Masa glavice (g)	Masa glavice in nadzem. dela (g)
Akvaponika	$\bar{x}_A$	15-44	26,70	33,00	12,20	22,20	7,40	14,80	33,10
		<15	11,00	25,60	11,30	22,30	7,20	2,40	17,00
		<10	5,40	6,60	8,70	17,90	5,70	1,00	7,40
Zem. substrat	$\bar{x}_Z$	15-44	15,75	32,88	9,63	18,88	8,88	4,75	15,38
		<15	8,20	36,30	7,45	20,35	7,30	1,70	8,90
		<10	3,20	24,20	6,75	15,20	5,30	0,59	2,40

4.4.2 Analiza pridelka mesečne redkvice

Pri analizi pridelka mesečne redkvice (preglednica 9) smo ugotovili, da je bilo število vseh pridelanih rastlin v akvaponičnem sistemu 180 v zemeljskem substratu pa 340. Skupna masa pridelanih rastlin v akvaponičnem sistemu je bila $2.117,3 \text{ g/m}^2$ v zemeljskem substratu pa $1130,9 \text{ g/m}^2$ (priloga D1-D5). Odstotek kategorije 15-44 mm glede na število vseh pridelanih rastlin je bilo v akvaponičnem sistemu 26,67 % (masni odstotek 48,60 %) v zemeljskem substratu pa 2,35 % (masni odstotek 9,89 %).

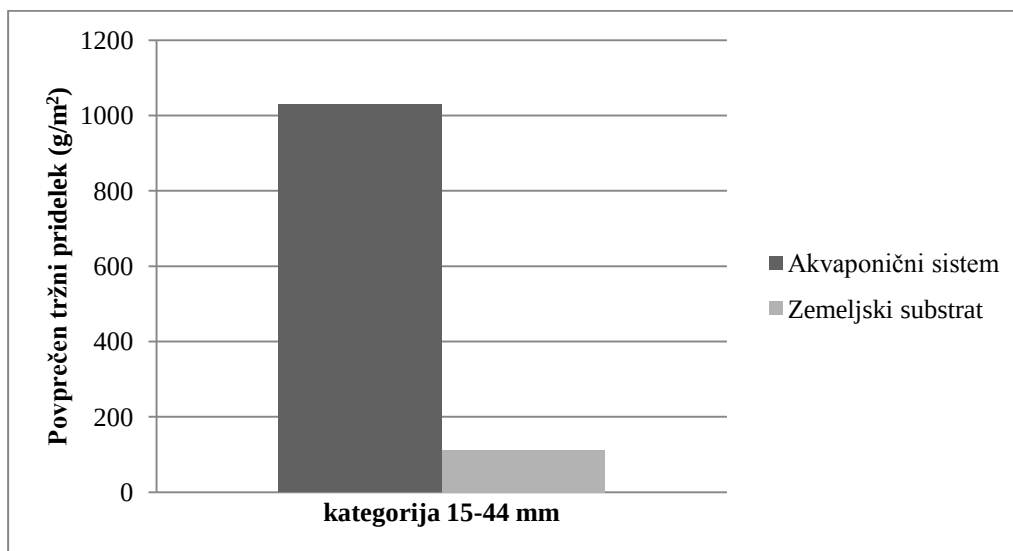
Odstotek kategorije pod 15 mm glede na število vseh pridelanih rastlin je bilo v akvaponičnem sistemu 26,11 % (masni odstotek 29,50 %) v zemeljskem substratu pa 20,29 % (masni odstotek 38,91 %).

Odstotek kategorije pod 10 mm glede na število vseh pridelanih rastlin je bilo v akvaponičnem sistemu 47,22 % (masni odstotek 21,90 %) v zemeljskem substratu pa 77,35 % (masni odstotek 51,21 %).

Preglednica 9: Analiza pridelka mesečne redkvice

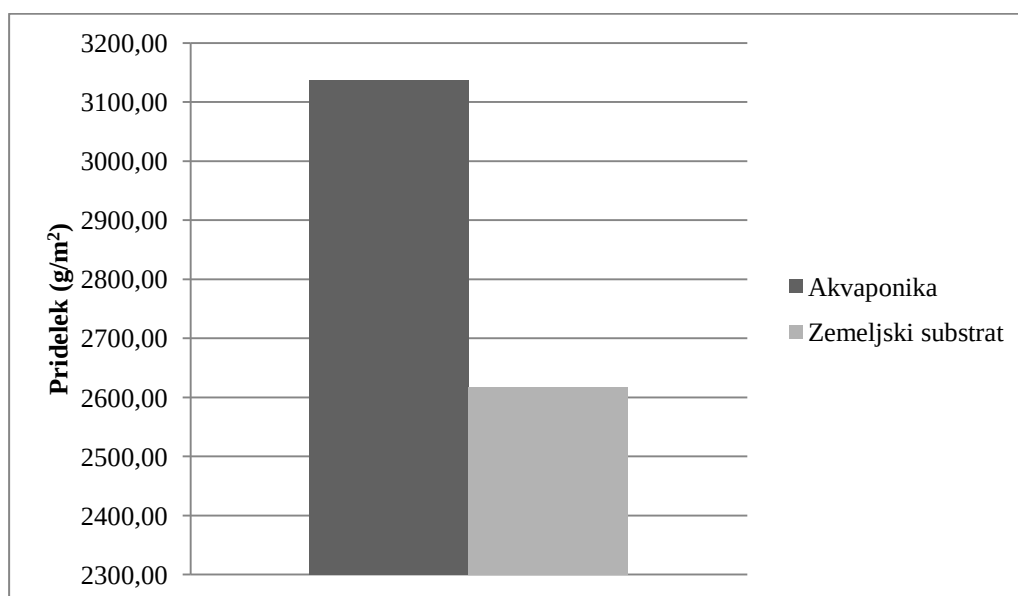
Obravnava	Število vseh rastlin	Kategorije (mm)	Skupna masa (g)	Število	Št.šopov/parcelo (po 10 rastlin)	Odstotek (%)	Masa (g)	Masni odstotek (%)
Akvaponika	180	15-44	2329,00	48	4,8	26,67	1132,00	48,60
		<15		47	4,7	26,11	687,00	29,50
		<10		85	8,5	47,22	510,00	21,90
Zemeljski substrat	340	15-44	1244,00	8	0,8	2,35	123,00	9,89
		<15		69	6,9	20,29	484,00	38,91
		<10		263	26,3	77,35	637,00	51,21

Tržni pridelek kategorije redkvic (15-44 mm) v akvaponičnem sistemu ($1.029,0 \text{ g/m}^2$) je večji od tržnega pridelka v zemeljskem substratu ($111,8 \text{ g/m}^2$) (slika 6).



Slika 6: Povprečen tržni pridelek mesečne redkvice, pridelane v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu.

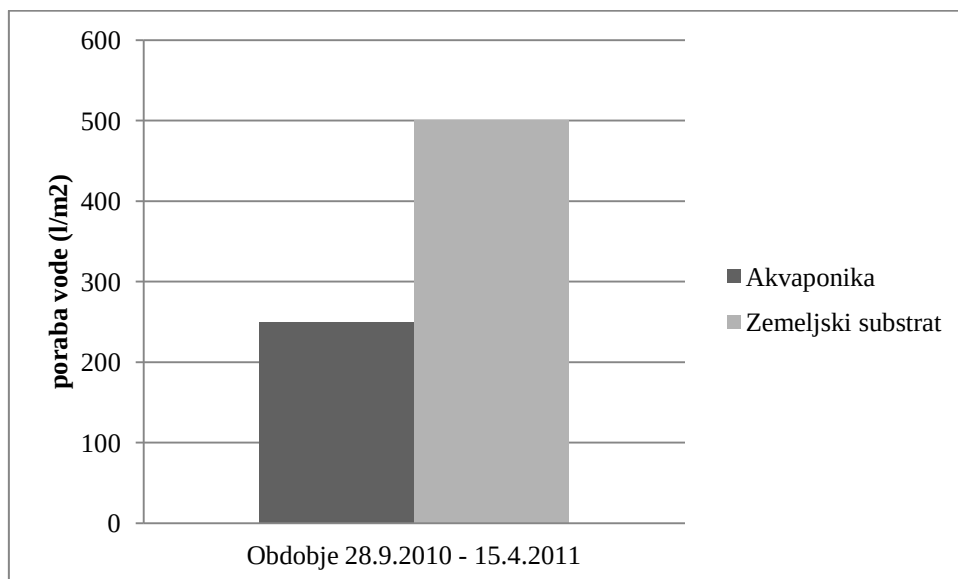
Celoten pridelek na kvadratni meter površine glede na povprečno maso vseh rastlin redkvic je bil v akvaponičnem sistemu ($3.136,91 \text{ g/m}^2$) v zemeljskem substratu pa (2.618 g/m^2), kar je razvidno iz slike 7.



Slika 7: Celoten pridelek rastlin mesečne redkvice (g/m^2), pridelane v akvaponičnem sistemu in zemeljskem substratu

4.5 PORABA VODE

V akvaponičnem sistemu je bilo porabljenega manj vode (250 l/m^2) kot v zemeljskem substratu (500 l/m^2), kar je razvidno iz slike 8.



Slika 8: Skupni seštevek porabljene vode (l/m^2) v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu

4.6 MASA RIB

Od začetka gojitvenega obdobja 28.9. 2010 do 15.4. 2011 je število rib ostalo nespremenjeno. Povprečna začetna masa rib je bila $333,78 \text{ g/ribo}$, povprečna končna masa pa $516,41 \text{ g/ribo}$. Skupna začetna masa rib je bila 8.843 g , skupna končna pa 11.361 g . Povprečna prirast (pridobljena masa na ribo) v času gojitvenega obdobja je bila $182,63 \text{ g/ribo}$ (preglednica 10).

Preglednica 10: Meritve mase rib

Datum	Število rib	Povprečna masa rib (g)	Skupna masa rib (g)	Povprečna pridobljena masa na ribo (g)
28.9.2010	22	333,78	8843	182,63
15.4.2011	22	516,41	11361	

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Namen raziskave je predstavitev, opis enega izmed obstoječih in delujočih akvaponičnih modelov ter prikaz rezultatov gojenja vrtnin ter prirasta rib.

Akvaponično gojenje je v svetu še relativno nerazvito in neraziskano, prav tako primanjkuje strokovne in znanstvene literature z obravnavano tematiko, zato rezultatov naše raziskave ni bilo mogoče neposredno primerjati z drugimi. V tej razpravi bodo podrobneje predstavljeni rezultati in ugotovitve naše raziskave.

5.1.1 Pridelek solate

Pridelek solate na kvadratni meter površine glede na povprečno maso glav je bil v akvaponiki večji ($3,6 \text{ kg/m}^2$) kot v zemeljskem substratu ($1,6 \text{ kg/m}^2$). Ugotavljamo, da je bil pridelek solate v akvaponiki primerljiv s pridelki solate pri gojenju na prostem (do 48 t/ha) (Lešić in sod., 2004), pridelki v zemeljskem substratu pa so bili veliko manjši. Domnevamo, da je vzrok za slabo rast in majhen pridelek v zemeljskem substratu predvsem v slabši oskrbi rastlin z vodo in ne uporabi sredstev za zaščito rastlin.

5.1.2 Pridelek endivije

V našem poskusu je bil pridelek endivije na kvadratni meter glede na povprečno maso rozet in število rastlin na kvadratni meter večji v akvaponičnem sistemu ($6.885,76 \text{ g/m}^2$) kot v zemeljskem substratu ($2.015,08 \text{ g/m}^2$). Povprečna masa rozete endivije je bila v akvaponičnem sistemu večja ($574,44 \text{ g}$) od tiste v zemeljskem substratu ($15,86 \text{ g}$). Povprečna masa rozet endivije v poljskih poskusih, kot navaja Lešić in sod. (2004) med 300 in 700 g iz česar ugotavljamo, da so naši rezultati v akvaponičnem sistemu primerljivi s tistimi v literaturi.

V akvaponičnem sistemu je bila povprečna masa korenin endivije $63,54 \text{ g}$, v zemeljskem substratu pa $17,98 \text{ g}$. Predvidevamo, da je bolj razvit koreninski sistem prispeval k boljšemu sprejemu hranil in s tem k večjim rastlinam in večjemu končnemu pridelku endivije.

5.1.3 Odstotek suhe snovi

Povprečni odstotek sušine v vzorcih endivije je bil v akvaponičnem sistemu manjši ($4,57 \%$) kot v zemeljskem substratu ($9,54 \%$). Manjši odstotek sušine pomeni večji delež vode v rastlinah, kar je za transport pridelka na daljše razdaljemanj ugodno. O večji vsebnosti vode v hidroponsko pridelani listnati zelenjavi poročajo tudi Fontana in Nicola

(2009), ki sta pri gojenju motovilca in rukvice na plavajočem hidroponskem sistemu ugotovila večjo vsebnost vode glede na rastline, ki so rastle v tleh.

5.1.4 Vsebnost nitrata v rozetah endivije

Povprečna vsebnost nitrata v endiviji je bila v akvaponičnem sistemu večja (1.733,14 mg/kg sveže mase) od tiste v zemeljskem substratu (1.299,65 mg/kg sveže mase). Še vedno pa je bila vrednost pod dovoljeno vrednostjo, ki jo določa Pravilnik o onesnaževalcih v živilih (2003) in znaša v listnatih zelenjadnicah (špinači in solati), pridelanih v jesensko zimskem obdobju od 2000 do 4500 mg nitrata/kg sveže mase.

5.1.4.1 Vsebnost nitrata v vodi akvaponičnega sistema

Vsebnost nitrata v vodi akvaponičnega sistema je bila manjša (50 mg/l) kot v hranilnih raztopinah pri hidroponskem gojenju rastlin (150 – 600 mg/l) (Gent, 2003).

5.1.5 Pridelek mesečne redkvice

Ugotavljamo, da je celoten pridelek mesečne redkvice na kvadratni meter površine glede na povprečno maso vseh rastlin redkvic v akvaponičnem sistemu večji (3.136,91 g/m²) kot v zemeljskem substratu (2.618 g/m²).

Odstotek (glede na število vseh pridelanih rastlin) tržne kategorije redkvic (15-44 mm) je bil v akvaponičnem sistemu večji (26,67 %) od tržnega odstotka v zemeljskem substratu (2,35 %). Število pridelanih mesečnih redkvic, ki spadajo v tržno kategorijo znaša v akvaponičnem sistemu 48, v zemeljskem substratu pa 8, torej je tržni pridelek v akvaponičnem sistemu večji. V literaturi zasledimo, da je pridelek mesečne redkvice 15-20 šopov na kvadratni meter (Lešić in sod., 2004). V našem primeru je bil tržni pridelek v akvaponičnem sistemu manjši (4,36 šopov/m²) od navedenega v literaturi.

5.1.6 Namakanje oz. poraba vode

V akvaponičnem sistemu je bilo porabljenega manj vode (250 L/m²) kot v kontroli pri gojenju v zemeljskem substratu (500 L/m²). Ugotavljamo, da je poraba vode v akvaponičnem sistemu 50% manjša od porabe vode v zemeljskem substratu.

5.1.7 Masa rib

Od začetka do konca gojitvenega obdobja je povprečna masa rib iz 333,87 g narasla na 516,4 g. Ugotavljamo, da so imele ribe v gojitvenem obdobju od 28.9.2010 do 15.4.2011 (200 dni) 0,18% povprečno dnevno rast.

Domnevamo, da so bile za izbrane vrtnine pedoklimatske razmere v zemeljskem substratu manj primerne (predvsem majhna založenost s hranili) od razmer v akvaponiki, pri mesečni redkvici pa je pregosta setev še dodatno poslabšala rastne razmere. Pridobljena masa rib bi bila verjetno v toplejših gojitvenih razmerah večja.

5.2 SKLEPI

Namen naše raziskave je bil predstavitev in opis enega izmed obstoječih in delujočih akvaponičnih modelov ter prikaz rezultatov gojenja vrtnin na akvaponiki. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo naslednje:

- Pridelek solate v akvaponičnem sistemu ($3.634,78 \text{ g/m}^2$) je bil večji od pridelka v zemeljskem substratu ($1.600,43 \text{ g/m}^2$).
- Pridelek endivije je v akvaponičnem sistemu s $6.885,76 \text{ g/m}^2$ presegel pridelek v zemeljskem substratu ($2.015,08 \text{ g/m}^2$). Povprečna masa rozet endivije (574 g/rozeto) v akvaponičnem sistemu je primerljiva s tisto v literaturi ($300 - 700 \text{ g/rozeto}$).
- Rastline, ki smo jih gojili v akvaponičnem sistemu so imele manjši delež sušine ($4,57\%$) kot v zemeljskem substratu ($9,54\%$).
- Vsebnost nitratov je bila v rastlinah, ki smo jih gojili v akvaponičnem sistemu večja ($1.733,14 \text{ mg nitrata/kg sveže mase}$) glede na vsebnost nitratov v rastlinah, ki smo jih gojili v zemeljskem substratu ($1.299,65 \text{ mg nitrata/kg sveže mase}$).
- Povprečni tržni pridelek redkvic je bil v akvaponičnem sistemu $1.029,0 \text{ g/m}^2$, v zemeljskem substratu pa $111,8 \text{ g/m}^2$.
- Odstotek tržne kategorije redkvic ($15-44 \text{ mm}$) (glede na število vseh pridelanih rastlin) je bil v akvaponičnem sistemu ($26,67\%$ oz. v povprečju $4,36 \text{ šopov/m}^2$) večji od odstotka tržne kategorije mesečnih redkvic v zemeljskem substratu ($2,35\%$ oz. $0,72 \text{ šopov/m}^2$), ni pa dosegel tržnega pridelka navedenega v literaturi ($15-20 \text{ šopov/m}^2$).
- Poraba vode je bila v akvaponičnem sistemu 50% manjša od porabe vode v zemeljskem substratu.
- Dnevna pridobljena masa rib je bila $0,18\%$.

Domnevamo, da je bil vzrok za majhne pridelke vseh treh vrst vrtnin v kontrolnem sistemu – zemeljskem substratu predvsem v manj ugodnih pedoklimatskih razmerah, pri mesečni redkvici pa je pregosta setev še dodatno poslabšala rastne razmere za normalno rast in razvoj. Domnevamo tudi, da bi bila pridobljena masa rib v toplejših gojitvenih razmerah prav tako večja.

Z uporabo sredstev za varstvo rastlin bi bili rezultati pridelkov pri talnem gojenju zagotovo večji. Prav tako se pokaže slabost talnega gojenja v koritih v temu, da ima manjši volumen zemlje manjšo sposobnost zadrževanja toplote, kar negativno vpliva na razvoj rastlin v jesensko zimskem obdobju gojenja.

Pri izbiri rastlin za gojenje v akvaponičnem sistemu je ključnega pomena izbira glede na vrsto rib, saj nekatere ribe izločajo več hranil kot druge, zato moramo temu prilagajati tudi izbiro sadilnega materiala. Lahko se orientiramo tudi po sestavi krmil za določeno vrsto rib, npr. za krape je vrednost beljakovin v krmi (Aqua Garant 1032) 32% iz česar dobimo

približno 3,33 % rastlinam dostopnega dušika v obliki amonijaka (Craig, 2009). Z bolj kompaktno zasnovo akvaponičnega sistema (večji volumen rastnih posod, čim krajši namakalni sistem) dosežemo manjše izgube vode na račun evaporacije in istočasno tudi manjše izgube toplote. Prav tako je zelo pomembna izbira substrata, ki mora biti čim bolj inerten npr. gramoz na osnovi silikatnih kamnin ali glinopor ipd. Manjša vsebnost sušine v rastlinah gojenih v teh sistemih narekuje trženje pridelkov na lokalnih trgih.

6 POVZETEK

Akvaponika zajema tako elemente akvakulture kot hidroponike. Akvakultura predstavlja gojenje vodnih organizmov v odprtih cisternah (iz umetnih mas, galvanizirane pločevine, betona...). Hidroponika pa je gojenje rastlin s pomočjo raztopine mineralnih hranil in vode v inertnem substratu. Akvaponika je skupek teh dveh ved in vsebuje hidroponiko kot element za gojenje rastlin brez zemeljskega substrata ter element akvakulture kot vir hranil za rastline. Rastline oz. hidroponika delujejo v tem sistemu kot mehanski in biološki filter za vodo v kateri prebivajo ribe. Ribe torej nudijo svoje izločke, medtem, ko rastline v zameno čistijo vodo s tem, da porabijo hranila raztopljena v njej. Pomemben element, ki omogoča tak cikel so bakterije, ki se naselijo v vodi in na filtrirnem materialu (gramoz ipd.). Bakterije omogočijo, da se izločki rib pretvorijo v obliko hranila, ki ga rastline lahko sprejmejo skozi svoje korenine.

V diplomski nalogi smo v prvem preliminarjem poskusu, kjer smo testirali sistem za gojenje vrtnin, uporabili solato sorte 'Noisette' v drugem poskusu pa kodrolistno endivijo sorte 'Pancalieri' in mesečno redkvico sorte 'Saxa'.

Za poskus gojenje redkvice in endivije je bil na voljo že obstoječ akvaponični sistem v plastenjaku, ki stoji nad garažo v Triglavski ulici v Idriji (slika 1). Začetek prvega, neuspelega poskusa je bil 30.4.2010, začetek drugega poskusa pa 28.9.2010.

Sadilni material je bil pridobljen na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, kjer so bile na voljo sadike endivije, posejane v stiropornih setvenih ploščah s 160 setvenimi vdolbinami, napolnjenimi s šotnim substratom, z 1 sadiko v vsaki vdolbini. Poskus je bil izveden v 4 ponovitvah, eno ponovitev je predstavljala ena posoda iz umetne mase z volumnom 110 litrov in rastno površino 0,55 m², napolnjena z rečnim gramozom, v katerega je ciklično dovajan dotok vode s pomočjo centrifugalne vodne črpalke (300 litrov/h na posodo) iz cisterne z ribami. V ponovitvi so bile posajene 3 endivije na sadilno razdaljo 30×30 cm in vmes posejanih ~33 semen redkvice na razdalji 5×15 cm, torej skupaj 12 endivij in približno 147 redkvic.

Enako število rastlin je bilo v kontrolni enoti, ki je bila postavljena za potrebe poskusa. Kontrolna enota je bila v lesenem zabojniku velikosti 410×58×31 cm (d×š×v) obloženem s PE folijo in dvignjenem na višino 80 cm oz. enako višino kot so akvaponični čebri zato, da so bile zagotovljene enake svetlobne in toplotne rastne razmere. Zaboju je bil napolnjen z zemeljskim substratom (lokalna zemlja zmešana z vermikulitom v razmerju 3:1) in pognojen z Vrtnarček (proizvajalec Agrolit d.o.o) mineralnim gnojilom s sestavo hranil NPK(Mg) 6-18-28(2) v količini 89 g/m² ter dodatek dušičnega gnojila Urea 46% N (proizvajalec Agrolit d.o.o) v količini 21 g/m² pred sajenjem solate, glede na kemijsko analizo Centra za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (preglednica 3). V tla smo tako vnesli 150,0 kg N/ha, 160,2 kg P₂O₅/ha in 249,2 kg K₂O/ha. Pred začetkom drugega poskusa smo zemljo dognojili pred sajenjem z 20 g/m² in 14 dni po sajenju z enakim odmerkom dušičnega gnojila Vrtnarček (KAN+Mg+B) (Agrolit d.o.o) s 25% skupnega dušika 2% Mg in 0,03% B. S tem smo vnesli dodatnih 100 kg N/ha. Namakanje je potekalo ročno oz. s porozno namakalno cevjo po potrebi.

Pridelek endivije smo pobirali ločeno, v akvaponičnem sistemu 6.4. 2011, v zemeljskem substratu pa 15.4. 2011. Redkvico smo pobrali v akvaponičnem sistemu 2.3. 2011 v zemeljskem substratu pa 1.4. 2011. Ob spravilu redkvice smo kategorizirali rastline glede na premer razvitih glavic. Za vsako kategorijo smo izbrali po 10 rastlin. Pri pridelku endivije in solate pa smo uporabili vse rastline in izmerili njihovo maso, vzeli vzorce in določili vsebnost nitratov.

Ribe smo v začetku gojitvenega obdobja 28.9. 2010 stehali in na podlagi stehane mase na koncu gojitvenega obdobja 14.4. 2011 izračunali povprečno končno maso, skupno končno maso ter dnevni masni prirast rib.

Na podlagi dobljenih rezultatov v naši raziskavi ugotavljamo:

- Pridelek solate je bil akvaponičnem sistemu $3.634,78 \text{ g/m}^2$ večji od pridelka v zemeljskem substratu $1600,43 \text{ g/m}^2$.
- Pridelek endivije je bil v akvaponičnem sistemu s $6.885,76 \text{ g/m}^2$ večji od pridelka v zemeljskem substratu $2.015,08 \text{ g/m}^2$. Povprečna masa rozet endivije v akvaponičnem sistemu (574 g/rozeto) je primerljiva s tisto v literaturi ($300 - 700 \text{ g/rozeto}$).
- Odstotek sušine je bil manjši v rastlinah, ki smo jih gojili v akvaponičnem sistemu ($4,57\%$) glede na rastline gojene v zemeljskem substratu ($9,54\%$).
- Vsebnost nitratov v rastlinah gojenih v akvaponičnem sistemu ($1.733,14 \text{ mg/kg}$ sveže mase) je bila večja od tiste v rastlinah gojenih v zemeljskem substratu ($1.299,65 \text{ mg/kg}$ sveže mase).
- Vsebnost nitratov v vodi akvaponičnega sistema je bila manjša (50 mg/l) od vsebnosti nitratov v hranilni raztopini hidroponičnih sistemov ($150 - 600 \text{ mg/l}$).
- Povprečni tržni pridelek redkvic je bil v akvaponičnem sistemu $1.029,0 \text{ g/m}^2$, v zemeljskem substratu pa $111,8 \text{ g/m}^2$. Odstotek tržne kategorije redkvic ($15-44 \text{ mm}$) (glede na število vseh pridelanih rastlin) je bil v akvaponičnem sistemu ($26,67\%$ oz. v povprečju $4,36 \text{ šopov/m}^2$) in večji od tržnega odstotka v zemeljskem substratu ($2,35\%$ oz. $0,72 \text{ šopov/m}^2$).
- Poraba vode je bila v akvaponičnem sistemu 50% manjša od porabe vode v zemeljskem substratu.
- Dnevna pridobljena masa rib je bila $0,18\%$.

Rezultati so pokazali, da je gojenje izbranih rastlin v akvaponičnem sistemu povsem primerljivo z gojenjem zelenjave v zemeljskem substratu v nekaterih ozirih pa celo boljše. Poleg tega, da v teh sistemih ni potrebno oranje, odstranjevanje plevelov, je vnašanje mineralnih hranil zgolj v obliki hrane za ribe ter po potrebi dodatek železa in ekstrakta alg edini vnos poleg vode. S pravilnim ravnanjem s sistemom lahko pridelamo kakovostno zelenjavo v enakih količinah kot v talnem gojenju, poleg tega pa imamo istočasno z ribami še dodaten pridelek beljakovin.

Z dodatnimi raziskavami akvaponičnih sistemov in njihovo izboljšavo bi lahko te sisteme odlično vključili v urbana okolja in povsod tja, kjer talno gojenje zelenjave ni mogoče. Uporaba akvaponičnega principa gojenja rib in rastlin bi zmanjšala izpust hranil v okolje in znatno zmanjšala potrošnjo vode tako v akvakulturi kot v hidroponičnih sistemih.

7 VIRI

- Amr A., Hadidi N. 2000. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 59-67
- AWWA in Economic and Engineering Services Inc. 2000. Nitrification.
http://www.epa.gov/ogwdw000/disinfection/tcr/pdfs/whitepaper_tcr_nitrification.pdf
(4.5. 2011)
- Chan Y.K.T. 2010. Vegetable-borne nitrate and nitrite and the risk of methaemoglobinaemia. *Toxicology Letters*, 200: 107–108
- Chen B.-M., Zhao-Hui W., Sheng-Xiu L., Gen-Xuan W., Hai-Xing S., Xi-Na W. 2004. Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables. *Plant Science*, 167: 635–643
- Craig S., Helfrich A.L. 2009. Understanding fish nutrition, feeds and feeding. Virginia cooperative extension, Virginia Tech, Virginia State University 1: 420-256
http://pubs.ext.vt.edu/420/420-256/420-256_pdf.pdf (17.7.2012)
- Černe M. 2000. Fiziološke motnje v razvoju solatnic. *Sodobno kmetijstvo* 33, 6: 268-271
- Fontana E., Nicola S. 2009. Traditional and soilless culture systems to produce corn salad (*Valerianella olitoria* L.) and rocket (*Eruca sativa* Mill.) with low nitrate content. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7, 2: 405-410
- Gent P.N.M. 2003. Solution electrical conductivity and ratio of nitrate to other nutrients affect accumulation of nitrate in hydroponic lettuce. *Hortscience*, 38, 2: 222-227
<http://hortsci.ashspublications.org/content/38/2/222.full.pdf+html> (17.7.2012)
- Jakše M. 2000. Tehnologija pridelave endivije. *Sodobno kmetijstvo*, 33, 6: 230-231
- Jensen H.M. 1997. Hydroponics. Department of Plant Sciences, University of Arizona, Tucson. *Hortscience*, 32, 6: 1018-1021
<http://ag.arizona.edu/PLS/faculty/MERLE.html> (4.5. 2011)
- Krug H. 1991. Gemüse produktion: Ein Lehr und Nachschlagwerk für Studium und Praxis. 2. Auflage. Eugen, Ulmer: 541 str.
- Lešić R., Borošić J., Baturac I., Herak-Čustić M., Poljak M. In Romić D. 2004. Povrčarstvo. Čakovac, Zrinski: 627 str.

- Masclaux-Daubresse C., Daniel-Vedele F., Dechorgnat J., Chardon F., Gaufichon L., in Suzuki A., 2009. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany*, 105, 7: 1141-1157
- Pajmon A. 2000. Škodljivci solatnic. *Sodobno kmetijstvo*, 33, 6: 280-282
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. Ur. l. RS št. 69/03
- Rakocy E.J., Bailey S.D., Shultz C.R. Thoman S.E. 2004. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system.
<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ista6/ista6web/pdf/676.pdf> (3.4. 2011)
- Resh M.R. 1997. Hydroponic food production. Woodbridge, Press Publishing Company, California: 568 str.
- Rick W.Y., Stuart M. T. 2000. Microbial nitrogen cycles: physiology, genomics and applications. *Current Opinion in Microbiology*, 4, 3: 307-312
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 10-17
- Sikawa C.D., Yakupitiyage A. 2010. The hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L) by using hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. *Agricultural Water Management*, 97: 1317–1325
- Skalin B. 1993. Ribogojstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 191 str.
- Šabec P.M. 2000. Bakterijske bolezni solatnic. *Sodobno kmetijstvo*, 33, 6: 275-276
- Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živil. Ur.l. RS št. 52/00
- Žerjav M. 2000. Glivične bolezni solatnic. *Sodobno kmetijstvo*, 33, 6: 272-275

ZAHVALA

Posebej se zahvaljujem doc.dr. Nini Kacjan Maršić za prijaznost, potrpežljivost in vsesplošno pomoč pri izvedbi naloge.

Hvala tudi vsem ostalim, ki so sodelovali pri nastajanju naloge na tak ali drugačen način.

Najbolj pa sem hvaležen staršema, ki sta mi nudila vso podporo tekom študija in mi ga tudi omogočila. Zlata sta!

PRILOGA A**Morfološke meritve endivije**

Obravnava	Št.vzorca	Mokra teža(g)	Suha teža(g)	Skupno (+vrečka) (g)	Teža vrečke(g)	Odstotek suhe mase(%)	Nitrati (mg/L)	NO ₃ - (mg/kg sveže mase)
Zemeljski substrat	1	40,49	3,41	16,53	13,12	8,42	190	1600,15
	2	55,40	4,74	17,85	13,11	8,56	40	342,24
	3	1,10	0,04	13,40	13,19	3,64	50	181,82
	4	7,78	0,77	14,00	13,17	9,90	150	1484,58
	5	/	/	/	/	/	/	/
	6	/	/	/	/	/	/	/
	7	/	/	/	/	/	/	/
	8	3,83	0,69	13,79	13,10	18,02	150	2702,35
	9	15,85	1,14	12,00	13,10	7,19	70	503,47
	10	3,65	0,30	13,69	13,09	8,22	170	1397,26
	11	22,92	1,98	15,00	13,02	8,64	160	1382,20
	12	13,85	1,32	14,32	13,00	9,53	150	1429,60
$\bar{x}$						9,12	125,56	1224,85
Akvaponika	1	164,00	6,74	20,16	13,42	4,11	430	1767,20
	2	198,51	10,25	23,22	12,97	5,16	360	1858,85
	3	187,21	8,18	21,36	13,18	4,37	380	1660,38
	4	/	/	/	/	/	/	/
	5	176,82	8,39	21,39	13,00	4,74	390	1850,53
	6	234,04	11,96	25,11	13,15	5,11	320	1635,28
	7	192,20	8,81	21,92	13,11	4,58	360	1650,16
	8	140,05	6,84	20,00	13,16	4,88	290	1416,35
	9	178,80	8,68	21,63	12,95	4,85	370	1796,20
	10	192,51	6,99	20,09	13,10	3,63	420	1525,01
	11	285,79	13,26	26,68	13,42	4,64	430	1995,10
	12	112,91	4,29	17,51	13,22	3,80	500	1899,74
$\bar{x}$						4,54	386,36	1732,25

PRILOGA B

Meritve namakanja

Datum	Zem.s. (l)	Akva.(l)	Datum	Zem.s.(l)	Akva.(l)	Datum	Zem.s.(l)	Akva.(l)
28.9.2010	25		1.11.2010			5.12.2010		
29.9.2010			2.11.2010		25	6.12.2010		
30.9.2010	25		3.11.2010			7.12.2010		25
1.10.2010			4.11.2010	25		8.12.2010		
2.10.2010			5.11.2010			9.12.2010	25	
3.10.2010			6.11.2010	25		10.12.2010		
4.10.2010	25		7.11.2010			11.12.2010		
5.10.2010		25	8.11.2010			12.12.2010		
6.10.2010	25		9.11.2010		25	13.12.2010		
7.10.2010			10.11.2010	25		14.12.2010		
8.10.2010			11.11.2010			15.12.2010		
9.10.2010	25		12.11.2010	25		16.12.2010		
10.10.2010			13.11.2010			17.12.2010		
11.10.2010			14.11.2010	25		18.12.2010		
12.10.2010		25	15.11.2010			19.12.2010		
13.10.2010			16.11.2010	25	25	20.12.2010	25	
14.10.2010			17.11.2010			21.12.2010		25
15.10.2010	25		18.11.2010			22.12.2010		
16.10.2010			19.11.2010			23.12.2010		
17.10.2010			20.11.2010			24.12.2010		
18.10.2010	25		21.11.2010	25		25.12.2010		
19.10.2010		25	22.11.2010			26.12.2010		
20.10.2010			23.11.2010		25	27.12.2010		
21.10.2010	25		24.11.2010	25		28.12.2010		
22.10.2010			25.11.2010			29.12.2010		
23.10.2010	25		26.11.2010			30.12.2010		
24.10.2010			27.11.2010			31.12.2010		
25.10.2010			28.11.2010			1.1.2011	25	
26.10.2010	25	25	29.11.2010			2.1.2011		
27.10.2010			30.11.2010	25	25	3.1.2011		
28.10.2010			1.12.2010			4.1.2011		25
29.10.2010			2.12.2010			5.1.2011		
30.10.2010	25		3.12.2010			6.1.2011		
31.10.2010			4.12.2010			7.1.2011		

...se nadaljuje

...nadaljevanje

Meritve namakanja

Datum	Zem.s.(l)	Akva.(l)	Datum	Zem.s.(l)	Akva.(l)	Datum	Zem.s.(l)	Akva.(l)
8.1.2011	25		11.2.2011		25	17.3.2011	25	
9.1.2011			12.2.2011			18.3.2011		25
10.1.2011			13.2.2011			19.3.2011		
11.1.2011			14.2.2011			20.3.2011		
12.1.2011			15.2.2011	25		21.3.2011	25	
13.1.2011			16.2.2011			22.3.2011		
14.1.2011	25	25	17.2.2011			23.3.2011		
15.1.2011			18.2.2011			24.3.2011		
16.1.2011			19.2.2011			25.3.2011	25	25
17.1.2011			20.2.2011	25		26.3.2011		
18.1.2011			21.2.2011			27.3.2011		
19.1.2011	25		22.2.2011			28.3.2011		
20.1.2011			23.2.2011			29.3.2011	25	
21.1.2011			24.2.2011			30.3.2011		
22.1.2011			25.2.2011		25	31.3.2011		
23.1.2011			26.2.2011			1.4.2011		25
24.1.2011			27.2.2011			2.4.2011	25	
25.1.2011			28.2.2011			3.4.2011		
26.1.2011			1.3.2011	25		4.4.2011		
27.1.2011			2.3.2011			5.4.2011	25	
28.1.2011		25	3.3.2011			6.4.2011		
29.1.2011			4.3.2011		25	7.4.2011		
30.1.2011			5.3.2011	25		8.4.2011	25	
31.1.2011	25		6.3.2011			9.4.2011		
1.2.2011			7.3.2011			10.4.2011		
2.2.2011			8.3.2011			11.4.2011	25	
3.2.2011			9.3.2011	25		12.4.2011		
4.2.2011		25	10.3.2011			13.4.2011		
5.2.2011	25		11.3.2011		25	14.4.2011	25	
6.2.2011			12.3.2011			15.4.2011		
7.2.2011			13.3.2011	25		Skupno	1100	550
8.2.2011			14.3.2011					
9.2.2011			15.3.2011					
10.2.2011	25		16.3.2011					

PRILOGA C**Morfološke meritve mesečne redkvice**

Priloga C1: Morfološke meritve mesečne redkvice – zemeljski substrat

	Primerek (15-44 mm)	Premier glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	21,0	37,0	14,0	20,0	10,0	9,0	22,0
	2	15,0	28,0	9,0	19,5	11,0	5,0	22,0
	3	13,0	40,0	6,0	22,5	8,0	3,0	15,0
	4	13,0	25,0	9,0	14,0	8,0	2,0	6,0
	5	15,0	37,0	11,0	16,5	8,0	4,0	11,0
	6	21,0	30,0	10,0	18,0	7,0	7,0	13,0
	7	13,0	30,0	8,0	16,5	9,0	2,0	10,0
	8	15,0	36,0	10,0	24,0	10,0	6,0	24,0
	$\bar{x}$	15,8	32,9	9,6	18,9	8,9	4,8	15,4
Skupni seštevek	8							123,0
	Primerek (<15 mm)	Premier glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	8,0	55,0	9,0	23,0	7,0	2,0	11,0
	2	6,0	33,0	8,0	27,0	6,0	1,0	8,0
	3	7,0	45,0	7,0	23,0	8,0	2,0	12,0
	4	6,0	30,0	7,0	21,5	5,0	1,5	5,0
	5	10,0	30,0	7,0	16,0	8,0	2,0	8,0
	6	10,0	28,0	6,0	15,0	7,0	2,0	5,0
	7	8,0	28,0	6,0	15,0	6,0	1,5	4,0
	8	11,0	34,0	6,0	16,5	8,0	2,0	10,0
	9	8,0	45,0	10,0	21,0	10,0	2,0	14,0
	10	8,0	35,0	8,5	25,5	8,0	1,0	12,0
	$\bar{x}$	8,2	36,3	7,5	20,4	7,3	1,7	8,9
Skupni seštevek	69							484,0

...se nadaljuje

...nadaljevanje

Priloga C1: Morfološke meritve mesečne redkvice – zemeljski substrat

	Primerek (<10 mm)	Premer glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	4,0	20,0	5,0	16,0	6,0	0,5	1,0
	2	3,0	20,0	8,0	12,5	5,0	0,5	2,0
	3	4,0	30,0	9,0	13,0	5,0	1,0	4,0
	4	4,0	25,0	7,0	13,0	5,0	0,6	2,0
	5	3,0	22,0	8,0	18,0	7,0	0,5	4,0
	6	2,0	20,0	5,0	16,0	5,0	0,4	1,0
	7	4,0	25,0	5,0	15,0	5,0	0,6	3,0
	8	3,0	30,0	10,0	15,0	7,0	0,5	2,0
	9	2,0	30,0	5,5	18,0	3,0	0,3	2,0
	10	3,0	20,0	5,0	15,5	5,0	1,0	3,0
	$\bar{x}$	3,2	24,2	6,8	15,2	5,3	0,6	2,4
Skupni seštevek	263							637,0

Priloga C2: Morfološke meritve mesečne redkvice – akvaponični sistem

	Primerek (15-44 mm)	Premier glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	25	50	15	22	9	16	42
	2	20	25	11	17	7	4	8
	3	27	40	10	24,5	7	13	35
	4	22	30	11	17	7	7	17
	5	20	20	8	21	5	4	10
	6	20	20	12	31	8	5	27
	7	21	20	10	22,5	7	5	16
	8	37	40	15	19	9	27	46
	9	35	35	16	22	7	23	50
	10	40	50	14	26	8	44	80
	$\bar{x}$	26,7	33	12,2	22,2	7,4	14,8	33,1
Skupni seštevek	48							1132
	Primerek (<15 mm)	Premier glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	10	20	10	22	8	2	10
	2	10	25	10	19	6	2	14
	3	11	40	13	23	8	4	24
	4	13	26	12	30	9	2	33
	5	10	20	10	16	6	2	8
	6	10	30	12	24	9	2	14
	7	12	30	13	23	7	4	16
	8	10	20	12	26	5	2	15
	9	13	25	10	17	7	2	17
	10	11	20	11	23	7	2	19
	$\bar{x}$	11	25,6	11,3	22,3	7,2	2,4	17
Skupni seštevek	47							678

...se nadaljuje

...nadaljevanje

Priloga C2: Morfološke meritve mesečne redkvice – akvaponični sistem

	Primerek (< 10 mm)	Premer glavice (mm)	Dolžina glavice (mm)	Dolžina podzemnega dela (cm)	Dolžina nadzemnega dela (cm)	Št.razvitih listov	Teža glavice (g)	Teža glavice in zelenega dela (g)
	1	5	15	11	17	5	1	8
	2	8	10	9	11	6	1	4
	3	4	10	9	18	6	1	7
	4	4	0	10	19	6	1	15
	5	6	10	7	27	6	1	11
	6	4	5	10	18	6	1	7
	7	6	10	10	21	6	1	7
	8	5	0	7	16	4	1	4
	9	8	6	7	14	7	1	5
	10	4	0	7	18	5	1	6
	$\bar{x}$	5,4	6,6	8,7	17,9	5,7	1	7,4
Skupni seštevek	85							510

PRILOGA D

Slikovno gradivo



Priloga D1: Potek rasti endivije in redkvice 3.10.2010



Priloga D2: Potek rasti endivije in redkvice 2.3.2011



Priloga D3: Potek rasti endivije in redkvice 11.3.2011



Priloga D4: Potek rasti endivije in redkvice 25.3.2011



Priloga D5: Potek rasti endivije in redkvice 1.4.2011

PRILOGA E

Mešanje substrata in priprava korita



PRILOGA F

Prikaz gojenja solate 22.6.2010



PRILOGA G

Kategorizacija mesečne redkvice v akvaponičnem sistemu in v zemeljskem substratu

Akvaponični sistem

Zemeljski substrat



PRILOGA H

Meritve posameznih glav solate

Vzorec	Akvaponika – masa glav (g)	Zem.substrat - masa glav (g)
1	275,00	122,00
2	309,00	187,00
3	211,00	148,00
4	154,00	111,00
5	147,00	98,00
6	278,00	30,00
7	102,00	/
8	102,00	176,00
9	197,00	106,00
10	336,00	98,00
11	302,00	85,00
12	362,00	81,00
13	289,00	83,00
14	395,00	80,00
15	303,00	/
16	/	141,00
$\bar{x}$	250,80	110,43
Skupna masa pridelka glav solate/parcelo	3762,00	1546,00

PRILOGA I

Meritve posameznih rozet endivije

Vzorec	Zemeljski substrat		Akvaponika	
	Masa rozet (g)	Masa korenine (g)	Masa rozet (g)	Masa korenine
1	40,49	20,09	559,24	57,76
2	55,40	19,09	501,95	76,05
3	1,10	10,86	713,65	74,35
4	7,78	7,26	/	/
5	/	/	429,28	40,72
6	/	/	962,87	135,13
7	/	/	438,34	24,66
8	3,83	12,00	151,32	13,68
9	15,85	15,71	534,12	55,88
10	3,65	10,60	383,60	26,40
11	22,92	77,00	955,77	111,23
12	13,85	14,74	567,00	57,00
$\bar{x}$	18,32	20,82	563,38	61,17
Skupna masa/parcelo	164,87	187,35	6197,14	672,86