

# Dinamika rasta i prinos radiča i salate u plutajućem akvaponu

---

**Spevec, Petar**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:870416>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Petar Spevec

**DINAMIKA RASTA I PRINOS RADIČA I  
SALATE  
U PLUTAJUĆEM AKVAPONU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET  
Hortikultura - Povrćarstvo

Petar Spevec

**DINAMIKA RASTA I PRINOS RADIČA I  
SALATE  
U PLUTAJUĆEM AKVAPONU**

DIPLOMSKI RAD

Mentorica: doc. dr. sc. Sanja Fabek

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana \_\_\_\_\_

s ocjenom \_\_\_\_\_ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Sanja Fabek \_\_\_\_\_

2. Izv. prof. dr. sc. Nina Toth \_\_\_\_\_

3. Doc. dr. sc. Božidar Benko \_\_\_\_\_

## SAŽETAK

Akvapon je zatvoreni sustav koji kombinira recirkulirajuću akvakulturu i hidroponiku. U vremenu klimatskih promjena, ograničenih resursa vode te značajnog smanjenja biljnih i ribljih vrsta, akvaponi predstavljaju ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ način uzgoja. Primarni cilj akvapona je iskoristiti nutrijente ispuštene od strane riba u akvakulturnom uzgoju za proizvodnju biljaka namijenjenih prvenstveno za ljudsku ishranu. Istraživanje je provedeno kao pilot projekt u svrhu ispitivanja mogućnosti introdukcije akvaponskog uzgoja i popularizacije istoga u Hrvatskoj. Cilj istraživanja bio je utvrditi dinamiku rasta radiča i salate u plutajućem akvaponu u odnosu na hidroponski sustav plutajućih ploča (plutajući hidropon). Istraživanje je provedeno u ljetnom razdoblju 2014. godine na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Pokus je postavljen po split-plot metodi u tri repeticije, a uključivao je po dvije sorte salate ('Great Lakes' i 'Vegorka') i radiča ('Tržaški salatnik' i 'Palla Rossa'). Morfološka svojstava biljaka (ukupna masa, masa i dužina korijena, masa i visina nadzemnog dijela, broj listova i dužina najdužeg lista) mjerene su tijekom uzgoja u pet navrata te je provedena statistička analiza podataka. Statistički opravdane razlike utvrđene su u morfološkim svojstvima istraživanih vrsta uzgajanih u različitim sustavima uzgoja. Značajno veće vrijednosti svih mjenjenih parametara, osim broja listova i mase korijena, zabilježene su u plutajućem hidroponu.

**Ključne riječi:** *Cichorium intybus* L. var. *foliosum*, *Lactuca sativa* L., morfološka svojstva, visina nadzemnog dijela, prinos

## **Growth dynamics and yield of radicchio and lettuce in floating aquapon**

### **ABSTRACT**

Aquaponic is a closed system that combines a recirculating aquaculture and hidroponics. At a time of climate changes, limited water resources and significant reduction in plant and fish species, aquaponic present an environment friendly and cost – effective way of growing. The primary goal of aquaponic is to use nutrients released by breeding fish in aquaculture for production of plants intended primarily for human consumption. The research was conducted as a pilot project with the purpose of introduction aquaponic breeding and popularization of the same in Croatia. The aim of this research was to determine the growth dynamics of the radicchio and lettuce in floating aquapon in relation to the floating hidroponics. The research was conducted in at trial field Maksimir at Faculty of Agriculture in Zagreb summer growing period of 2014. The experiment was set according to split – plot design in three repetitions and included two varieties of lettuce ('Great Lakes' and 'Vegorka') and radicchio ('Tržaški salatnik' and 'Palla Rossa'). Morphological traits of plants (total weight, root weight and length, the mass and height of shoot, number of leaves and length of the longest leaf) were analyzed five time during the growing period and statistical analysis was conducted. Significant differences were found in the morfological characteristics of the studied species grown in different production systems. Significantly higher values of all measured parameters, except for the number of leaves and root mass, were recorded in the floating hidroponics.

**Key words:** *Cichorium intybus* L. var. *foliosum*, *Lactuca sativa* L., morphological traits, shoot height, yield

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Salata i radič.....	2
2.1.1. Morfološka svojstva .....	2
2.1.2. Biološka svojstva .....	3
2.1.3. Hranidbena i zdravstvena vrijednost.....	4
2.2. Hidroponski uzgoj.....	4
2.2.1. Plutajući sustav .....	6
2.2.2. Hidroponski uzgoj salate i radiča .....	7
2.3. Akvaponski uzgoj .....	8
2.3.1. Tehnologija uzgoja u akvaponskom sustavu .....	9
2.3.2. Nitrifikacija amonijaka .....	10
2.3.3. Plutajući akvapon.....	11
3. MATERIJAL I METODE.....	14
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	17
4.1. Abiotski čimbenici .....	17
4.2. Dinamika rasta salate i radiča .....	20
4.2.1. Masa biljke .....	21
4.2.2. Masa nadzemnog dijela biljke .....	22
4.2.3. Broj listova .....	24
4.2.4. Visina nadzemnog dijela .....	26
4.2.5. Dužina najdužeg lista.....	27
4.2.6. Masa korijena .....	29
4.2.7. Dužina korijena.....	30
4.2.8. Prinos.....	32
5. ZAKLJUČCI.....	35
6. POPIS LITERATURE .....	36
7. ŽIVOTOPIS .....	42

## 1. UVOD

Akvapon je zatvoreni sustav koji kombinira recirkulirajuću akvakulturu i hidroponiku (Diver, 2006). Voda bogata organskim i mineralnim tvarima nastala pri uzgoju riba osigurava hranjiva za uzgoj biljaka (Beauchamp, 2011). Ovaj sustav može skoro u potpunosti eliminirati problem viška hranjivih tvari koji se javlja u akvakulturnom uzgoju. U ovom združenom načinu uzgoja biljaka i riba, hidroponski sustav djeluje kao biološki filter koji, za ribe štetne tvari, koristi kao hranjiva neophodna za rast biljaka pa je na taj način pročišćena otopina pogodna za uzgoj riba kroz duži vremenski period. Time se postiže značajna ušteda vode u usporedbi s akvakulturom koja za održavanje zadovoljavajućih uvjeta uzgoja riba zahtijeva čestu izmjenu određenog volumena vode (Bernstein, 2011). Prednosti se očituju i s hidroponskog aspekta jer izostaje potreba za primjenom hranjivih soli (Rafiee i Saad, 2005). Značajna prednost akvapona je i proizvodnja dva tržišno vrijedna proizvoda u istom sustavu. U vremenu klimatskih promjena, ograničenih resursa vode te značajnog smanjenja biljnih i ribljih vrsta, akvaponi predstavljaju ekološki prihvatljiv i ekonomski isplativ način uzgoja.

Neophodna karika svakog akvaponskog sustava su nitrifikacijske bakterije budući da provode transformaciju amonijaka, nastalog kao nusprodukt akvakulturne proizvodnje, u nitrate koji nisu štetni ribama, a važno su biljno hranjivo (Cacchione, 2007; Gjesteland, 2013; Prinsloo i sur., 1999). S obzirom da je potrebno postići odgovarajuće uvjete rasta triju organizama, akvaponski sustavi zahtijevaju visok stupanj stručnosti i pažljivo upravljanje, što je ujedno i njihov najveći nedostatak.

Dok je ideja o povezivanju uzgoja riba i biljaka u jedinstveni novi sustav u svijetu prisutna još od 70-ih godina prošlog stoljeća (Lewis i sur., 1978; Naegel, 1977; Sneed i sur., 1975), u Hrvatskoj je za sada nedovoljno poznata. Budući da je sve veći interes potrošača za namirnicama pripremljenim za konzumaciju (eng. 'ready to eat'), 'baby leaf' miješana salata, čiji su osnovni sastojak mladi listovi salate i radiča ubrani u fazi 5 do 6 pravih listova, idealan je proizvod koji može zadovoljiti te zahtjeve potrošača.

U svrhu ispitivanja mogućnosti introdukcije akvaponskog uzgoja i popularizacije istoga, tijekom ljetnog razdoblja 2014. na Agronomskom fakultetu u Zagrebu provedeno je istraživanje proizvodnje lisnatog povrća u plutajućem akvaponu. Cilj istraživanja bio je utvrditi dinamiku rasta radiča i salate u plutajućem akvaponu u odnosu na hidroponski sustav plutajućih ploča.



## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Salata i radič

#### 2.1.1. Morfološka svojstva

Salata (*Lactuca sativa* L.) i radič (*Cichorium intibus* var. *foliosum*) pripadaju porodici glavočika (*Asteraceae*). Salata se zbog kratke vegetacije i malih potreba za toplinom uzgaja na otvorenom i u zaštićenim prostorima pa je prisutna na tržištu tijekom cijele godine. Cilj uzgoja su rozeta ili glavica lišća, a prema obliku i strukturi lišća tijekom dugogodišnjeg razvoja formiralo se više varijeteta: lisnata salata - *L. sativa* var. *crispa*, dugolisna salata - *L. sativa* var. *longifolia* i salata glavatica - *L. sativa* var. *capitata* (Lešić i sur., 2004). Mlado lišće salate ("baby leaf") danas je sve traženije na tržištu, a ujedno je dobar izvor vitamina (Niederwieser, 2001; Maboko, 2007).

Salata je jednogodišnja biljka. Glavni je korijen vretenast, mesnat i razgranjen te promjerom odgovara promjeru rozete. U vegetativnoj fazi stabljika je skraćena, a u generativnoj se naglo produžuje i grana te može biti do 1,2 m visine. Lišće u početku vegetativne faze formira rozetu (slika 1) dok se u generativnoj fazi na vrhovima brojnih grana i grančica pojavljuju cvatovi (glavice) obavijeni pricvjetnim listovima (Lešić i sur. 2004).

Radič je dvogodišnja biljka, a uzgaja se kao jednogodišnja kultura zbog listova ili korijena. Predak današnjeg radiča je divlji radič (*Cichorium intibus* var. *silvestre* Vis.), a proširen je u livadnoj flori Europe. Od divljeg radiča razvili su se varijeteti: cikorijska - *Cichorium intibus* var. *sativum* koja se koristi zbog zadebljalog korijena; radič - *Cichorium intibus* var. *foliosum* koji se uzgaja zbog rozete lišća ili glavice, a ima kraći glavni korijen, jako razgranjen i tek neznatno zadebljan (Lešić i sur., 2004).

U vegetativnoj fazi stabljika radiča je skraćena, a na njoj se formira rozeta listova. U početnoj fazi rasta listovi su ovalni ili izduženo-ovalni i pokriveni sitnim dlačicama. Kasnije, ovisno o tipu i kultivaru, listovi u rozeti su sjedeći, okruglog, ovalnog ili lancetastog oblika, cijelog ili nazubljenog ruba. Površina lista može biti dlakava, glatka ili valovita. U tehnološkoj zrelosti boja listova može biti tamnocrvena, a samo glavne žile ostaju bijele (Lešić i sur., 2004).

U generativnoj fazi iz rozete ili glavice listova radiča razvije se razgranjena stabljika koja može narasti do 1,5 m, a u pazušcima pricvjetnih listova nosi cvatove glavice s 12 do 15 jezičastih dvospolnih cvjetova plave ili bijele boje. Plod je roška ili ahenija klinastog oblika,

krem do smeđe boje s rudimentarnim papusom. Prema Lešić i sur. (2004) u 1 g može biti 600 do 900 plodova koji se koriste kao sjeme, a prema Matotan (2004) u 1 g ima 600 do 700 sjemenki.



Slika 1. Radič 'Palla Rossa' uzgojen u plutajućem hidroponu (foto: P. Spevec)

### **2.1.2. Biološka svojstva**

Salata je biljka blage klime, odnosno, umjerenih zahtjeva prema toplini i za uzgoj joj više pogoduju umjereno pro hladna nego vruća područja (Matotan, 2004). Lešić i sur (2004) te Matotan (2004) za vegetativnu fazu razvoja, rozetu ili glavicu navode optimalne temperature od 12 do 20 °C, odnosno, 15 do 20 °C. Temperature više od 25 °C uzrokuju termodormantnost ili sekundarnu dormantnost koja smanjuje klijanje i nicanje normalno klijavog sjemena i više od 50 % te usporavaju rast, dok temperature iznad 30 °C iniciraju brzi prelazak u generativnu fazu. Kratko izlaganje navlaženog sjemena temperaturi od 2 do 5 °C kroz 12 do 48 sati može poništiti termodormantnost. Klijanje i nicanje sjemena salate brže je na svjetlu (Lešić i sur., 2004).

Salata je biljka kvantitativno dugog dana. S obzirom na zahtjeve prema trajanju i intenzitetu svjetla salata je zahtjevna kultura jer pri trajanju dnevnog osvjetljenja od 13 sati prelazi u generativnu fazu. Neki kultivari salate se smatraju neutralnim na dužinu dana (Lešić i sur., 2004).

Radič najbrže niče pri temperaturi od 20 °C za 5 do 6 dana, dok pri temperaturi 10 °C do nicanja može proći i 15 dana. Za vegetativni rast radiča optimalna temperatura je 15 do 18 °C, a minimalna je 6 do 8 °C (Lešić i sur., 2004).

### **2.1.3. Hranidbena i zdravstvena vrijednost**

Salata se u prehrani koristi gotovo isključivo u svježem stanju, najčešće kao prilog drugim jelima (Matotan, 2004). Salata obiluje organskim kiselinama i gorkim tvarima koje otvaraju apetit i pospješuju probavu. U kemijskom sastavu salate prevladava voda (95 %), a u suhoj tvari ima najviše ugljikohidrata i relativno mnogo celuloznih vlakana koja pospješuju probavu. Od minerala, salata obiluje kalijem i željezom, vitaminima B skupine te  $\beta$ -karotenom. Veoma je cijenjena u dijetalnoj prehrani, pospješuje rad bubrega i srca te snižava krvni tlak (Matotan, 2004). Vanjski zeleni listovi bogatiji su vitaminima od listova unutar glavice, a lisne žile imaju više kalijeva i natrijeva citrata te vlakana, što također doprinosi vrijednosti salate. Salata sadrži 48 mg limunske kiseline i 65 mg jabučne kiseline/100 g svježih tvari koje joj daju prijatan okus (Lešić i sur., 2004). Drews i sur. (1995) navode da se rastom glavice salate maslenke količina vitamina C i  $\beta$ -karotena smanjuje, a povećavaju se reduktivni šećeri što ukazuje da se konzumacijom mladih listova salate („baby leaf“) u organizam unose značajnije količine visoko vrijednih sastojaka.

Radič se uzgaja zbog listova koji se koriste u svježem stanju, kuhan ili pirjan. Sadrži znatne količine vitamina C i B<sub>3</sub>,  $\beta$ -karotena, a od minerala obiluje kalijem, kalcijem, fosforom i željezom. Također sadrži organske kiseline i gorke tvari koje otvaraju apetit, pospješuju probavu i djeluju na elastičnost krvnih žila. Gorak okus radiča potječe od intibina, a od ugljikohidrata je najzastupljenija fruktoza i inulin što ima osobitu vrijednost u prehrani dijabetičara jer inulin snižava količinu šećera u krvi i mokraći. Povoljno djeluje na rast kostiju i zubi u djece i mladih, pospješuje rad srca i krvotoka, bubrega i mokraćnog mjehura te povećava apetit. Upotrebljava se i kao čaj od lišća i cvjetova dok sok od svježeg lišća zaustavlja krvarenje, a koristi se i za čišćenje kože, protiv prhuti i za zdravlje kose (Lešić i sur., 2004).

## **2.2. Hidroponski uzgoj**

Hidroponi (grč. *hydor*-voda, *ponos*-rad; posao) predstavljaju način uzgoja biljaka bez tla, u vodi s otopljenim hranjivima, sa ili bez inertnog supstrata, a naziv je osmislio znanstvenik

Gericke sa sveučilišta u Kaliforniji Munoz (2010). Borošić i sur (2011) definiraju hidroponski uzgoj kao tehnologiju uzgoja voća, povrća, aromatičnog i ukrasnog bilja bez tla, uz primjenu hranjive otopine sa ili bez upotrebe supstrata. Na ovaj način može se uzgajati voće, povrće i rezano cvijeće, a najvažnije povrtno kulture koje se uzgajaju u hidroponu su: rajčica, krastavci, paprika i salata (Connolly i Trebic., 2010). U hidroponskoj proizvodnji prevladavaju sustavi sa supstratom, prvenstveno uzgoj na kamenoj vuni. Vodeće države svijeta u hidroponskoj proizvodnji su: Izrael (30 000 ha), Nizozemska (10 000 ha), Engleska (4 200 ha), Australija i Novi Zeland (oko 8 000 ha), a najveći rast hidroponske proizvodnje prisutan je u Meksiku ([www.articlesphere.com](http://www.articlesphere.com)).

Prema Keith (2003) pri hidroponskom uzgoju biljci treba osigurati kontinuiran dotok vode i hranjiva, visoku razinu izmjene plinova između medija i korijena biljke te zaštitu od brzog propadanja usjeva u slučaju zakazivanja tehnike.

Prema Borošić i sur. (2011) hidroponske tehnike uzgoja dijele se u dvije skupine:

- a) Uzgoj na supstratima** – supstrat predstavlja medij čija je uloga učvršćivanje korjenovog sustava, zadržavanje vode u obliku pristupačnom biljkama, otjecanje viška hraniva te osiguravanje izmjene zraka. Najčešće se koristi u proizvodnji plodovitog povrća te je tehnološki sličan uzgoju na tlu osim što se sjetva obavlja u čepove kamene vune, a sadnja na odabrani inertni supstrat. Navodnjavanje i prihrana se provodi kapanjem (Benko i Fabek, 2011). Kao supstrat se najčešće koriste kamena vuna, kokosova vlakna, perlit, vermikulit, vulkanski pijesak (Borošić i sur., 2011).
- b) Uzgoj bez supstrata** – primjeren je za uzgoj kultura kraće vegetacije kao što su lisnato povrće (salata, riga, matovilac, blitva, radič, potočarka, kres salata) i začinsko bilje (bosiljak, origano, mažuran, timijan, kadulja, kopar).

Benko i Fabek (2011) navode tehniku hranjivog filma („Nutrient Film Technique“; NFT), plutajući sustav kontejnera („Floating Hydroponics“), tehniku otjecanja i dotjecanja („Ebb and Flow“), tehniku dubokog protoka („Deep Flow Technique“), tehniku aeriranog protoka („Aerated Flow Technique“) i aeroponiku („Root Mist Technique“) kao hidroponske tehnike uzgoja bez supstrata. Kao najčešće korištene hidroponske tehnike uzgoja lisnatog povrća navode se: plutajući sustav kontejnera, tehnika hranjivog filma, i aeroponski sustav.

U hidroponskim sustavima bez supstrata korijen biljke nema nikakvu mehaničku potporu već se nalazi direktno u hranjivoj otopini. Važno je da se korijenu u hranjivoj otopini osiguraju optimalni uvjeti kako bi nadzemni dio biljke što brže rastao i razvijao se. Zato hranjiva otopina mora biti aerirana i najpovoljnije temperature za svaku fazu rasta uzgajane kulture. Hidroponski sustavi bez supstrata su zatvoreni sustavi jer se hranjiva otopina nakon uporabe sakuplja i ponovno koristi u uzgoju. Važno je provesti kemijsku analizu hranjive otopine zbog korekcije pH-vrijednosti, elektrokonduktiviteta (EC) te odrediti ukupne otopljene soli u hranjivoj otopini tijekom vegetacije (Anonymous, 2001). Česte kemijske analize (svaka dva tjedna) hranjive otopine su važne za održavanje optimalne koncentracije hraniva. U zatvorenim hidroponskim sustavima hranjivu otopinu koja se ponovno koristi treba sterilizirati radi sprečavanja širenja bolesti. Sustavi uzgoja bez supstrata pogodni su za uzgoj kultura kratke vegetacije kao što su salata, peršin, matovilac, potočarka, riga, bosiljak i drugo začinsko bilje (Bernstein, 2011).

### **2.2.1. Plutajući sustav**

Plutajući sustav kontejnera ili plutajući hidropon (eng. floating system) je uzgoj bilja u aeriranoj hranjivoj otopini u bazenima, dubine 20 do 25 cm. Biljke se nalaze u polistirenskim kontejnerima ili pločama koje plutaju zbog male volumne mase polistirena. Hranjiva otopina se kapilarno diže kroz otvore lončića kontejnera ili proreza ploča do supstrata u njima, odnosno, do korijena biljke. Hranjiva se otopina postupno dodaje u bazen ovisno o njenoj potrošnji, odnosno, o transpiraciji biljaka. Na ovaj se način najčešće uzgajaju presadnice i lisnato povrće. Za uzgoj povrća do berbe hranjiva se otopina mora obogaćivati kisikom (iz zraka), tako da korijen biljke nesmetano raste u otopini. Razvijen korijen rezultirat će većim prinosom nadzemnog jestivog dijela biljke u kraćem vremenu do berbe (Borošić i sur., 2011). Plutajući sustav izvorno potječe iz južnih država SAD-a, gdje se razvio zbog proizvodnje presadnica duhana i povrća. Budući da nema navodnjavanja biljaka, potrebno je manje ljudskog rada, a biljke su visoke kvalitete (Ross i Tefteau, 2006).

Polistirenske ploče plutaju u bazenima s hranjivom otopinom koja je pripravljena prema recepturi i zahtjevima kulture koja se uzgaja. Ploče mogu biti različitih dimenzija, ovisno o vrsti povrća i namjeni uzgoja, odnosno, uzgaja li se lisnato povrće zbog mladih listova za rez ili zbog rozete/glavice. U plutajućem hidroponu za uzgoj se mogu koristiti i klasični polistirenski kontejneri koji mogu imati razni broj lončića. Lončići kontejnera ili prorezi na

pločama pune se perlitom ili nekim drugim supstratom u koji se sije sjeme povrća ili začinskog bilja (Benko i Fabek, 2011).

Plutajući sustav isključuje probleme koji se pojavljuju kod uzgoja lisnatog povrća na tlu (problemi vezani uz proizvodnju u monokulturi, ispiranje hranjiva, zaslanjenost tla i prisutnost korova). Osnovna prednost ovog sustava je u tome što biljkama tijekom 24 sata osigurava pristup vodi, makro- i mikrohranivima u pristupačnom obliku te kisiku koji mogu optimalno koristiti tijekom svih faza rasta (Benko i Fabek, 2011). Druge prednosti hidroponskog sustava uzgoja su: uzgoj na lokacijama s neplodnim tlima ili bez tla, uzgoj jedne kulture, nema potrebe za plodosmjennom, bolja kontrola opskrbe vodom i biljnim hranjivima, reducirana pojava biljnih štetočinja, čuvanje podzemnih voda (zatvoreni hidroponski sustav). Također, hidroponski uzgoj rezultira većom produkcijom biomase u jedinici vremena i po jedinici površine u odnosu na uzgoj u tlu, a samim time i ranijom berbom (bržim ulaskom u tehnološku zrelost), većim brojem berbi kod kultura koje se višekratno beru i većim ukupnim prinosom (Benko i Fabek, 2011).

Usprkos značajnim prednostima, postoje i neki nedostaci, odnosno ograničenja u širenju hidroponskih tehnika uzgoja. Nedostaci su visoki troškovi postavljanja hidroponskih sustava u odnosu na klasičan uzgoj na tlu i potrebne tehničke vještine i znanja za upravljanje opremom koja se primjenjuje (Munoz, 2010).

### **2.2.2. Hidroponski uzgoj salate i radiča**

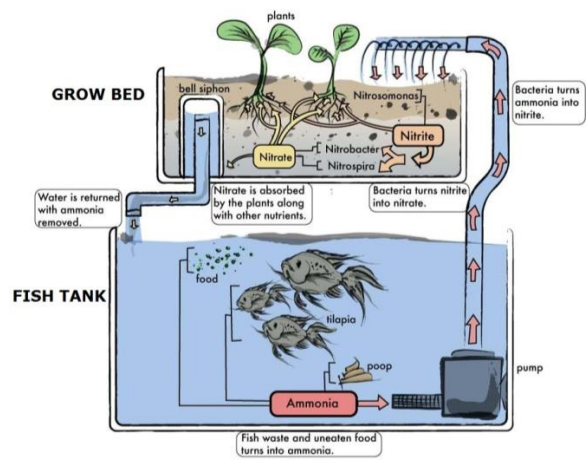
Salata i radič imaju skromne potrebe za toplinom i svjetlošću, što ih čini idealnim za uzgoj u staklenicima i platenicima tijekom jeseni, zime i ranog proljeća. Salata je kultura s kratkim razdobljem vegetacije (55 do 65 dana) te je u konvencionalnom uzgoju na tlu moguće proizvesti 2 do 3 usjeva u jednom grijanom objektu. Ako se salata uzgaja u negrijanom zaštićenom prostoru razdoblje od sadnje do berbe se može značajno produžiti pa zimi iznosi i više od 100 dana te je u tim uvjetima moguće zimi proizvesti samo jedan turnus salate. Tehnologijom uzgoja salate na inertnim supstratima ili bez supstrata razdoblje vegetacije dodatno se smanjuje pa se godišnje može dobiti i više turnusa (Lešić i sur., 2004).

U istraživanju Vrhovec (2014) razdoblje od sjetve do berbe salate s razvijenom rozetom sorti tipa batavije trajalo je 51 dan. Zbog zahtjeva tržišta, u posljednje vrijeme lisnato povrće se sve češće bere u fazi četiri do pet pravih listova i prodaje pod nazivom 'baby leaf'. U istraživanju

Toth i sur. (2008) ostvaren je prosječan prinos 'baby leaf' salate 2,2 kg/m<sup>2</sup>. Slične rezultate navode Fabek i sur. (2011) u proljetnom roku uzgoja matovilca (2,0 kg/m<sup>2</sup>) u plutajućem hidroponu. U istraživanju Toth i sur. (2012) tijekom 18 dana uzgoja lisnate salate u plutajućem hidroponu utvrđen je prinos u rasponu od 3,47 kg/m<sup>2</sup> (sorta 'Lunix') do 4,31 kg/m<sup>2</sup> (sorta 'Palmir'). U istraživanju Geršak (2012) prinos rige uzgajane u plutajućem hidroponu iznosio je 1,783 kg/m<sup>2</sup> u prvom turnusu berbe, a prosječan ukupan prinos ostvaren tijekom tri turnusa bio je 4,7 kg/m<sup>2</sup>.

### 2.3. Akvaponski uzgoj

Akvaponi predstavljaju sustav proizvodnje (slika 2) koji povezuje akvakulturu – uzgoj vodenih organizama (ribe, rakovi, puževi) i hidroponiku – uzgoj biljaka bez tla. Povijest akvapona seže još iz doba Asteka koji su uzgajali biljke na uzdignutim gredicama, poznatima kao *chinampas* te ih gnojili sedimentima formiranim od ribljih izlučevina (Jorge, 2011). Osim Asteka, stanovnici područja južne Kine, Tajlanda i Indonezije uzgajali su rižu u plićacima uz ribe poput šarana (*Cyprinus ssp.*), močvarnih jegulja (*Monopterus sp.*) i riječnih puževa (McMurty, 1988). Stari Kinezi su razvili integrirani akvakulturni sustav u kojem su riječne ribe, patke i biljke živjele u simbiotskom odnosu. Patke su držane u kavezima iznad dvije razine ribljih bazena kako bi ribe iskorištavale i prerađivale izmet pataka. Na dnu sustava, voda iz bazena s drugom vrstom riba korištena je za navodnjavanje riže i povrća.



Slika 2. Shematski prikaz akvaponskog sustava (<http://kanat.jsc.vsc.edu>)

Suvremeni akvaponi su nastali iz akvakulturne proizvodnje. Uzgajivači riba nastojali su pronaći alternativne načine uzgoja pri kojima bi se smanjila ovisnost o zemljištu, vodi i ostalim resursima te su počeli razvijati moderni recirkulirajući akvaponski sustav

(Recirculating Aquaculture System–RAS). Prednost ovog sustava bila je u većoj gustoći riba u ribljim bazenima pri čemu je sustav i dalje bio stabilan i održiv.

U istraživanju McMurtry (1988) testirana je mogućnost uzgoja tilapije (*Oreochromis aureus*) u recirkulirajućem sustavu i hidroponskom uzgoju raznog povrća na pjeskovitom supstratu u zaštićenom prostoru. Pri ponovnom vraćanju vode u bazen s ribama, prolaskom vode kroz supstrat, došlo je do grube filtracije krutih čestica poput ribljih fekalija i alga. Biljke su, s druge strane, uklanjale organske tvari koje bi u većoj količini mogle štetiti ribama. Connolly i Trebic (2010) su kreirali nekoliko tipova akvaponskog sustava na području otoka Barbadosa kako bi tamošnje stanovništvo manje ovisilo o uvozu povrća i animalnih proizvoda.

### **2.3.1. Tehnologija uzgoja u akvaponskom sustavu**

Akvaponi dobivaju sve veću važnost u suvremenoj proizvodnji bilja (Turkmen i Guner, 2010). Tehnologija proizvodnje biljaka u ovom sustavu je složena zbog istovremenog uzgoja biljaka i riba. U intenzivnoj akvakulturi otpadne vode utječu toksično na ribe, dok intenzivan hidroponski uzgoj ovisi o nabavi skupih gnojiva (soli) koji se dodaju vodi. Akvaponi uklanjaju oba nedostatka ovih sustava jer biljke usvajaju dušik i fosfor, dok ribe proizvode hranjive tvari za biljke, a njihovi ekskrementi se recikliraju (Nelson i Pade, 2005; Bernstein 2011).

Biljke se uzgajaju u bazenima ili dubokim gredicama s inertnim supstratima kroz koje cirkulira voda iz bazena s ribama koja je bogata organskim tvarima (produktima uzgoja riba) koje služe za rast biljaka bez dodavanja mineralnih hranjiva te se može nazvati hranjivom otopinom. U ovakvom zatvorenom sustavu sva se voda reciklira, ne koriste se kemijska sredstva, a biljke koje se uzgajaju na ovaj način troše samo 10 % vode koja se troši u konvencionalnom načinu uzgoja (Bernstein, 2011).

U ovom integriranom sustavu biljaka i riba, izrazito su važne i bakterije, bez kojih akvaponski sustav ne može funkcionirati. Njihova je funkcija pretvaranje amonijaka u nitrite, a zatim u nitrate, što predstavlja izvor hranjivih tvari za biljke. Nakon što biljke usvoje nitrate, pročišćena otopina se vraća ribama (Nelson i Pade, 2005).

Kod uzgoja biljaka sustavom plutajućih ploča, na putu iz bazena s ribama, riblje izlučevine iz otopine prvo prolaze kroz rotacijski filter, odnosno, veliki bazen okruglog oblika u kojem se voda rotira malom brzinom. Cilj ovog filtra je iz vode izdvojiti veće čvrste čestice, koje će se



zbog sporog kretanja vode, početi taložiti na njegovom dnu. Stoga se za najveću učinkovitost preporučuje koristiti bazen što je moguće većeg promjera. Nataložena masa s dna bazena može se koristiti kao gnojivo u konvencionalnom uzgoju. Rakocy i sur. (2000) navode kako se mulj dobiven iz filtera u akvaponskom uzgoju može koristiti na različite načine. Nakon stabilizacije mulja u aeriranim spremnicima, moguće je isti razrjeđivati vodom i koristiti u sustavima za navodnjavanje u konvencionalnom uzgoju. Kruti dio mulja može se izdvajati i koristiti kao komponenta komposta (Bernstein, 2011).

Iz rotacijskog filtera, otopina se ulijeva u biofilter u kojem zaostaju sitnije krute čestice prolazeći kroz nekoliko barijera. U ovom području djeluju nitrifikacijske bakterije koje amonijak otopljen u vodi pretvaraju u nitrite i nitrate pa je u ovom dijelu sustava potrebno dodatno obogaćivanje vode kisikom sustavom aeracije. Pročišćena i hranivima bogata otopina se uz pomoć pumpi dovodi u bazen s plutajućim kontejnerima gdje se dodatno obogaćuje kisikom (Connolly i Trebic, 2010).

Biofilteri sadrže medij kao što je pijesak, šljunak ili različite plastične materijale i spužve, a uloga im je osigurati veliku površinu za tvorbu bakterijskih biofilmova (Turkmen i Guner, 2010). Kod sustava uzgoja na inertnim supstratima potreba za dodatnim filterom se može izbjeći jer šljunak, glinene kuglice, perlit ili neki drugi inertni supstrat koji se može koristiti, osim što imaju ulogu supstrata, djeluju i kao površina za kolonizaciju nitrifikacijskih bakterija. Na taj se način smanjuje potreba za dodatnom energijom potrebnom za prebacivanje otopine iz jedinice u jedinicu te se štedi prostor, odnosno, povećava uzgojna površina. U ovakvom sustavu uzgoja moguće je dodati još jednog simbionta – gujavice, čijom razgradnjom krupnijih ostataka riblje hrane, izmeta i biljnih ostataka nastaje kompost koji se može koristiti u konvencionalnom uzgoju biljaka (Bernstein, 2011).

### **2.3.2. Nitrifikacija amonijaka**

U procesu disanja, ribe koriste kisik ( $O_2$ ) i otpuštaju ugljikov dioksid ( $CO_2$ ). Dodatno, ribe u vodu ispuštaju amonijak ( $NH_3$ ) koji je štetan za ribe pa ga nitrifikacijske bakterije, najčešće iz rodova *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*, razlažu na nitrate ( $NO_3^-$ ) i nitrite ( $NO_2^-$ ), koje biljke koriste kao hranjive tvari za rast (Ochmanski, 2008.).

Prema Prinsloo i sur. (1999) nitrifikacijom se 93 do 96 % ribljeg otpada pretvara u nitrate. Neionizirani amonijak već pri malim koncentracijama utječe na usporenje rasta i oštećuje tkivo riba. Budući da nitrati predstavljaju osnovni izvor dušika u akvaponskom sustavu,

upravljanje procesom nitrifikacije najvažnije je za očuvanje kvalitete vode i osiguravanje biljnih hranjiva. Kako bi se osigurala stabilnost sustava, potrebno je minimalno mjesec dana prije početka uzgoja riba i sjetve/sadnje biljaka provoditi tzv. cikliranje sustava s ciljem „sazrijevanja“ biofiltera, odnosno, porasta populacije nitrifikacijskih bakterija. Na početku sustav ne uključuje ribe i biljke, a može se dodati mala količina hrane za ribe čija razgradnja potiče razmnožavanje nitrifikacijskih bakterija (<http://maximumyield.com/blog>).

Uz nitrate, važan čimbenik kvalitete otopine je i pH vrijednost, koja može utjecati na nitrifikacijske bakterije u filterima. Za vodene organizme optimalna pH vrijednost je između 6,5 i 8,5 (Timmons i sur., 2002), dok je biljkama optimalan raspon pH vrijednosti od 5,0 do 7,6, ovisno o uzgajanoj vrsti (Maynard i Hochmuth, 1997). Preporučeni raspon pH vrijednosti za hidroponske sustave je od 5,5 do 6,5 dok je za akvakulturne sustave od 6,5 do 8, (Tyson i sur., 2004).

### **2.3.3. Plutajući akvapon**

U akvaponskom uzgoju najčešće se koriste hidroponske tehnike uzgoja bez supstrata – tehnika otjecanja i dotjecanja („ebb and flow“), tehnika hranjivog filma i plutajući hidropon (Diver, 2006).

Sustav plutajućih kontejnera i/ili ploča je najviše prilagođen komercijalnoj upotrebi akvapona. Ovaj sustav najlakše je održavati za potrebe masovne proizvodnje pojedinih vrsta povrća, prije svega lisnatog povrća. U akvaponima se najčešće uzgaja lisnato povrće te začinsko i aromatično bilje zbog brzog rasta, male mase biljaka, niske do srednje potrebe za hranjivima te izrazite prilagodljivosti (Diver, 2006).

U plutajućem hidroponu mala volumna masa kontejnera ili ploča osigurava sposobnost plutanja, a korijenje biljaka je tijekom cijelog uzgoja uronjeno u hranjivu otopinu. U hranjivoj otopini ne smije biti čestica prljavštine jer njihova prisutnost utječe na slabije usvajanje hranjiva i kisika iz otopine što rezultira smanjenjem rasta biljaka (Borošić i sur., 2011).

U akvaponima se najčešće uzgajaju slatkovodne ribe, a vodeća vrsta u uzgoju je tilapija. Uz tilapiju, u akvaponu se uzgajaju som, grgeč, pastrva, šaran i ostale vrste koje podnose intenzivan uzgoj i višu razinu otopljenih soli (Tidwell, 2012). U akvaponskoj jedinici se također mogu uzgajati slatkovodni školjkaši, škampi i rakovi. U istraživanju Love i sur. (2014) obuhvaćeno je 257 akvaponskih proizvođača, a najčešće uzgajane vrste riba bile su

tilapija (*Tilapia spp.*) i ukrasne vrste riba, dok su som (*Siluriformes spp.*), smuđ (*Perca spp.*), plavoškriga sunčanica (*Lepomis macrochirus*), pastrvka (*Salomniformes spp.*), grgeč (*Micropterus spp.*) i druge vrste akvatičnih životinja bili zastupljeni u manjoj mjeri. Wilson (2005) navodi kako svaki kilogram ribe može rezultirati proizvodnjom sedam kilograma biljne biomase.

U akvaponskom uzgoju biljaka nije potrebno provoditi navodnjavanje i prihranu biljaka. Riblje izlučevine (ekskrementi) služe kao hranjive tvari biljkama pa nije potrebno ulagati sredstva u gnojiva, odnosno, soli za pripremu hranjive otopine za biljke. Istovremeno, hidroponski sustav predstavlja biološki filter koji koristi tvari koje su štetne za ribe, a neophodne za rast biljaka čime se stvara održiv suživot unutar ovakvog sustava (Turkmen i Guner, 2010).

U akvaponskom uzgoju eliminiran je utjecaj tla na uzgoj biljaka, odnosno, reducirana je pojava štetočinja koje za svoj razvoj i prezimljenje trebaju tlo u zaštićenom prostoru. Također, dezinfekcijom supstrata i polistirenskih ploča/kontejnera moguće je spriječiti ili smanjiti zarazu pojedinim bolestima. Biljke nije potrebno tretirati pesticidima pa tako uzgojene vrste zadovoljavaju kriterije integrirane proizvodnje i povećava im se tržišna vrijednost (Bernstein, 2011).

Prema Turkmen i Guner (2010) u odnosu na hidropon, biljke uzgajane u akvaponu su otpornije na bolesti i štetnike što može biti rezultat prisutnosti pojedinih organskih tvari i mikroorganizama koji osiguravaju uravnoteženu okolinu za rast biljaka.

Akvaponski sustavi se postavljaju u zaštićenim prostorima gdje se biljke nalaze u kontroliranom okolišu, zaštićene od vanjskih utjecaja (naglih promjena temperature, suše, vjetra). Proizvodnja u zaštićenim prostorima i smanjena upotreba sredstava za zaštitu pozitivno utječe i na okoliš (Yamamoto i Brock, 2013). Nakon berbe povrće se može odmah pakirati u odgovarajuću ambalažu jer listovi nisu zaprljani česticama tla (Jakše i Kacjan Maršić, 2010).

Važna prednost akvapona u odnosu na hidroponski uzgoj je smanjenje troškova proizvodnje zbog izostanka nabave mineralnih soli za pripremu hranjive otopine. Do primjene hranjivih soli može doći uslijed nedostatka mikroelemenata koji se mogu pojaviti u ovakvom sustavu, no potpuna količina makrohranjiva može se osigurati iz ekskremenata riba (Rakocy, 2004, Damon, 1998).

U akvaponskom sustavu nema ispuštanja otpadnih voda ili gubitaka zbog potrebe za zamjenom vode zbog preopterećenosti otopine hranjivim tvarima. Otopina kontinuirano cirkulira kroz sustav te se razina hranjivih tvari održava u ravnoteži koja nije štetna za organizme u akvakulturnoj jedinici, a poželjna je za biljke. Na taj način izostaje potreba za potrošnjom velike količine vode za održanjem potrebnih parametara vode za uzgoj riba. Redovitim izmjenama ciklusa biljaka u hidroponskoj jedinici koje apsorbiraju sva hranjiva omogućuje se rasterećenje akvakulturne jedinice što rezultira uštedom potrošnje vode i hranjivih soli (Rafiee i Saad, 2005; Bernstein 2011).

U hidroponskoj jedinici potrebno je osigurati konstantnu razinu hranjive otopine dodavanjem vode koja se gubi transpiracijom biljaka. Za istu produkciju biomase u akvaponicu se koristi manje od 10 % količine vode u odnosu na konvencionalni uzgoj na tlu (Bernstein, 2011). Zbog toga je akvapon pogodan sustav uzgoja u područjima koja oskudijevaju vodom ili plodnim tlom.

Kao nedostaci akvaponskog uzgoja izdvajaju se vrlo visoki početni troškovi nabave opreme i postavljanja sustava. U ovom sustavu postoji i značajan rizik od propadanja biljaka u slučaju zakazivanja pojedine opreme. Održavanje sustava uključuje čišćenje bazena s otopinom, čišćenje i zamjenu pumpi, održavanje temperature vode i pH vrijednosti, kontrolu količine amonijaka i prisutnosti štetnih mikroorganizama i algi.

Veliki nedostatak akvaponskog sustava je nemogućnost korištenja uobičajenih sredstava za zaštitu biljaka s obzirom da se radi o suživotu riba i biljaka jer bi pesticidi mogli štetno djelovati na zdravlje organizama u akvakulturnim jedinicama. Također, sredstva za zaštitu riba od parazita mogu negativno utjecati na biljke. Turkmen i Guner (2010) navode da će dodavanje soli u cilju zaštite riba i smanjenja štetnog utjecaja nitrita nepovoljno utjecati na biljke, a kao alternativu preporučuje se koristiti otporne kultivare, prirodne neprijatelje, fizičke barijere i slično.

### 3. MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno u ljetnom razdoblju 2014. godine na pokušalištu Maksimir Agronomskog fakulteta u Zagrebu u zaštićenom prostoru (tunelu). Pokus je postavljen po split-plot metodi u tri repeticije, a uključivao je dvije sorte radiča ('Tržaški salatnik' i 'Palla Rossa') i salate ('Vegorka' i 'Great Lakes') uzgajane u akvaponu i plutajućem hidroponu. Ručna sjetva je provedena 14. srpnja u polistirenske ploče pri čemu je gustoća sjetve iznosila 20 sjemenki po prorezu, odnosno, oko 2,5 g/ploči (slika 3).



Slika 3. Sjetva radiča u proreze polistirenskih ploča (Foto: P. Spevec)

Prilikom sjetve sjeme je prekriveno sitnijom granulacijom perlita (0-3 mm) te je prskanjem održavana vlažnost supstrata tijekom klijanja. Naklijavanje je provedeno u komori za naklijavanje i trajalo je 48 sati, a zatim su ploče postavljene u bazene. Tijekom vegetacije u pravilnim vremenskim razmacima praćeni su abiotski pokazatelji hranjive otopine (razina, temperatura, koncentracija otopljenog kisika, pH i EC ). Također, u zaštićenom prostoru minimalna i maksimalna temperatura i vlaga zraka mjereni su pomoću digitalnog termohigrometra koji je bio postavljen u zaštićenom prostoru.

Berba salate bila je jednokratna i provedena je 11. kolovoza, dok je berba radiča provedena u 2 navrata (11. kolovoza i 8. rujna). Druga berba salate izostala je zbog pojave plamenjače na biljkama. Pri svakoj berbi analizirana su morfološka svojstva biljaka (masa biljke, masa i dužina korijena, masa i visina nadzemnog dijela, broj listova i dužina najdužeg lista) te je određen prinos. Zbog pojave bolesti druga berba izostavljena je iz mjerenja i statističke obrade.

Hidroponske jedinice (slika 4 a) sastojale su se od bazena dimenzija 2 m×1,2 m×0,25 m,

pumpe za aeraciju hranjive otopine (Tetra APS150 Air Pump, Njemačka) i plutajućih polistirenskih ploča dimenzija 96 cm × 60 cm × 2,7 mm sa 102 proreza duljine 17 cm. U plutajućem hidroponu korištena je standardna hranjiva otopina (Tessi, 2002) koja tijekom vegetacije nije korigirana ni nadopunjavana (tablica 1).

Tablica 1. Standardna hranjiva otopina, Tessi (2002)

<b>Spremnik</b>	<b>g/1000 L</b>
<b>A</b>	
KNO <sub>3</sub>	784,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	272,2
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20,9
NH <sub>3</sub> NO <sub>3</sub>	28,00
MgSO <sub>4</sub>	246,3
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	972,5
<b>B</b>	
Fe (13%)	16,8
MnSO <sub>4</sub>	0,845
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,855
ZnSO <sub>4</sub>	1,15
CuSO <sub>4</sub>	0,187
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0,121
<b>C</b>	
HNO <sub>3</sub>	(56%)
<b>Vrijednosti hranjive otopine</b>	
pH	5,5
EC (dS/m)	1,5

U akvaponu (slika 4 b) je otopina pomoću recirkulirajućih pumpi, kružila između bazena s ribama (akvakulturna jedinice) i bazena s biljkama (hidroponske jedinice), a sva biljkama dostupna hranjiva potjecala su od ribljih ekskremenata. Uzgajane su sljedeće vrste riba: klen (*Squalius cephalus*), somić (*Ameiurus nebulosus*) i šaran (*Cyprinus carpio*). U svakoj akvakulturnoj jedinici bilo je 20 jedinki klenova i somića te 8 jedinki šarana. Klenovi su bili prosječne dužine od 7 do 10 cm i prosječne mase jedinke od 5 do 20 g. Somići su bili prosječne dužine od 10 do 15 cm i prosječne mase od 10 do 40 g, dok su šarani bili dugački

25 do 30 cm i mase 300 do 350 g. Ribe su uzgajane u akvarijima ukupnog volumena 1270 litara. Otopina iz akvarija se skupljala u sabirni bazen i odvodila do bazena s biljkama te ponovo vraćala u akvarije. Prosječna gustoća riba iznosila je  $3 \text{ kg/m}^3$ . Ribe su hranjene svaki treći dan hranidbenom smjesom u količini 110 g/hranjenju s 28 % sirovih proteina.

Za statističku obradu dobivenih rezultata dvofaktorijalnog pokusa korišten je statistički program Windows SAS® Software v.9.1. Razlike između testiranih faktora za sva promatrana svojstva analizirane su analizom varijance (ANOVA), a tako utvrđene značajne razlike između prosječnih vrijednosti testirane su LSD testom na razini signifikantnosti  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ .

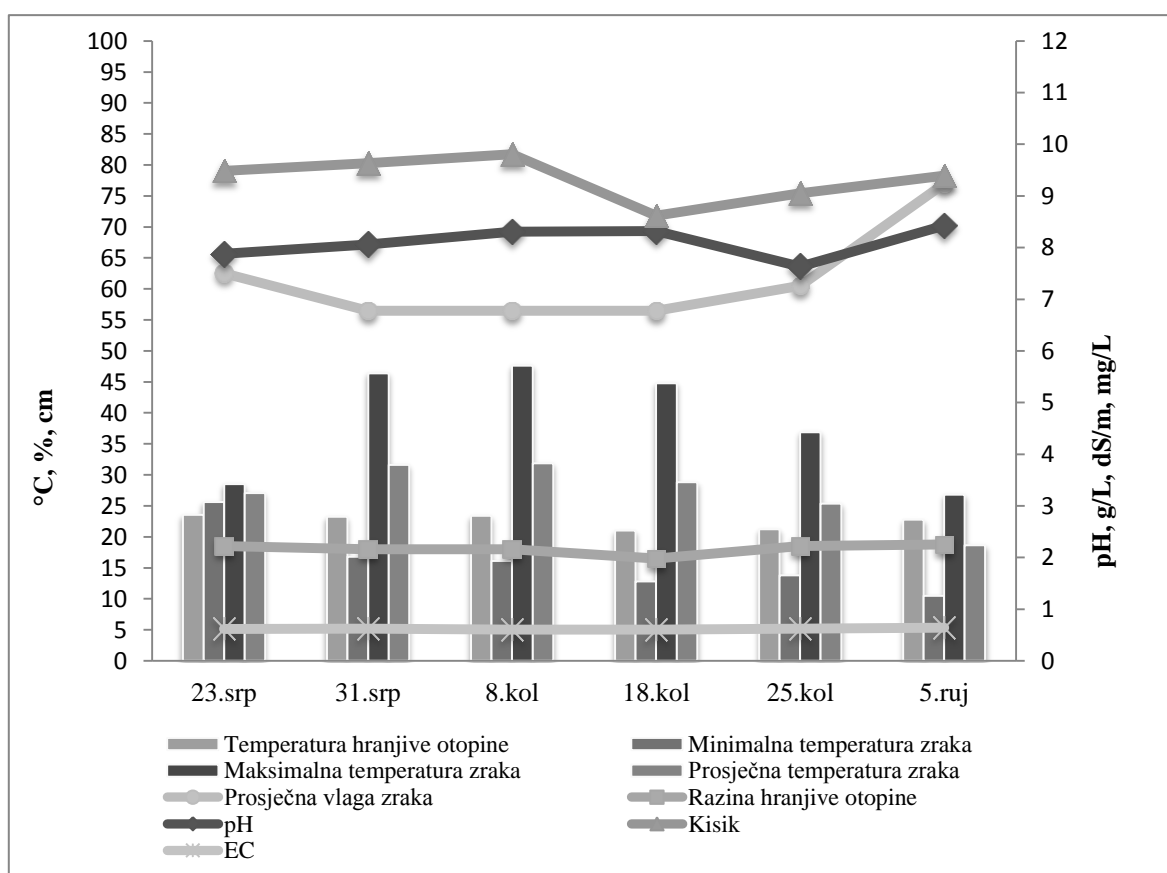


Slika 4. a - hidroponska i b - akvaponska jedinica u istraživanju (Foto: P. Spevec)

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. Abiotski čimbenici

U grafikonu 1 prikazane su prosječne vrijednosti abiotskih čimbenika tijekom vegetacije salate i radiča u akvaponskom sustavu. Prosječna temperatura zraka u zaštićenom prostoru varirala je između 18,65 i 31,85 °C, maksimalna temperatura zraka varirala je od 25,5 do 47,6 °C, dok je minimalna temperatura zraka bila u rasponu od 10,5 do 25,6 °C. U istraživanju Vrhovec (2014) izmjerene su približno jednake vrijednosti maksimalnih (15,3°C i 43,1°C) i minimalnih (9°C i 22,5°C) temperatura tijekom uzgoja salate u periodu od 31. srpnja do 19. rujna.



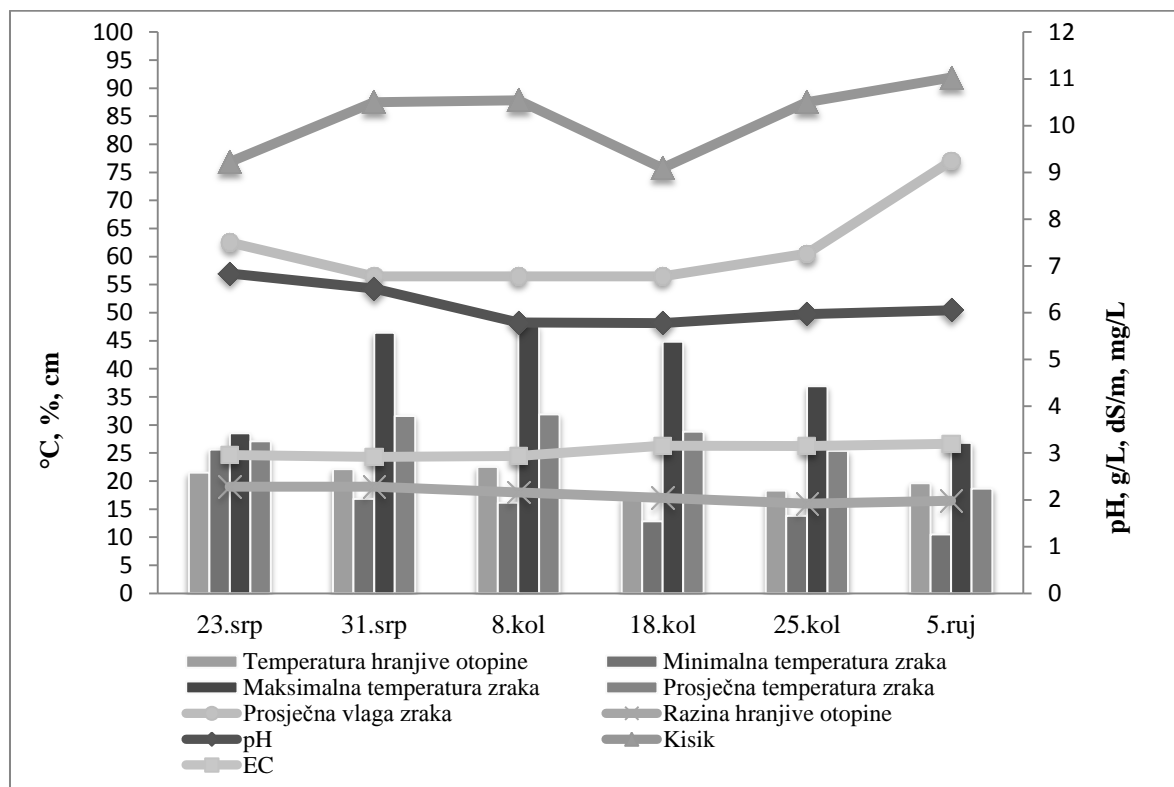
Grafikon 1. Abiotski čimbenici tijekom proizvodnje salate i radiča u plutajućem akvaponu

Prosječna relativna vlaga zraka kretala se između 56,5 i 85 % što je u skladu s istraživanjima Vrhovec (2014), Čavar (2012) i Toth i sur. (2012). Zbog cirkulacije otopine i povremenog dodavanja vode u sustav bazena za uzgoj riba, u akvaponu se razina otopine nije značajno mijenjala i iznosila je 18 cm. Temperatura otopine je varirala između 21 i 23,5 °C, a



prosječno je iznosila 22,8 °C što je nešto niže od rezultata mjerenja u istraživanju Sikawa (2010) gdje se temperatura otopine kretala od 28,9 °C do 30,9 °C . pH vrijednost otopine akvapona prosječno je iznosila 8,1, a varirala je između 7,63 i 8,42 što je nešto više od vrijednosti mjerenih u istraživanju Sikawa (2010) gdje se vrijednost pH kretala od 7,08 do 7,36. EC vrijednost otopine se kretala između 0,4 i 0,6 dS/m. Količina otopljenog kisika u otopini akvapona prosječno je iznosila 9,33 mg/L, a varirala je od 8,61 do 9,80 mg/L. Prema Chun and Takakura (1994) kritična razina otopljenog kisika za respiraciju korijena salate je 2,5 mg/L prema čemu se može zaključiti da je razina kisika u istraživanju bila više nego zadovoljavajuća. U istraživanju Sikawa (2010) razina otopljenog kisika kretala se ispod 1 mg/L što nije štetilo uzgajanoj vrsti riba (som), no štetno je djelovalo na rast korijena i lista salate uzgajane u pokusu.

U grafikonu 2. prikazane su prosječne vrijednosti abiotskih čimbenika tijekom vegetacije salate i radiča u hidroponskom sustavu. Budući da su se i hidroponske i akvaponske jedinice nalazile u istom zaštićenom prostoru, prosječne vrijednosti temperature zraka, maksimalne i minimalne temperature zraka te prosječne relativne vlage zraka bile su jednake u oba sustava. Temperatura hranjive otopine hidropona varirala je između 17,0 i 22,5 °C, a prosječno je iznosila 20,16 °C što je nešto niže od temperature hranjive otopine akvapona.



## Grafikon 2. Abiotski čimbenici tijekom proizvodnje salate i radiča u plutajućem hidroponu

Hranjiva otopina hidropona nije korigirana niti nadopunjavana pa se razina otopine, uslijed evapotranspiracije, s početnih 19 cm smanjila na 16,5 cm na kraju ciklusa. pH hranjive otopine hidropona bio je značajno niži od pH vrijednosti hranjive otopine akvapona, a varirao je između 5,78 i 6,84 te je prosječno iznosio 6,15. EC vrijednost hranjive otopine hidropona bila je gotovo pet puta viša od EC vrijednosti hranjive otopine akvapona i varirala je od 2,92 do 3,2 dS/m, s prosječnom vrijednosti 3,05 dS/m. Količina otopljenog kisika u hranjivoj otopini hidropona bila je više nego u akvaponskim jedinicama i bila je u rasponu od 9,09 do 11,03 mg/L te je prosječno iznosila 10,14 mg/L.

EC vrijednost hranjive otopine hidropona bila je 5 puta veća od EC vrijednosti akvapona, a kretala se između 2,9 i 3,2 dS/m (grafikon 2). EC vrijednost pogodna za uzgoj salate u hidroponu iznosi od 1,2 do 2,2 dS/m ([www.just4growers.com](http://www.just4growers.com)). Karimaei i sur. (2004) su zabilježili maksimalan udio rasta salate pri EC vrijednosti otopine 2,2 dS/m što je niže od izmjerene prosječne vrijednosti hidropona u istraživanju ovog diplomskog rada. Izmjerene EC vrijednosti bile su 2,35 puta više od maksimalno preporučene vrijednosti prema Maynard i Hochmuth (1997). Toth i sur. (2012) navode prosječnu EC vrijednost od 2,3 dS/m uz kombinaciju sorte salate 'Palmir' i hranjive otopine prema Pimpiniju kao najbolju za ljetni uzgoj lisnate salate.

U hidroponskom sustavu pH vrijednost hranjive otopine bila je značajno niža od pH vrijednosti akvapona zbog dodavanja dušične kiseline prilikom pripreme otopine te je prosječno iznosila 6,2 što je povoljno za uzgoj lisnatog povrća (grafikon 2).

Prema Toth i sur. (2012) temperaturu hranjive otopine trebalo bi održavati oko 24 °C. Thompson i sur. (1998) ističu da je hidroponski uzgoj salate moguć i u uvjetima povišene dnevne temperature zraka (>31 °C), ali pod uvjetom optimiziranja temperature u području korijena, odnosno, održavanjem temperature hranjive otopine oko 24 °C. Navedeno ukazuje da su uvjeti za rast i razvoj biljaka salate i radiča tijekom istraživanja za potrebe ovog diplomskog rada bili unutar optimalnih vrijednosti s prosječnom temperaturom 22,87 °C u akvaponu, odnosno, 20,16 °C u hidroponu. Toth i sur. (2012) navode da je uzgoj lisnate salate u plutajućem hidroponu tijekom ljetnog razdoblja moguć i pri višim temperaturama zraka i hranjive otopine (26,0 °C i 28,7 °C) od optimalnih vrijednosti (24,0 °C zraka i otopine).

Koncentracija otopljenog kisika značajna je za rast korjenovog sustava i usvajanje hranjiva iz otopine. U nedostatku otopljenog kisika dolazi do smanjenog usvajanja hranjiva iz otopine, a proces fotosinteze se odvija znatno sporije što rezultira smanjenim rastom biljke (Low, 2009). Prema istraživanju SCIS (2005) količina kisika u hranjivoj otopini ljeti i u jesen smanjivala se tijekom uzgoja, a kod upuhivanja zraka održala se iznad 5 mg/L. Prema Toth i sur. (2008) optimalna količina otopljenog kisika u hranjivoj otopini za uzgoj lisnatog povrća iznosi 7 do 8 mg/L.

Morgan (2009) navodi da viša temperatura hranjive otopine rezultira smanjenim zadržavanjem kisika, odnosno, smanjenom količinom otopljenog kisika u hranjivoj otopini što može dovesti do odumiranja tkiva korijena. Sukladno navedenom, niža temperatura hranjive otopine hidroponskih jedinica rezultirala je većim postotkom otopljenog kisika u istraživanju ovog diplomskog rada. Količina otopljenog kisika u hranjivoj otopini hidropona bila je viša nego kod akvapona i varirala je od 9,09 do 11,03 mg/L te je prosječno iznosila 10,14 mg/L.

U istraživanju Zeher (2012) tijekom ljetnog razdoblja uzgoja rige količina otopljenog kisika varirala je od 3,6 do 6,6 mg/L. U proljetnom i jesensko–zimskom uzgojnom razdoblju količina otopljenog kisika hranjive otopine manje je varirala (4,8 do 6,7 mg/L) i bila je manja nego u jesensko-zimskom razdoblju (6,1 do 8,1 mg/L).

U istraživanju Vrhovec (2014) količina otopljenog kisika na početku uzgoja iznosila je 8,58 mg/l. Tijekom rasta salate koncentracija se smanjila na 7,75 mg/l što je i dalje bilo u skladu s preporučenom koncentracijom otopljenog kisika za hidroponski uzgoj salate.

Izmjerene vrijednosti količine otopljenog kisika tijekom cijelog uzgoja u ovom istraživanju bile su više od najnižih preporučenih vrijednosti (2 i 2,5 mg/l) prema Goto (1996) kao i Chun i Takakura (1994) te unutar izmjerenih vrijednosti (4,4 do 8,3 mg/l) dobivenih u istraživanju Fabek i sur. (2009), odnosno, 7,75 do 8,58 mg/l u istraživanju Vrhovec (2014).

#### **4.2. Dinamika rasta salate i radiča**

Tijekom vegetacije analizirana su morfološka svojstva biljaka (ukupna masa, masa i dužina korijena, masa i visina nadzemnog dijela, broj listova i dužina najdužeg lista). Mjerenja rasta obavljena su u pravilnim razmacima u tri navrata kako bi se utvrdilo postoje li statistički opravdane razlike u navedenim morfološkim svojstvima istraživanih lisnatog povrća između sustava uzgoja, odnosno, hranjivih otopina različitih abiotskih čimbenika.

#### 4.2.1. Masa biljke

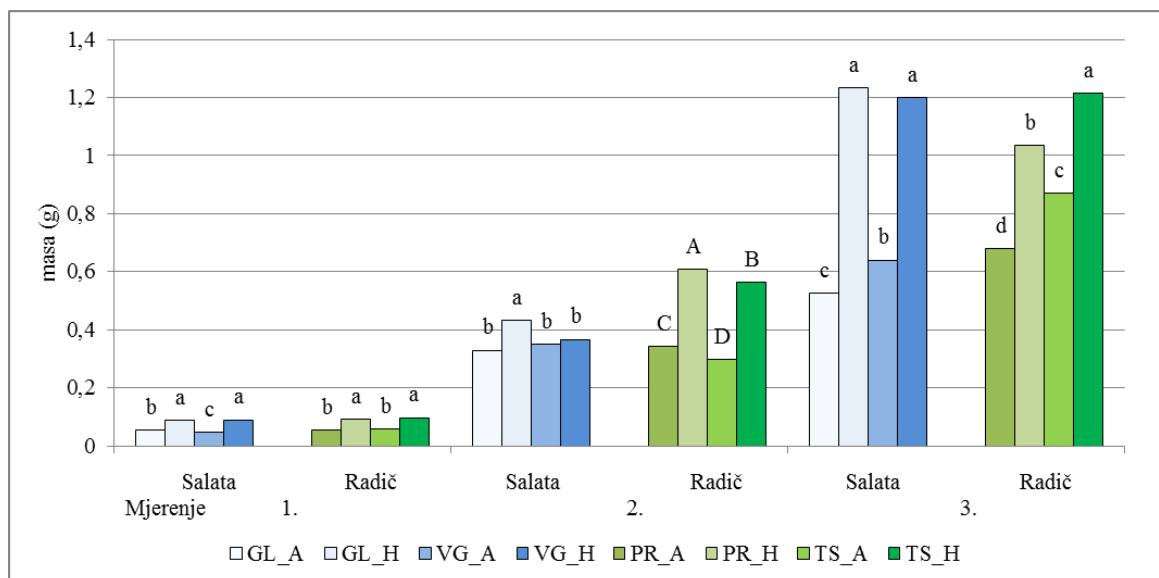
U tablici 2 prikazan je utjecaj sorte i načina uzgoja na prosječnu masu biljke salate, odnosno, radiča u tri mjerenja. Značajno veće vrijednosti zabilježene su kod salate uzgajane u plutajućem hidroponu tijekom prvog i trećeg mjerenja dok u drugom mjerenju nije bilo signifikantne razlike u masi biljaka salate. Kod radiča su utvrđene visoko signifikantne razlike u masi biljke tijekom sva tri mjerenja pri čemu se najvećim vrijednostima isticala sorta 'Tržaški salatnik' (1,042 g)

Tablica 2. Masa biljaka salate i radiča (g) obzirom na sortu i sustav uzgoja

Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>				<i>Radič</i>		
<i>Great Lakes (GL)</i>	0,071	0,382	0,879	<i>Palla Rossa (PR)</i>	0,074	0,476 <sup>A</sup>	0,858 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	0,069	0,358	0,920	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	0,078	0,431 <sup>B</sup>	1,042 <sup>A</sup>
	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	**	**
<i>LSD</i>	0,005	0,054	0,095	<i>LSD</i>	0,017	0,026	0,083
<i>Akvapon</i>	0,051 <sup>B</sup>	0,340	0,583 <sup>B</sup>	<i>Akvapon</i>	0,057 <sup>B</sup>	0,321 <sup>B</sup>	0,775 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	0,090 <sup>A</sup>	0,400	1,216 <sup>A</sup>	<i>Hidropon</i>	0,095 <sup>A</sup>	0,586 <sup>A</sup>	1,125 <sup>A</sup>
	**	n.s.	**		**	**	**
<i>LSD</i>	0,008	0,083	0,144	<i>LSD</i>	0,026	0,026	0,083

Razine statističke značajnosti: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , n.s. nije signifikantno

Zabilježene su signifikantne razlike u masi biljke obzirom na kombinaciju sorte i sustav uzgoja tijekom svih mjerenja što je vidljivo iz grafikona 3. U prvom mjerenju obje sorte salate i radiča uzgajane u plutajućem hidroponu izdvajale su se većom masom biljke, a taj trend se nastavio i u sljedećim mjerenjima. U drugom mjerenju utvrđene su visoko signifikantne razlike u masi biljke. Iz grafikona 3 je vidljivo kako je sorta radiča 'Palla Rossa' u drugom mjerenju imala statistički najveću masu dok je u trećem mjerenju sorta 'Tržaški salatnik' u hidroponu imala statistički najveću masu biljke (1,2 g).



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 3. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na masu biljke salate i radiča

#### 4.2.2. Masa nadzemnog dijela biljke

Kao i kod ukupne mase biljke, utvrđena je statistički opravdana razlika u masi nadzemnog dijela salate i radiča između hidropona i akvapona (tablica 3). Značajno veće vrijednosti mase nadzemnog dijela, kod obje vrste lisnatog povrća, ostvarene su uzgojem u plutajućem hidroponu.

Tablica 3. Masa nadzemnog dijela salate i radiča (g) obzirom na sortu i sustav uzgoja

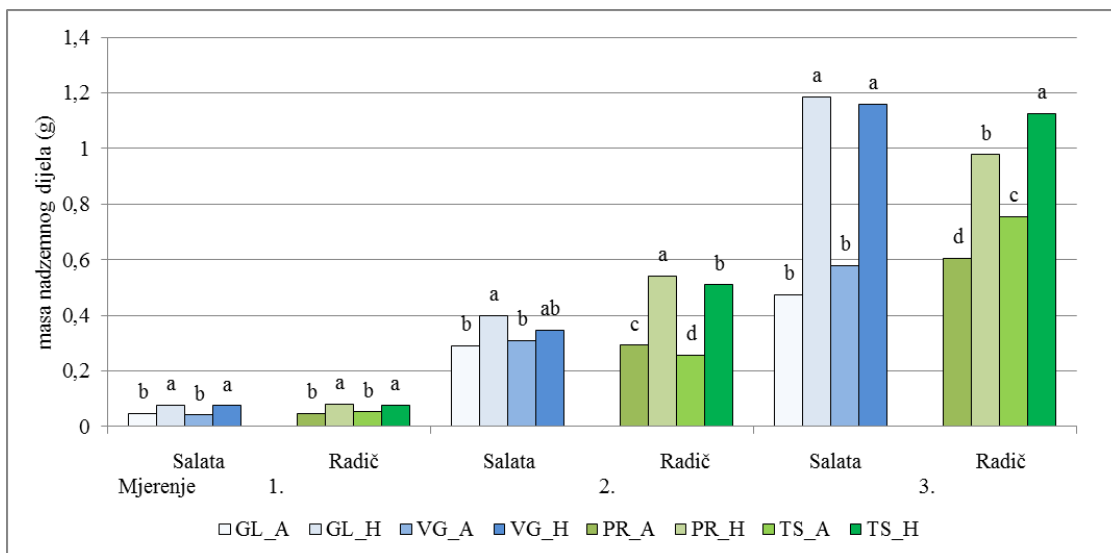
Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>			<i>Radič</i>			
<i>Great Lakes (GL)</i>	0,063	0,345	0,830	<i>Palla Rossa (PR)</i>	0,063	0,417 <sup>A</sup>	0,792 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	0,058	0,327	0,869	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	0,064	0,383 <sup>B</sup>	0,940 <sup>A</sup>
<i>LSD</i>	n.s.	n.s.	n.s.	<i>LSD</i>	n.s.	**	**
<i>Akvapon</i>	0,045 <sup>B</sup>	0,300	0,526 <sup>b</sup>	<i>Akvapon</i>	0,050 <sup>B</sup>	0,274 <sup>B</sup>	0,680 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	0,076 <sup>A</sup>	0,372	1,172 <sup>a</sup>	<i>Hidropon</i>	0,078 <sup>A</sup>	0,526 <sup>A</sup>	1,052 <sup>A</sup>
<i>LSD</i>	**	n.s.	*	<i>LSD</i>	**	**	**
<i>LSD</i>	0,026	0,083	0,083	<i>LSD</i>	0,026	0,026	0,026

Razine statističke značajnosti: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , n.s. nije signifikantno

Tijekom drugog mjerenja kod salate nisu utvrđene razlike u masi nadzemnog dijela između biljaka uzgajanih u hidroponu i akvaponu, dok je tijekom trećeg mjerenja zabilježena dvostruko veća masa nadzemnog dijela biljke salate iz hidropona (1,172 g) u odnosu na akvapon (0,526 g). Masa nadzemnog dijela radiča iz hidroponskog uzgoja tijekom mjerenja varirala je od 0,078 g (1. mjerenje) do 1,052 g (3. mjerenje).

Obzirom na sortu, kod salate nisu utvrđene razlike između sorti tijekom mjerenja. Sorte radiča 'Tržaški salatnik' i 'Palla Rossa' se tijekom prvog mjerenja nisu razlikovale u masi nadzemnog dijela. Tijekom drugog mjerenja veću masu imale su biljke sorte 'Palla Rossa' (0,417 g), dok su se u trećem mjerenju većom masom nadzemnog dijela izdvajale biljke sorte 'Tržaški salatnik' (0,940 g).

Iz grafikona 4 vidljive su značajne razlike u masi nadzemnog dijela biljke obzirom na kombinaciju sorte i sustava uzgoja tijekom svih mjerenja. U prvom mjerenju obje sorte salate i radiča uzgajane u plutajućem hidroponu izdvajale su se većom masom nadzemnog dijela. U drugom mjerenju najveću masu nadzemnog dijela imale su biljke sorte salate 'Great Lakes' (0,4 g), odnosno, radiča 'Palla Rossa' (0,542 g) uzgajane u hidroponu. Tijekom trećeg mjerenja obje sorte salate uzgajane u hidroponu imale su najveću i statistički jednaku masu nadzemnog dijela (Great Lakes 1,184 g i Vegorka 1,16 g), dok je kod radiča najveću masu (1,126 g) imala sorta 'Tržaški salatnik'.



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 4. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na masu nadzemnog dijela biljke salate i radiča

U istraživanju Bakarić (2016) salata sorte 'Great Lakes' imala je najveću masu nadzemnog dijela (2,90 g) u hidroponskom uzgoju što je značajno više od mase dobivene u ovom istraživanju. Ostale sorte uzgajane u pokusu imale su statistički manju masu od sorte 'Great Lakes' ('Tržaški Salatnik' 1,94 g, 'Vegorka' 1,70 g i 'Palla Rossa' 2,04 g) no, značajno veću od masa izmjerenih u ovom istraživanju.

U istraživanju Čaljkušić (2014) najveća masa nadzemnog dijela presadnica salate sorte 'Paris White' (2,86 g) utvrđena je u zadnjem mjerenju uz primjenu mikorize. U istraživanju Azcon i sur. (2003) masa nadzemnog dijela presadnica salate varirala je od 10,3 do 19,3 g.

#### 4.2.3. Broj listova

U tablici 4 je prikazan broj listova salate i radiča obzirom na sortu i sustav uzgoja. Vidljivo je da se testirane sorte salate nisu razlikovale u produciranom broju listova, kao ni sorte radiča, izuzev u trećem mjerenju kada je 'Tržaški salatnik' razvio veći broj listova (3,2) od sorte 'Palla Rossa' (2,95). Obzirom na sustav uzgoja, u prva dva mjerenja kod salate nisu utvrđene razlike u broju listova između testiranih sustava dok je u posljednjem mjerenju veći broj listova izmjeren kod biljaka uzgajanih u hidroponu (3,3). Kod radiča su utvrđene statistički opravdane razlike u broju razvijenih listova samo u drugom mjerenju u kojem su se većim brojem listova izdvajale biljke uzgajane u hidroponu (2,3).

Tablica 4. Broj listova salate i radiča obzirom na sortu i sustav uzgoja

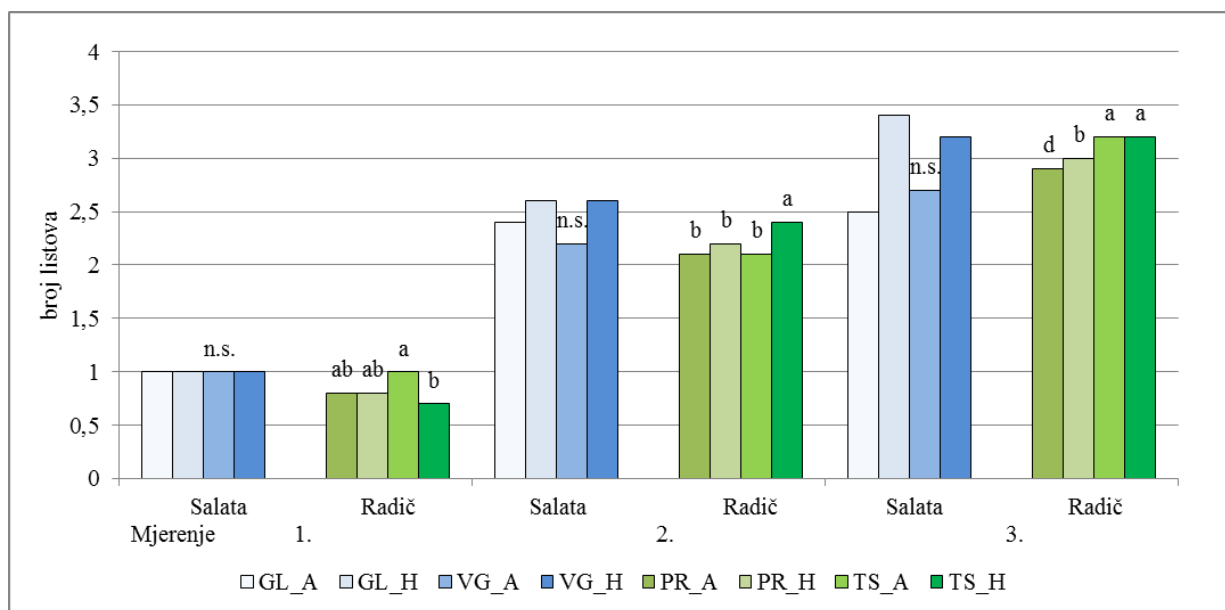
Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>			<i>Radič</i>			
<i>Great Lakes (GL)</i>	1,000	2,500	2,950	<i>Palla Rossa (PR)</i>	0,800	2,150	2,950 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	1,000	2,400	2,950	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	0,750	2,250	3,200 <sup>A</sup>
	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	**
<i>LSD</i>	0,017	0,624	0,654	<i>LSD</i>	0,189	0,134	0,234
<i>Akvapon</i>	1,000	2,300	2,600 <sup>b</sup>	<i>Akvapon</i>	0,900	2,100 <sup>b</sup>	3,050
<i>Hidropon</i>	1,000	2,600	3,300 <sup>a</sup>	<i>Hidropon</i>	0,750	2,300 <sup>a</sup>	3,100
	n.s.	n.s.	*		n.s.	*	n.s.
<i>LSD</i>	0,017	0,624	0,654	<i>LSD</i>	0,189	0,134	0,155

Razine statističke značajnosti: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , n.s. nije signifikantno

U istraživanju Bakarić (2016) najveći broj listova rozete (5,5) bio je kod salate sorte 'Vegorka' što je značajno više od mjerenja dobivenog u ovom istraživanju s obzirom da je berba obavljena mnogo ranije od preporučene faze berbe zbog izduživanja biljaka.

Ostvareni rezultati manji su od vrijednosti broja listova iz literaturnih navoda (Bakarić, 2016) budući da se berba obavljala u ranoj fazi razvoja biljaka kada još nije bio postignut optimalan broj listova. Optimalni trenutak berbe je u fazi 4 do 5 listova, no kako je zbog vremenskih uvjeta i manjka svjetlosti dolazilo do izduživanja samih biljaka, berba je provedena u ranijoj fazi razvoja.

U grafikonu 5 je prikazan utjecaj interakcije sorte i sustava uzgoja na broj listova salate i radiča te je vidljivo da se sorte salate u prva dva mjerenja nisu razlikovale u broju listova. U trećem mjerenju najveći broj listova salate utvrđen je kod kombinacije 'Great Lakes'×hidropon (3,4), a najmanje listova kod iste sorte uzgajane u akvaponu (2,5). Kod radiča su tijekom svih mjerenja utvrđene statistički opravdane razlike te je najveći broj listova (1) u prvom mjerenju utvrđen kod kombinacije 'Tržaški salatnik'×akvapon. U drugom i trećem mjerenju najveći broj listova (2,4 i 3,2) kod radiča imala je sorta 'Tržaški salatnik' uzgajana u hidroponu.



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 5. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na broj listova biljke salate i radiča



Vrhovec (2014) navodi rezultate morfometrijskih mjerenja prilikom prvog i drugog razmještanja hidroponski uzgajane salate. Broj listova salate u tom istraživanju kretao se od 4,67 do 6,67 prilikom prvog, odnosno 12 do 16,3 prilikom drugog razmještanja. Kako je gustoća sjetve u istraživanju za potrebe ovog diplomskog rada bila značajno veća, biljke su u sličnom vegetacijskom razdoblju vjerojatno zbog malog vegetacijskog prostora razvile značajno manje listova od biljaka u istraživanju Vrhovec (2014).

#### 4.2.4. Visina nadzemnog dijela

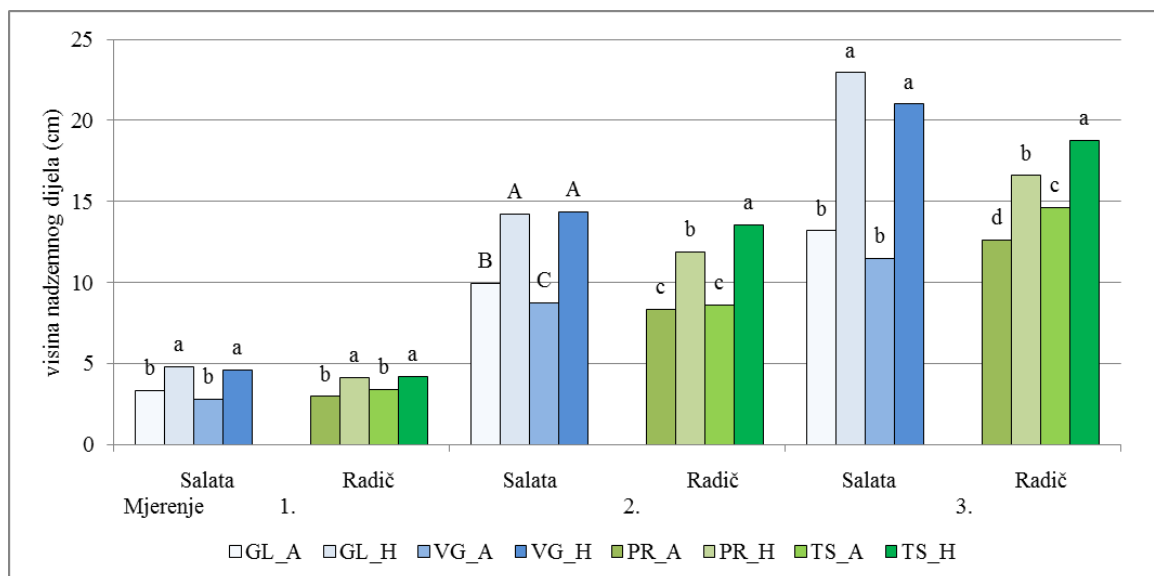
U tablici 5 je prikazana visina nadzemnog dijela salate i radiča obzirom na sortu i sustav uzgoja. Vidljivo je kako se sorte salate nisu razlikovale u visini nadzemnog dijela dok su se sorte radiča u trećem mjerenju značajno razlikovale, a sorta 'Tržaški salatnik' isticala se najvećom visinom nadzemnog dijela. S obzirom na sustav uzgoja utvrđene su značajne razlike u sva tri mjerenja te su u trećem mjerenju i kod salate (21,97 cm) i radiča (17,69 cm) izmjerene najveće vrijednosti kod uzgoja u hidroponu.

Tablica 5. Visina nadzemnog dijela salate i radiča (cm) obzirom na sortu i sustav uzgoja

Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>				<i>Radič</i>		
<i>Great Lakes (GL)</i>	4,050	12,080a	18,060	<i>Palla Rossa (PR)</i>	3,540	10,105	14,610 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	3,705	11,550b	16,245	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	3,800	11,105	16,693 <sup>A</sup>
	n.s.	*	n.s.		n.s.	n.s.	**
<i>LSD</i>	0,510	0,471	4,852	<i>LSD</i>	0,483	1,039	0,703
<i>Akvapon</i>	3,065 <sup>B</sup>	9,360 <sup>B</sup>	12,335 <sup>B</sup>	<i>Akvapon</i>	3,180 <sup>B</sup>	8,480 <sup>B</sup>	13,610 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	4,690 <sup>A</sup>	14,27 <sup>A</sup>	21,970 <sup>A</sup>	<i>Hidropon</i>	4,160 <sup>A</sup>	12,730 <sup>A</sup>	17,693 <sup>A</sup>
	**	**	**		**	**	**
<i>LSD</i>	0,773	0,713	7,352	<i>LSD</i>	0,732	1,039	0,703

Razine statističke značajnosti: \* p<0,05, \*\* p<0,01, n.s. nije signifikantno

Kao i na broj listova i na visinu nadzemnog dijela salate i radiča su djelovali nepovoljni vremenski uvjeti i smanjena količina svjetlosti što je rezultiralo izduženijim nadzemnim dijelom biljaka te različitom reakcijom sorti na nepovoljne uvjete rasta i razvoja.



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 6. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na visinu nadzemnog dijela biljke salate i radiča

U grafikonu 6 je prikazan utjecaj interakcije sorte i sustava uzgoja na visinu nadzemnog dijela salate i radiča te su vidljive visoko signifikantne razlike kod salate u drugom mjerenju gdje su najveće vrijednosti dužine nadzemnog dijela (14,2 i 14,34 cm) izmjerene kod sorti 'Vegorka' i 'Great Lakes' uzgajanih u hidroponu. I kod radiča su u svim mjerenjima utvrđene statistički opravdane razlike između kombinacija sorti i sustava uzgoja. Najveće vrijednosti izmjerene su u trećem mjerenju kod kombinacije 'Tržaški salatnik'×hidropon (18,78 cm).

Vrhovec (2014) navodi mjerenja visine presadnica hidroponski uzgajane salate između trećeg i četvrtog tjedna uzgoja. Ovisno o sorti visina nadzemnog dijela kretala se od 4,5 do 5,07 cm u trećem tjednu, odnosno, od 10,1 do 13,9 cm u četvrtom tjednu uzgoja. Obzirom na sličnu duljinu vegetacije u oba istraživanja vidljivo je da je u istraživanju za potrebe ovog diplomskog rada postignuta nešto veća visina nadzemnog dijela što može biti rezultat različitih uvjeta svjetla i temperature kao i gustoće sjetve.

#### 4.2.5. Dužina najdužeg lista

Između sorti istraživanih vrsta u prvom mjerenju nije bilo statistički opravdanih razlika u dužini najdužeg lista (tablica 6). U trećem mjerenju su razlike bile visoko signifikantne te su kod biljaka sorte 'Great Lakes' (salata) i 'Tržaški salatnik' (radič) zabilježene najviše

vrijednosti dužine lista (14,143 cm, odnosno, 15,720 cm). S obzirom na sustav uzgoja utvrđene su značajne razlike u svim mjerenjima, osim prvog mjerenja kod radiča gdje je dužina najdužeg lista bila statistički jednaka kod uzgoja u akvaponu i hidroponu. Kod obje vrste najveće vrijednosti dužine najdužeg lista izmjerene su u trećem mjerenju kod uzgoja u plutajućem hidroponu (15,413 cm kod salate i 16,650 cm kod radiča).

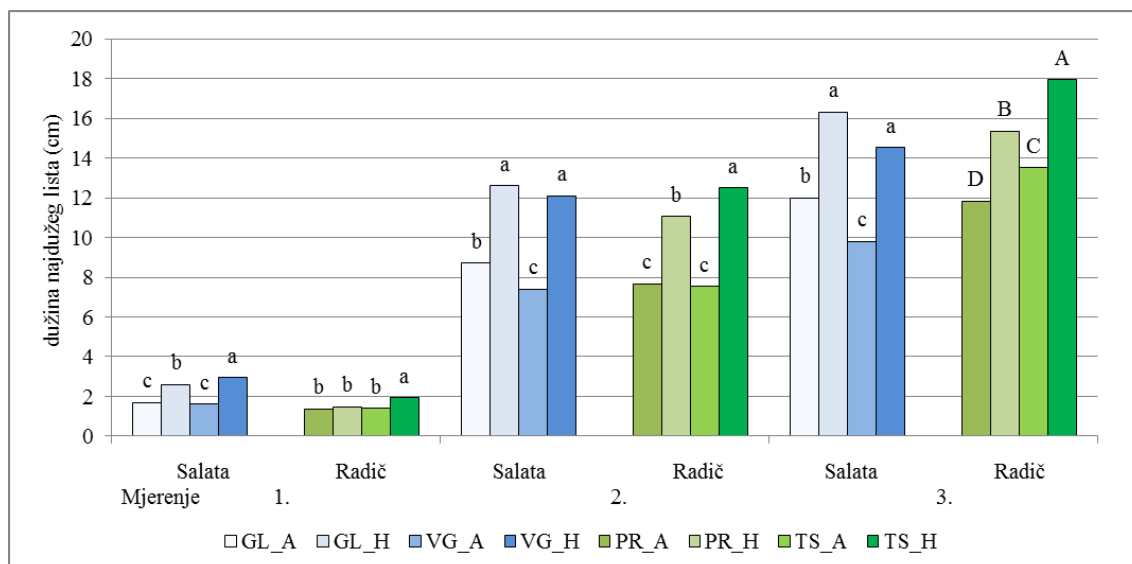
Tablica 6. Dužina najdužeg lista salate i radiča (cm) obzirom na sortu i sustav uzgoja

Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>			<i>Radič</i>			
<i>Great Lakes (GL)</i>	2,140	10,655 <sup>A</sup>	14,143 <sup>A</sup>	<i>Palla Rossa (PR)</i>	1,425	9,360	13,595 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	2,270	9,745 <sup>B</sup>	12,165 <sup>B</sup>	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	1,665	10,015	15,720 <sup>A</sup>
	n.s.	**	**		n.s.	n.s.	**
<i>LSD</i>	0,3159	0,8009	1,816	<i>LSD</i>	0,3738	0,9435	0,3582
<i>Akvapon</i>	1,640 <sup>B</sup>	8,050 <sup>B</sup>	10,895 <sup>B</sup>	<i>Akvapon</i>	1,380	7,595 <sup>B</sup>	12,665 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	2,770 <sup>A</sup>	12,350 <sup>A</sup>	15,413 <sup>A</sup>	<i>Hidropon</i>	1,710	11,780 <sup>A</sup>	16,650 <sup>A</sup>
	**	**	**		n.s.	**	**
<i>LSD</i>	0,4786	0,8009	2,751	<i>LSD</i>	0,3738	1,429	0,3582

Razine statističke značajnosti: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , n.s. nije signifikantno

U grafikonu 7 je prikazan utjecaj sorte i sustava uzgoja na dužinu najdužeg lista biljaka salate i radiča. Vrlo slični rezultati opaženi su u mjerenjima visine nadzemnog dijela budući da su ova dva parametra povezana. Najveće razlike u promatranom svojstvu vidljive su u trećem mjerenju kod obje vrste, a kombinacije 'Great Lakes × hidropon i 'Tržaški salatnik' × hidropon rezultirale su najvećim vrijednostima (16,307 cm, odnosno, 17,94 cm).

Sorta salate 'Great Lakes' u istraživanju Bakarić (2016) imala je najveću duljinu najdužeg lista (16,43 cm) što približno odgovara i mjerenjima u ovom istraživanju. Ostale sorte uzgajane u istraživanju Bakarić (2016) imale su dužinu najdužeg lista nešto niže ili približno jednake vrijednostima u ovom istraživanju (salata 'Vegorka' 13,20 cm, sorte radiča 'Tržaški Salatnik' 11,72 cm i 'Palla Rossa' 12,65 cm).



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 7. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na dužinu najdužeg lista biljke salate i radiča

#### 4.2.6. Masa korijena

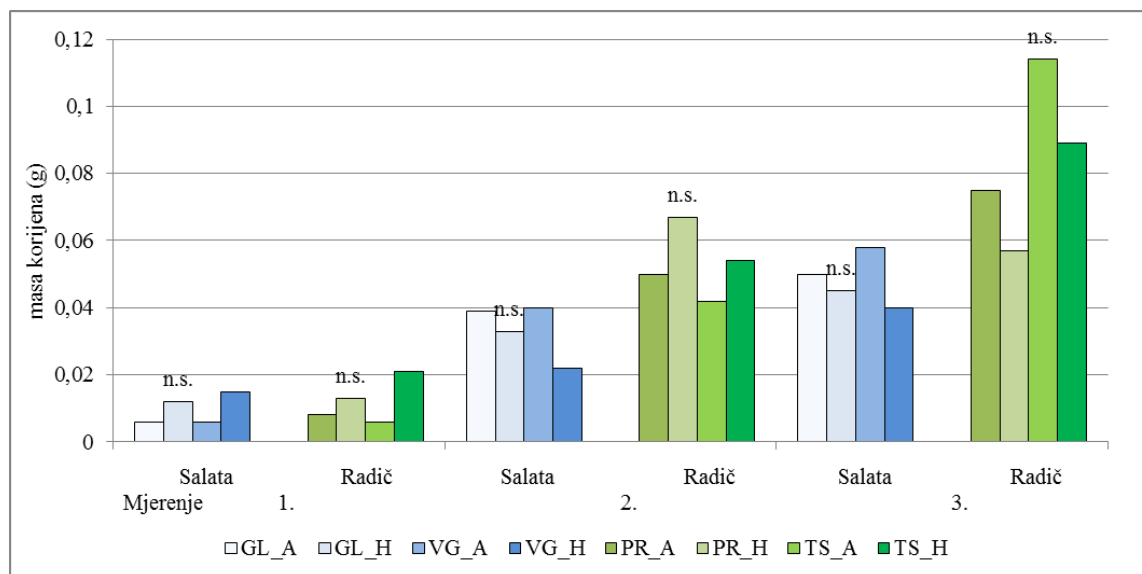
U tablici 7 je prikazana masa korijena salate i radiča obzirom na sortu i sustav uzgoja. Vidljivo je da se testirane sorte salate nisu razlikovale u masi korijena. Niti sorte radiča nisu se razlikovale u masi korijena u prvom i drugom mjerenju, no u trećem mjerenju su utvrđene statistički opravdane razlike između sorti, a najveću masu korijena imale su biljke sorte 'Tržaški salatnik' (0,073 g).

Tablica 7. Masa korijena salate i radiča (g) obzirom na sortu i sustav uzgoja

Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>			<i>Radič</i>			
<i>Great Lakes (GL)</i>	0,009	0,036	0,048	<i>Palla Rossa (PR)</i>	0,011	0,059	0,066 <sup>b</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	0,010	0,031	0,049	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	0,013	0,048	0,073 <sup>a</sup>
	n.s.	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	*
<i>LSD</i>	0,01998	0,0632	0,0632	<i>LSD</i>	0,0632	0,0957	0,0258
<i>Akvapon</i>	0,006 <sup>B</sup>	0,040	0,054	<i>Akvapon</i>	0,007	0,046	0,095
<i>Hidropon</i>	0,014 <sup>A</sup>	0,027	0,043	<i>Hidropon</i>	0,017	0,061	0,073
	**	n.s.	n.s.		n.s.	n.s.	n.s.
<i>LSD</i>	0,0303	0,0957	0,0632	<i>LSD</i>	0,0957	0,0957	0,0632

Razine statističke značajnosti: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , n.s. nije signifikantno

Signifikantne razlike u mjerenjima s obzirom na sustav uzgoja također nisu utvrđene (tablica 7), osim u prvom mjerenju kod salate gdje su se najvećom masom korijena izdvajale biljke uzgajane u hidroponu (0,014 g). Značajne razlike između testiranih kombinacija nisu zabilježene niti u jednom od mjerenja bez obzira na uzgajanu sortu ili sustav uzgoja (grafikon 8).



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 8. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na masu korijena biljke salate i radiča

U istraživanju Bakarić (2016) relativno najveća masa korijena utvrđena je kod radiča 'Tržaški Salatnik' (0,382 g), a relativno najmanja kod salate 'Great Lakes' (0,202 g) što su značajno više vrijednosti od dobivenih u ovom istraživanju. Kacjan Maršić i Oswald (2002) navode masu svježeg korijena hidroponski uzgojene salate glavatice oko 33 g što je više od mase korijena postignute u ovom istraživanju.

#### 4.2.7. Dužina korijena

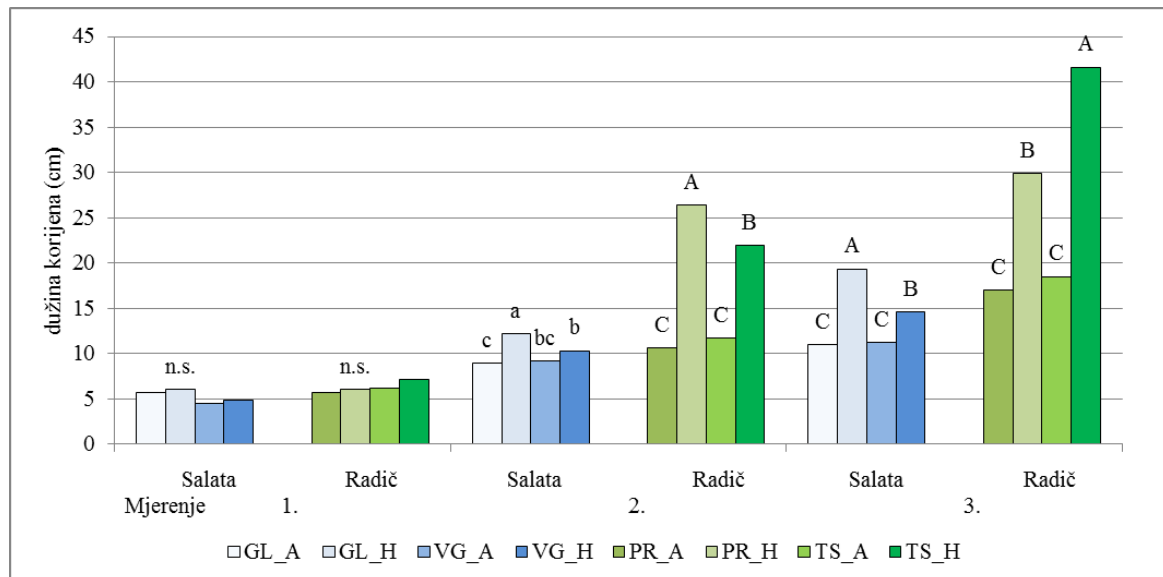
U tablici 8 prikazan je utjecaj sorte i načina uzgoja na dužinu korijena biljke salate, odnosno, radiča u tri mjerenja. Značajno veće vrijednosti zabilježene su kod radiča uzgajanog u plutajućem hidroponu tijekom drugog (18,515 cm) i trećeg mjerenja (24,40 cm) dok u prvom

mjerenju nije bilo signifikantnih razlika u dužini korijena radiča obzirom na sustav uzgoja. Kod salate su utvrđene visoko signifikantne razlike u dužini korijena tijekom trećeg mjerenja pri čemu se najvećim vrijednostima isticala sorta 'Great Lakes' (15,185 cm). Najveća dužina korijena zabilježena je kod sorte radiča 'Tržaški salatnik' (30,055 cm).

Tablica 8. Dužina korijena salate i radiča (cm) obzirom na sortu i sustav uzgoja

Mjerenje	1.	2.	3.	Mjerenje	1.	2.	3.
	<i>Salata</i>			<i>Radič</i>			
<i>Great Lakes (GL)</i>	5,860	10,535 <sup>a</sup>	15,185 <sup>A</sup>	<i>Palla Rossa (PR)</i>	5,885	18,515 <sup>A</sup>	23,400 <sup>B</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	4,685	9,760 <sup>b</sup>	12,910 <sup>B</sup>	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	6,645	16,785 <sup>B</sup>	30,055 <sup>A</sup>
	n.s.	*	**		n.s.	**	**
<i>LSD</i>	1,660	0,5286	0,9132	<i>LSD</i>	1,635	1,407	2,639
<i>Akvapon</i>	5,115	9,045 <sup>B</sup>	11,125 <sup>B</sup>	<i>Akvapon</i>	5,940	11,160 <sup>B</sup>	17,735 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	5,430	11,250 <sup>A</sup>	16,970 <sup>A</sup>	<i>Hidropon</i>	6,590	24,140 <sup>A</sup>	35,720 <sup>A</sup>
	n.s.	**	**		n.s.	**	**
<i>LSD</i>	1,660	1,255	0,9132	<i>LSD</i>	1,635	3,726	4,536

Razine statističke značajnosti: \* p<0,05, \*\* p<0,01, n.s. nije signifikantno



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 9. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na dužinu korijena biljke salate i radiča

Utjecaj sorte i sustava uzgoja na dužinu korijena biljke salate i radiča prikazan je u grafikonu 9. U prvom mjerenju nisu zabilježene signifikantne razlike u dužini korijena s obzirom na

sortu i sustav uzgoja. Signifikantno veća duljina korijena izmjerena je kod kombinacije sorte radiča 'Palla rossa'×hidropon u drugom mjerenju (26,38 cm), dok su se u trećem mjerenju najvećom duljinom korijena izdvajale biljke sorte 'Tržaški salatnik' uzgajane u plutajućem hidroponu (41,6 cm). Sorta radiča 'Tržaški salatnik' ujedno se i tijekom cijelog pokusa isticala najvećom dužinom korijena. Korijen biljaka uzgajanih u akvaponu bio je zamjetno razgranjeniji dok je korijen hidroponskih biljaka bio nerazgranat. Time apsorptivna površina samog korijena nije bila određena dužinom korijena već njegovom građom.

U istraživanju Vrhovec (2014) mjerena je dužina korijena u više navrata. Mjerenja koja su obavljena prilikom prvog i drugog razmještanja salate (tri i četiri tjedna nakon sjetve) mogu se usporediti s mjerenjem duljine korijena u ovom istraživanju zbog sličnosti duljine vegetacije. Vrhovec (2014) navodi rezultate duljine korijena u fazi starosti biljke tri tjedna od 9 do 12,97 cm, odnosno, starosti biljke četiri tjedna od 25,4 do 29,5 cm ovisno o uzgajanoj sorti.

#### 4.2.8. Prinos

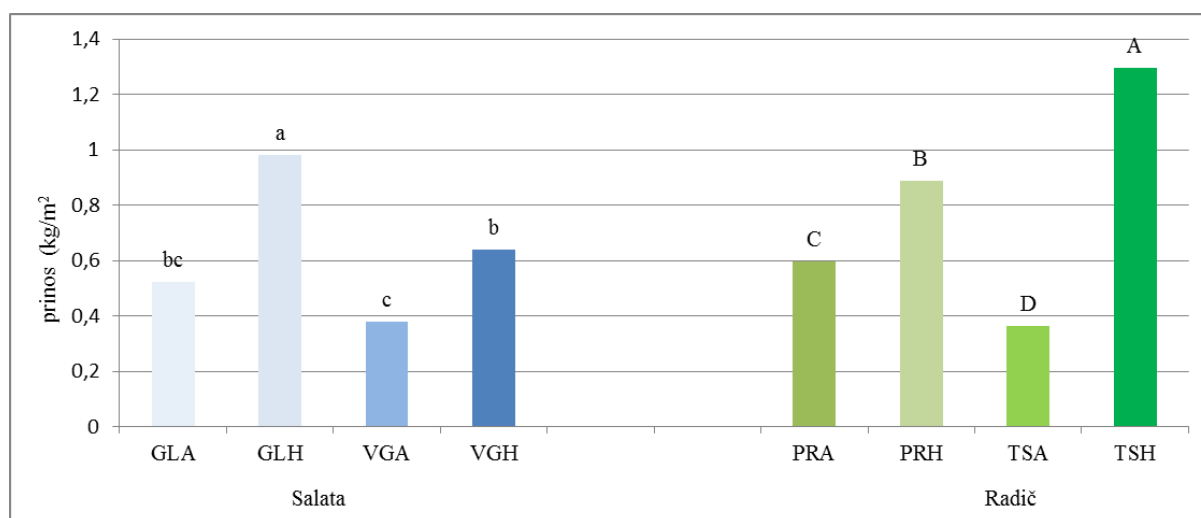
Tijekom mjerenja su utvrđene statistički opravdane razlike u prinosu salate i radiča s obzirom na sortu i sustav uzgoja (tablica 9). Budući da je ostvareni prinos rezultanta mase nadzemnog dijela biljke, najveći prinos zabilježena je kod sorte salate 'Great Lakes' (0,75 kg/m<sup>2</sup>) i radiča 'Tržaški salatnik' (0,83 kg/m<sup>2</sup>). Značajno veće vrijednosti prinosa kod obje vrste lisnatog povrća, ostvarene su uzgojem u plutajućem hidroponu (0,79 kg/m<sup>2</sup> kod salate i 1,09 kg/m<sup>2</sup> kod radiča) .

Tablica 9. Prinos salate i radiča (kg/m<sup>2</sup>) obzirom na sortu i sustav uzgoja

<i>Mjerenje</i>	<i>l.</i>	<i>Mjerenje</i>	<i>l.</i>
<i>Great Lakes (GL)</i>	0,752 <sup>A</sup>	<i>Palla Rossa (PR)</i>	0,742 <sup>b</sup>
<i>Vegorka (VG)</i>	0,193 <sup>B</sup>	<i>Tržaški salatnik (TS)</i>	0,830 <sup>a</sup>
	**		*
LSD	0,2140	LSD	0,0774
<i>Akvapon</i>	0,452 <sup>B</sup>	<i>Akvapon</i>	0,480 <sup>B</sup>
<i>Hidropon</i>	0,793 <sup>A</sup>	<i>Hidropon</i>	1,092 <sup>A</sup>
	**		**

LSD	0,214	LSD	0,1172
-----	-------	-----	--------

Objekti istraživane vrste najveći prinos su ostvarile u hidroponskom sustavu pri čemu su se sorta radiča 'Tržaški salatnik' (1,7 kg/m<sup>2</sup>) i salate 'Great Lakes' (2,23 kg/m<sup>2</sup>) izdvajale najvećim vrijednostima (grafikon 10).



Sorta: Salata - GL-Great Lakes, VG-Vegorka, Radič - PR-Palla Rossa, TS-Tržaški salatnik; Način uzgoja: A-akvapon, H-hidropon

Grafikon 10. Utjecaj sorte i sustava uzgoja na prinos (kg/m<sup>2</sup>) biljke salate i radiča

U istraživanju Čavar (2012) berba potočarke uzgajane u plutajućem hidroponu provedena je u tri navrata tijekom kojih je ostvaren prinos od 0,95, 1,3 i 1,53 kg/m<sup>2</sup> što je rezultiralo prosječnim ukupnim prinosom od 3,07 kg/m<sup>2</sup>. Toth i sur. (2012) zabilježili su sličan prinos lisnatog povrća u ljetnom uzgoju salate dok su Fabek i sur. (2011) u jesensko-zimskom razdoblju zabilježili 40 % manji prinos matovilca.

U istraživanju Leskovec (2012) uzgajana je endvija (*Cichorium endivia* var. *crispum* L.) u akvaponskom sustavu u razdoblju od 28. rujna do 15. travnja. Berba je obavljena u fazi razvijene rozete te je zabilježen prinos od 6,9 kg/m<sup>2</sup> što je značajno više od rezultata ostvarenog u istraživanju ovog diplomskog rada.

U istraživanju Bakarić (2016) sorta salate 'Great Lakes' ostvarila je najveći prinos (2,036 kg/m<sup>2</sup>), opravdano veći od ostalih istraživanih sorti lisnatog povrća. Nešto manji prinos (1,592 kg/m<sup>2</sup>) zabilježen je kod salate 'Vegorka', no bio je značajno veći od prinosa obje testirane



sorte radiča. U istom istraživanju radič 'Tržaški salatnik' u hidroponskom uzgoju ostvario je prinos  $0,329 \text{ kg/m}^2$ . Iz ovih rezultata je vidljivo kako se sorta salate 'Great Lakes' u oba istraživanja pokazala kao vrlo dobra sorta za hidroponski, a može se preporučiti i za akvaponski uzgoj. Posebno se izdvojila sorta radiča 'Tržaški salatnik' koja je u ovom istraživanju postigla izuzetno dobar prinos za razliku od istraživanja Bakarić (2016) gdje je ostvarila vrlo nizak prinos.

Rezultati morfometrijskih analiza nadzemnog i podzemnog dijela reprezentativnih uzoraka salate i radiča obavljenih pri višekratnim uzorkovanjima tijekom istraživanja ovog diplomskog rada, ukazuju na brži rast, odnosno, bolju razvijenost biljaka uzgajanih u plutajućem hidroponu.

U istraživanju Pimpini i Enzo (1997) u dvokratnoj berbi rige na tlu, u jesensko-zimskom razdoblju ostvaren je podjednak prinos ( $1,2 \text{ kg/m}^2$ ) kao i u istraživanju Alberici i sur. (2008) te Castoldi i sur. (2011) u jednokratnoj berbi u plutajućem hidroponu ( $1,3$  i  $1,3 \text{ kg/m}^2$ ). U istraživanju Zeher (2012) tijekom berbe rige uzgajane u plutajućem hidroponu ostvaren je prinos od  $2,1 \text{ kg/m}^2$ .

Sklop biljaka je također jedan od parametara koji je mogao utjecati na sam prinos kao što u istraživanju Žnidarčić i Kacjan-Maršić (2008) navode da u većem sklopu, biljke produciraju manje listova uslijed povećane kompeticije.

## 5. ZAKLJUČCI

Temeljem uzgoja lisnatog povrća u plutajućem hidroponu i akvaponu s ciljem istraživanja utjecaja sastava otopine i sorte na dinamiku rasta i prinos salate i radiča, može se zaključiti:

- utvrđene su statistički opravdane razlike u morfološkim svojstvima istraživanog lisnatog povrća između sustava uzgoja, odnosno, hranjivih otopina različitih abiotskih čimbenika,
- značajno veće vrijednosti u najvećem broju istraživanih svojstava (masa biljke, masa nadzemnog dijela, visina nadzemnog dijela, dužina najdužeg lista, dužina korijena, prinos) zabilježene su u plutajućem hidroponu,
- kod salate utvrđen je statistički opravdan utjecaj sorte na dužinu najdužeg lista, dužinu korijena i prinos, dok nije utvrđen statistički opravdan utjecaj sorte na većinu morfoloških svojstava (masa korijena, visina nadzemnog dijela, broj listova, masa nadzemnog dijela)
- kod radiča sorta je imala statistički opravdan učinak na sva promatrana svojstva te je sorta 'Tržaški salatnik' u svim mjerenjima imala značajno veće vrijednosti morfoloških pokazatelja
- testirane sorte salate nisu se razlikovale u produciranom broju listova, kao ni sorte radiča, izuzev u trećem mjerenju kada je 'Tržaški salatnik' razvio veći broj listova (3,2) od sorte 'Palla Rossa' (2,95)
- na broj listova i visinu nadzemnog dijela utjecali su nepovoljni vremenski uvjeti i smanjena količina svjetlosti što je rezultiralo izduženijim nadzemnim dijelom te različitom reakcijom sorti na te uvjete rasta i razvoja
- sorte salate se nisu razlikovale u visini nadzemnog dijela dok su se sorte radiča u trećem mjerenju značajno razlikovale te se sorta 'Tržaški salatnik' isticala najvećom visinom nadzemnog dijela
- obje istraživane vrste najveći prinos su ostvarile u hidroponskom sustavu pri čemu su se sorta radiča 'Tržaški salatnik' (1,7 kg/m<sup>2</sup>) i salate 'Great Lakes' (2,23 kg/m<sup>2</sup>) izdvajale najvećim vrijednostima
- rezultati ovog istraživanja mogu se smatrati preliminarnim za daljnja istraživanja mogućnosti uzgoja povrća u plutajućem akvaponu

## 6. POPIS LITERATURE

1. Anonymous (2001). A report for the Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC). Hydroponics as an Agricultural Production System. RIRDC Publication No 01/141, RIRDC Project No HAS 9-A. Hassal & Associates Pty.
2. Alberici A., Quattrini E., Penati M., Martinetti L., Gallina M.P., Ferrante A. (2008). Effect of the Reduction of Nutrient Solution Concentration on Leafy Vegetables Quality Grown in Floating System. *Acta Horticulturae* 801: 1167-1176.
3. Azcon R., Ambrosano E. Charest C. (2003). Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration.
4. Benko B., Borošić J., Novak B., Toth N., Fabek S., Žutić I. (2009). Autumn lettuce production on rockwool slabs. *Acta Horticulturae* 807(2): 495-500
5. Benko B., Fabek S. (2011). Mali gospodarski savjetnik: Hidroponske tehnike uzgoja povrća. *Gospodarski list* 13/14: 37-47.
6. Bernstein S. (2011). *Aquaponic Gardening: A Step By Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together*. Gabriola Island, BC: New Society Publishers.
7. Beauchamp W.R. (2011). Response of Hydroponic Bibb Lettuce (*Lactuca sativa*) to Chloride Additives in Integrated Aquaculture Systems. Auburn University, PhD Dissertation Abstract: 14-16.
8. Borošić, J., Benko, B., Toth, N. (2011). Hidroponske tehnike uzgoja bilja. Interna skripta, Zavod za povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu.
9. Boutwell J. (2007). "Aztecs' aquaponics revamped". *Napa Valley Register*. Retrieved April 24, 2013
10. Castoldi N., Bechini L., Ferrante A. (2011). Fossil energy usage for the production of baby leaves. *Energy* 36: 86-93
11. Connolly K., Trebic T. (2010). Aquaponics - integration of Hydroponics and Aquaponics optimization of backyard aquaponic food production system. Faculty of Agricultural and Environmental Sciences Macdonald Campus, McGill University.
12. Chun, C., Takakura, T. (1994). Rate of root respiration of lettuces under various dissolved oxygen concentrations in hydroponics. *Environment Control in Biology* 32, 125–135
13. Čaljkušić, M., (2014). Utjecaj mikorize na rast presadnica salate. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

14. Čavar, J., (2012). Uzgoj potočarke u plutajućem hidroponu. Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
15. Damon, E.; Seawright, R.B.; Walker, R.R.S. (1998). Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems. *Aquaculture*, 160, 215–237.
16. Diver, S. (2006). Aquaponics – Integration of Hydroponic with Aquaculture. ATTRA, IP 163, Slot 54.
17. Drews, M, Schonhof I, Krumbein A.(1995). Influence of growth season on the content of nitrate, vitamin C,  $\beta$ -carotin and sugar of head lettuce under greenhouse conditions. *Gartenbauwissenschaft* 60: 180–187.
18. Fabek, S., Toth, N., Benko, B., Borošić, J., Žutić, I., Novak, B. (2009). Lamb's lettuce growing cycle and yield as affected by abiotic factors. University of Zagreb, Faculty of Agriculture Zagreb, Croatia
19. Fabek S., Toth N., Benko B., Borošić J., Žutić I., Novak B. (2011). Lamb's lettuce growing cycle and yield as affected by abiotic factors. *Acta Horticulturae* 893: 887-894.
20. Geršak, D., Vojnovi, B., Novak, E. (2012). Utjecaj višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu. *Agronomski glasnik* 4/2012, ISSN 0002 – 1954
21. Goto, E., Both, A.J., Albright, L.D., Langhans, R.W., Leed, A.R. (1996). Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. *Acta Hort.* 440: 205- 210
22. Jakše M., Kacjan Maršić N. (2010). Uzgoj lisnatog povrća za rezanje na plutajućem sustavu. Izvorni znanstveni rad. 45. hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma Opatija 2010
23. Jorge, M., Williams, J. B., Garza-Humea, C. E., Olvera, A., (2011). Mathematical accuracy of Aztec land surveys assessed from records in the Codex Vergara. *PNAS*: University of Michigan.
24. Kacjan Maršić N., Osvald J. (2002). Effects of different nitrogen levels on lettuce growth and nitrate accumulation in iceberg lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Gartenbauwissenschaft* 67 (4): 128–134.
25. Karimaei, M.S., Massiha, S., Mogaddam, M. (2004). Comparison of two nutrient Solutions: effect on growth and nutrient levels of Lettuce, *Lactuca sativa* L. cultivars. *Acta Horticulture* 644: 69–76.

26. Leskovec, M. (2012). Aquaponics vegetable growing. Graduation thesis. Higher professional studies. Univerza v Ljubljani biotehniška fakulteta oddelek za agronomijo
27. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Čustić M., Poljak M., Romić D. (2004). Povrčarstvo. Zrinski, Čakovec
28. Lewis, W., M., Yopp, J.H., Schramm JR, H.L., Brandenburg, A.M. (1978). Use of hydroponics to maintain quality if recirculated water in fish culture system. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107 (1): 92 – 99.
29. Love, D.C., Fry, J.P., Genello, L., Hill, E.S., Frederick, J.A., Li, X., & Semmens, K. (2014). An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS ONE*, 9(7): e102662. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0102662>
30. Low G. (2009). Integral hydroponics: Indoor growing principles for beginners an intermediates. BookSurge Publishing, Charleston (South Carolina).
31. Maboko, M.M. (2007). Leafy lettuce grown in a hydroponics system. *Undercover Farming Magazine*, Pretoria, South Africa, 3 (6):8
32. Maynard, D. N., Hochmuth, G. J. (1997). Knott's handbook for vegetable growers, 4th edition. Wiley, New York.
33. Matotan, Z. (2004). Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus, Zagreb.
34. McMurtry, M.R. (1988). Aqua-Vegeticulture Systems. *International Ag-Sieve*. Vol.1, No.3. Rodale Press International, Emmaus, PA.
35. Munoz H. (2010). Hydroponics manual - Home based vegetable production system. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA).
36. Morgan, S. C., Hamilton, S.C., Bentley, M.L., & Myrie, S. (2009). Environmental education in botanic gardens: Exploring Brooklyn's botanic garden project's green reach. *Journal of Environmental Education*, 40(4), 35-52.
37. Naegel, L.C.A. (1977). Combined production of fish and plants in recirculating water. *Aquaculture* 10, 17–24.
38. Nelson, R., Pade, J., 2005. Greenhouse aquaponics proves superior to inorganic hydroponics, *Aquaponics Journal*
39. Niederwieser J.G. (Ed). 2001. Guide to hydroponic vegetable production. Agricultural Research Council, Roodeplaat and Vegetable and Ornamental Plant Institute. Pretoria, South Africa

40. Ochmanski, Lorianne (2013). "Aquaponics and the Fish-Lettuce Feedback Loop." Plexus Encyclopedia of Medicine, Science, and Technology. NewsBank ScienceSource Collection.
41. Pimpini, F., Enzo, M., 1997. La coltura della rucola negli ambienti veneti. *Colture protette* 4: 21-32.
42. Prinsloo, J.F., Roets, W., Theron, J., Hoffman, L.C., Schoonbee, H.J.(1999). Changes in some water quality conditions in recycling water using three types of biofiltration systems during the production of the sharptooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). Part 1. Relative efficiency in the breakdown of nitrogenous wastes by the different biofiltration units. *Water S.A.* 25:239–252.
43. Rafiee, G., Saad , C.R. (2005). Nutrient cycle and sludge production during different stages of red tilapia (*Oreochromis sp.*) growth in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 244, 109 – 118.
44. Rakocy, J.E.; Shultz, R.C.; Bailey, D.S.; Thoman, E.S. (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Hortic.* 648, 63–69.
45. Rakocy, J.E., D.S. Bailey, J.M. Martin, Shultz R.C. (2000). Tilapia production systems for the Lesser Antilles and other resource-limited, tropical areas. pp. 651-662. In: K. Fitzsimmons and J. Carvalho Filho (Eds.). *Tilapia Aquaculture in the 21st Century: Proceedings from the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Rio de Janeiro, Brazil.
46. Rakocy, J.E. (1999). Aquaculture engineering: The status of aquaponics, Part 1. *Aquacult. Mag.* 25: 83–88.
47. Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, K.A., Cole, W.M. (1997). Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. 4th Intl. Symp. on Tilapia in Aquacult. 1:357–372.
48. Ross, D., Tefteau, K.M. (2006). <http://www.agnr.umd.edu/MCE/publications>.
49. SCIS (2005). SCIS- Soilless Culture Information System, <http://www.fao.org>
50. Sikawa Daniel C., (2010). The hydroponic production of lettuce ( *Lactuca sativa* L) by using hybrid catfish ( *Clarias macrocephalus* × *C. gariepinus*) pond water: Potentials and constraints. Aquaculture and Aquatic Resources Management Field of Study, School of Environment, Resource and Development, Asian Institute of Technology, , Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand

51. Sneed K., Allen K., Ellis J. (1975). Fish farming and hydroponics. *Aquaculture and the Fish Farmers* 2, 18–20.
52. Tesi, R. (2002). *Colture fuori suolo in orticoltura e floricultura*. Bologna, Edagricole, 122.
53. Tidwell J. H. (2012). *Aquaculture Production Systems*. Wiley-Blackwell, Oxford
54. Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton F. W., Sumerfelt S. T., Vinci B. J. (2002). *Recirculating aquaculture systems*, 2nd Edition. Northeastern Aquaculture Center Publ. No. 01-002. Cayuga Aqua Ventures.
55. Tyson, R. V., Simonne, E. H., White, J. M., & Lamb, E. M. (2004). Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: The pH levels. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 117(79):79–83.
56. Thompson H.C., Langhans R.W., Both A.J., Albright L.D. (1998). Shoot and root temperature effects on lettuce growth in a floating hydroponic system. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(3): 361-364.
57. Toth N., Borošić J., Fabek S., Benko B., Novak B. (2008). Leafy vegetables grown in floating system. *Book of abstracts of 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture*: 132.
58. Toth N., Fabek S., Benko, B., Šegon P., Žutić I., Stubljar S. (2012). Utjecaj sorte i hranjive otopine na prinos salate u plutajućem hidroponu. *Zbornik radova 47. hrvatskog i 7. međunarodnog simpozija agronoma., Opatija*. 432-436
59. Turkmen G., Guner, Y. (2010). *Aquaponic (Integrating Fish and Plant Culture) Systems*, International Symposium on Sustainable Development, Science Book, 657-666.
60. Vrhovec, R., (2014). Utjecaj sorte i sklopa na prinos salate glavatice u plutajućem hidroponu. *Diplomski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*.
61. Wilson G. (2005). Australian barramundi farm goes aquaponic, *Aquaponics Journal*, 37(2005), 12–16
- Bernstein, S. (2011). *Aquaponic Gardening: A step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.
62. Žnidarčič D., Kacjan-Maršić N. (2008). Corn salad (*Valerianella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. *Acta Agric. Slov.* 91(1): 59-66.
63. Yamamoto, J., Brock, A., (2013). *A Comparison of the Effectiveness of Aquaponic Gardening to Traditional Gardening Growth Method* By: Jason Yamamoto and

Austin Brock - <http://www.usc.edu/org/quikscience/Projects/2013/HS/Kamehameha-RP.pdf> - Pristupljeno 11.09.2016.

64. <http://kanat.jsc.vsc.edu/student/grzyb/main.htm> - Pristupljeno 29.08.2016.

65. <http://www.articlesphere.com/Article/Hydroponics-in-Commercial-Food-Production/149113> - Pristupljeno 9.9.2016

66. [http://www.just4growers.com/stream/hydroponic-growing-techniques/nutrient-solution-management-tips-for-growing-lettuce-using-nutrient-film-technique-\(nft\).aspx](http://www.just4growers.com/stream/hydroponic-growing-techniques/nutrient-solution-management-tips-for-growing-lettuce-using-nutrient-film-technique-(nft).aspx) - Pristupljeno 27.09.2016.


67. <http://maximumyield.com/blog/2013/08/01/starting-up-cycling-an-aquaponics-system-part-1/> - Pristupljeno 27.09.2016.



## 7. ŽIVOTOPIS

---

**OSOBNI PODACI**      **Petar Spevec**

 +385 919413557

 petar.spevec@hotmail.com

- 2013.**                      Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet:  
Diplomski studij Agroekologija – usmjerenje Mikrobna biotehnologija u poljoprivredi
- 2012.**                      Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet:  
Diplomski studij Hortikultura – usmjerenje Povrćarstvo
- 2009. – 2012.**              Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet:  
Preddiplomski studij Hortikultura
- 2005. – 2009.**              Poljoprivredni tehničar-opći  
Srednja škola Bedekovčina  
Poljoprivredno učilište

### PRAKSA I OSPOSOBLJAVANJE

**2010. – 2014.**              „ZEA“, Poljoprivredna proizvodnja i usluge, Vladimira Nazora, Zlatar

**lipanj, 2014. – listopad, 2014.**                      Zavod za povrćarstvo, Agronomski fakultet, Sveučilište u

**16.9.2013. – 27.9.2013.** Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine from Timisoara, Romania. CASEE International Summer School

**kolovoz, 2011. – listopad 2012.** Zavod za vinogradarstvo i vinarstvo, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu – ampelografska grupa

## JEZIK, KOMUNIKACIJSKE I RAČUNALNE VJEŠTINE

**Materinski jezik** Hrvatski

**Drugi jezik/jezici**

	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski	C1	B2	B2	B1	B1
Njemački	B2	B1	A2	A2	B1

**Računalne vještine** MS Office

**Komunikacijske vještine** Održavanje seminara u okviru studija, seminari o primjeni narodnih nošnji na folklornoj sceni, sudjelovanje na hrvatskoj školi folkloru u siječnju 2012. Komunikacijske i organizacijske vještine razvijene tijekom rada prakse na matičnom fakultetu i

---

inozemnim institucijama.

**Ostale vještine**

Uzgoj i briga o kolekciji orhideja, folklor, sviranje hrvatskih tradicijskih instrumenata, akvaristika, , aranžiranje cvijeća za razne prigode

**PRIZNANJA I NAGRADE**

osvojeno 3. mjesto na državnom natjecanju poljoprivrednih srednjih škola (2009)

Sudjelovanje na 50. Hrvatskom i 10. međunarodnom simpoziju agronoma, Opatija 2015.

Oral presentation : The effect of nutrient solution on mineral content of radicchio and lettuce in floating aquapon

Oral presentation : Growth dynamics and yield of radicchio and lettuce as affected by abiotic factors in floating aquapon

16. – 20. Veljače 2015.

---