

Uzgoj špinata (*Spinacia oleracea* L.) u plutajućem akvaponu

Vavra, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:193473>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dario Vavra

Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Uzgoj špinata (*Spinacia oleracea* L.) u plutajućem akvaponu

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dario Vavra

Sveučilišni preddiplomski studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Uzgoj špinata (*Spinacia oleracea* L.) u plutajućem akvaponu

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. dr.sc. Boris Ravnjak, mentor
2. izv.prof.dr.sc. Miro Stošić, član
3. prof.dr.sc. Tomislav Vinković, član

Osijek, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikultura

Završni rad

Dario Vavra

Uzgoj špinata (*Spinacia oleracea* L.) u plutajućem akvaponu

Sažetak:

Hydroponic i akvaponski sustavi predstavljaju načine uzgoja biljaka u vodi koja je obogaćena hranjivim tvarima. Istraživanje koje je trajalo od 27. ožujka do 31. svibnja 2023. godine provedeno je u zatvorenom prostoru na prizemlju zgrade Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Glavni cilj istraživanja bio je utvrditi morfološke razlike kod špinata (*Spinacia oleracea* L.) uzgajanog u plutajućem akvaponskom sustavu u usporedbi s hidroponskim sustavom. Analizirani su broj i dužina listova, duljina korijena, svježja i suha masa listova i korijena te ukupni prinos špinata. Rezultati istraživanja pokazali su razlike u morfološkim karakteristikama špinata uzgojene u različitim sustavima. Dobiveni rezultati ukazuju na to da su vrijednosti ispitivanih parametara uglavnom veće u hidroponskom uzgoju u usporedbi s akvaponskim sustavom. Stoga, možemo zaključiti da se u ovom istraživanju za uzgoj špinata boljim pokazao hidroponski sustav u usporedbi s akvaponskim sustavom u kojem su biljke imale manje vrijednosti morfoloških pokazatelja rasta i razvoja te u konačnici imale manji prinos.

Ključne riječi: Hidropon, akvapon, špinat

23 stranice, 3 tablice, 4 grafikona, 14 slika, 35 literaturna navoda

Završni rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

Bsc Thesis

Dario Vavra

Growing spinach (*Spinacia oleracea* L.) in floating aquapon

Summary:

Hydroponic and aquaponic systems are ways of growing plants in water that is enriched with nutrients. The research, which lasted from March 27 to May 31, 2023, was conducted indoors on the ground floor of the building of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek. The main goal of the research was to determine the morphological differences in spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in a floating aquaponic system compared to a hydroponic system. The number and length of leaves, length of roots, fresh and dry mass of leaves and roots and the total yield of spinach were analyzed. The research results showed differences in the morphological characteristics of spinach grown in different systems. The obtained results indicate that the values of all examined parameters are generally higher in hydroponic cultivation compared to the aquaponic system. Therefore, we can conclude that in this study, the hydroponic system performed better for growing spinach compared to the aquaponic system in which the plants had lower values of the morphological indicators of growth and development and ultimately had a lower yield.

Key words: Hydroponic, aquaponic, spinach

23 pages, 3 table, 18 figures, 35 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Hidroponski način uzgoja biljaka	2
1.1.1. Nutrient film technique (NFT)	2
1.1.2. Deep flow technique (DFT)	3
1.1.3. Deep water culture (DWC)	3
1.1.4. Prednosti hidroponskog uzgoja	3
1.1.5. Nedostaci hidroponskog uzgoja	4
1.2. Akvaponski način uzgoj.....	4
1.2.1. Prednosti i nedostaci akvaponskog sustava.....	5
1.3. Špinat (<i>Spinacia oleracea</i> L.)	6
1.3.1. Morfološka i biološka svojstva	6
1.3.2. Uzgoj špinata.....	6
1.3.3. Bolesti špinata	7
1.3.4. Štetnici špinata	8
2. MATERIJALI I METODE.....	11
2.1. Materijali i opis pokusa.....	11
2.2. Akvaponski sustav	11
2.3. Hidroponski sustav.....	13
2.4. Analize vegetativnih pokazatelja razvoja biljaka	14
2.5. Statistička obrada podataka.....	14
3. REZULTATI I RASPRAVA	15
3.1. Broj i dužina listova, i dužina korijena	15
3.2. Suha masa lista i korijena	16
3.3. Svježna masa lista i korijena.....	17
3.4. Prinos špinata	18
4. ZAKLJUČAK	20
5. POPIS LITERATURE	21

1. UVOD

Akvakultura i tradicionalno bavljenje poljoprivredom imaju zajednički problem sa velikim potrebama za vodom. Navodnjavanje polja i česte izmjene vode u akvakulturi dovode do velikih gubitaka vode u poljoprivredi (Wei i sur., 2019.). Akvaponi predstavljaju spoj hidropona i akvakulture, gdje vodene životinje stvaraju produkte metabolizma koje biljke koriste kao hranjive tvari za rast. Biljke svojim rastom iz vode izdvajaju tvari iz vode te ju tako čiste i smanjuju potrebu za izmjenom vode (Love i sur., 2014.). Ribe stvaraju amonijak, koje bakterije pretvaraju u nitrite te iz nitrita u nitrate. Dok su amonijak i nitriti toksični za ribe, nitrati su poželjni za rast biljaka (Rakocy i sur., 2006.). Iz tog razloga akvaponi zahtijevaju vrstu biofiltera, koji služi kao prostor na kojem žive bakterije (Junge i sur., 2017.). Hidroponski način uzgoja uz svoje mnoge prednosti ima i svoje nedostatke, poput ovisnosti o mineralnim gnojivima. To ga također čini jednostavnijim i učinkovitijim uzgojem od akvaponskog, iako je akvaponski ekološki prihvatljiviji. Sve načine uzgoja koji postoje u hidroponskom i aeroponskom načinu uzgoja, mogu se također provoditi i u akvaponskom načinu uzgoja (Sharma i sur., 2018.). U hidroponskom načinu uzgoja najbolja pH vrijednost otopine je između 5.8 i 6.2. Dok su te vrijednosti najidealnije za biljke, u akvaponskom sustavu one su manje idealne za ribe i bakterije. Optimalna pH vrijednost za nitrificirajuće bakterije je između 7.0 i 9.0, s tim da su više vrijednosti pogodnije. Esencijalni elementi poput željeza, mangana, bakra, cinka i bora su manje pristupačni biljkama u otopinama sa pH većim od 7.0. Zbog ovih činjenica akvaponski sustav može biti kompliciran i problematičan, jer zahtjeva održavanje hranjive otopine blizu pH 7.0, što nije idealno ni za jednu vrstu organizama u sustavu (Rakocy i sur., 2006.).

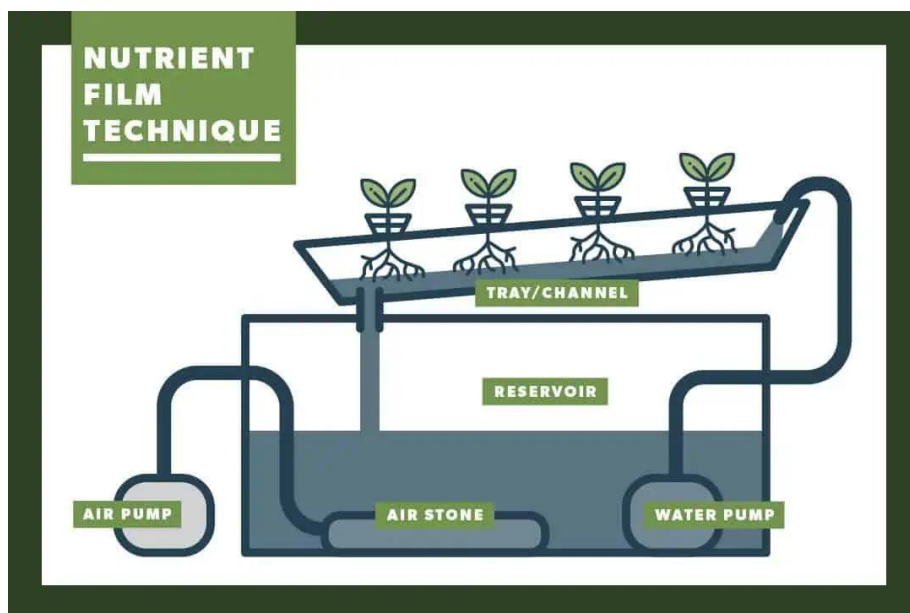
Radi boljeg razumijevanja cijelog sustava, na fakultetu Agrobiotehničkih znanosti u Osijeku tijekom proljetnog razdoblja 2023. godine, provedeno je istraživanje proizvodnje špinata u plutajućem akvaponu. Cilj istraživanja bio je usporediti uzgoj, morfološka svojstva te prinos špinata u akvaponskom i hidroponskom sustavu.

1.1. Hidroponski način uzgoja biljaka

Hidroponski način uzgoja je uzgoj biljaka bez prisustva tla. U ovom načinu uzgoja biljke do potrebnih hranjivih tvari dolaze preko hranjive vodene otopine. Ovakav način uzgoja se uglavnom izvodi u zaštićenom prostoru. Za ovakav način uzgoja često se koristi kamena vuna, perlit, šljunka ili neka drugi inertni medij (Sardare i Admane, 2013.). Postoji više načina na koji se hidroponski uzgoj može provodit.

1.1.1. Nutrient film technique (NFT)

NFT je vrsta hidroponskog uzgoja gdje su biljke izložene tankom sloju hranjivih tvari (Slika 1.). Korijenje nije potpuno uronjeno u otopini, nego je samo dio. Za ovakav način uzgoja su potrebni vodena pumpa i aerator. Ovo je cirkulirajuća metoda. Prednost ove metode su manji zahtjevi za vodom (Mohammed i Sookoo, 2016.)

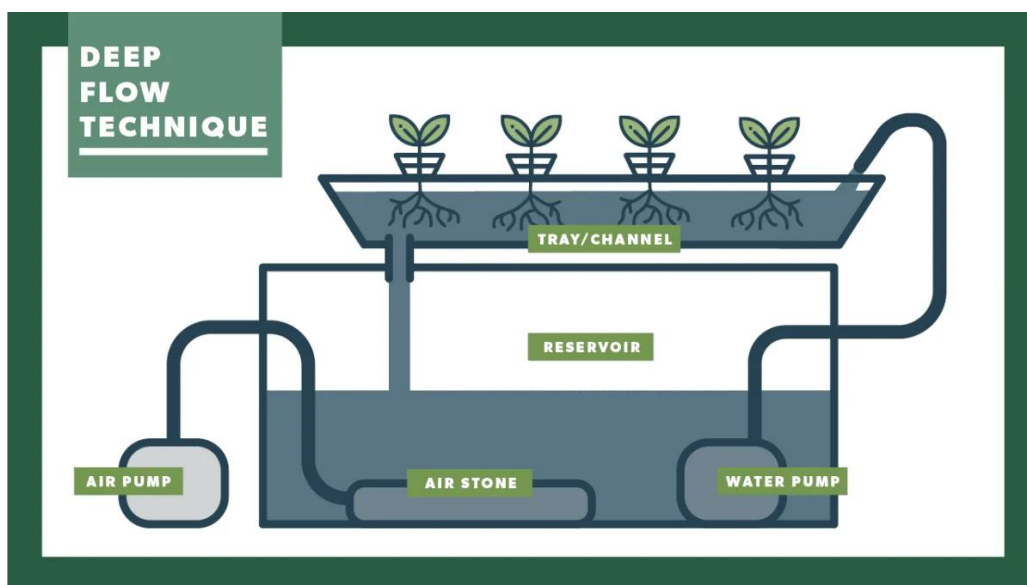


Slika 1. NFT Sustav

Izvor: <https://puregreensaz.com/nutrient-film-technique/>

1.1.2. Deep flow technique (DFT)

DFT je vrsta hidroponskog uzgoja gdje je korijenje biljaka potpuno uronjeno u hranjivu otopinu (Slika 2.). Ovaj način također zahtjeva aerator i vodenu pumpu i također je cirkulirajuća metoda. Ovaj način je najbolji s biljkama kratkog životnog vijeka (Hu i sur., 2008.).



Slika 2. DFT Sustav

Izvor: <https://puregreensaz.com/deep-flow-technique-dft/>

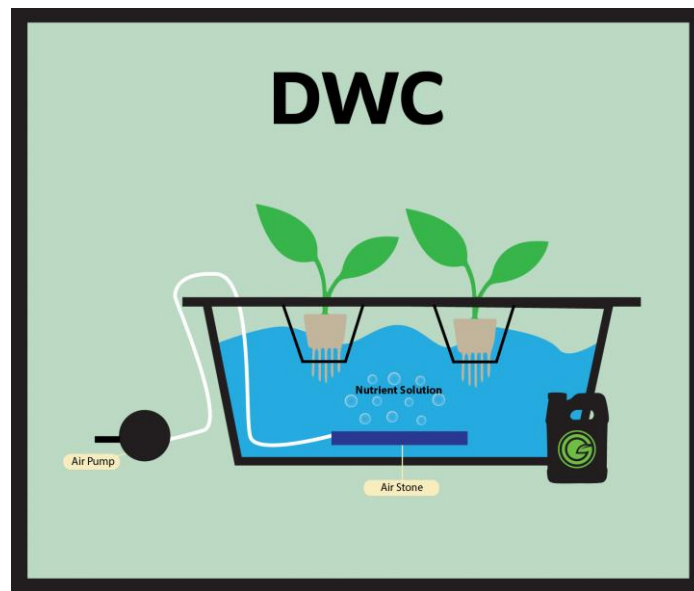
1.1.3. Deep water culture (DWC)

DWC je način uzgoja u hidroponu gdje je korijenje biljaka potpuno uronjeno u hranjivu otopinu (Slika 3.). Ovo je necirkulirajuća metoda te se sve odvija u istom bazenu. Za ovu tehniku je potreban aerator (Saaid i sur., 2013.).

1.1.4. Prednosti hidroponskog uzgoja

Hidroponski način uzgoja zahtjeva znatno manju količinu vode od ostalih načina uzgoja, što ga čini puno prihvatljivijim za okoliš. Sva gnojiva koja se koriste u hidroponskom uzgoju ostaju puno bolje iskorištena, jer ne dolazi do gubitaka kao na polju. Biljka tako dobiva sve potrebne nutrijente i uvjete za brz i zdrav rast. Prostor s hidroponskim načinom uzgoja se može učinkovitije iskoristiti, uz pomoć vertikalnog načina uzgoja te se tako ostvaruje veća

ekonomičnost na manjem prostoru. Rizik od štetnika i bolesti koje se prenose tlo je znatno manji te se time smanjuje i potreba za pesticidima i herbicidima, što ujedno omogućava lakši organski način uzgoja. Hidroponski sustavi često zahtijevaju manju radnu snagu i imaju veliku mogućnost automatizacije (Sardare i Admane, 2013.).



Slika 3. DWC Sustav

Izvor: <https://greenplanetnutrients.com/blog/all/tips-on-growing-in-deep-water-culture/>

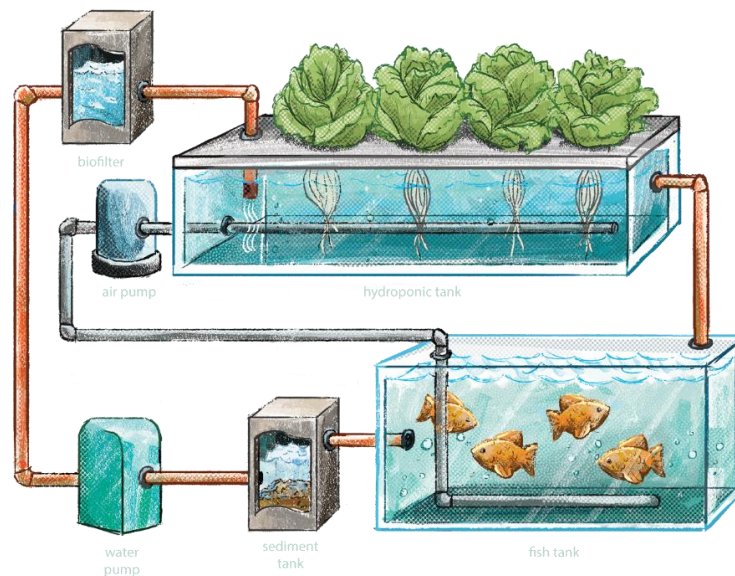
1.1.5. Nedostaci hidroponskog uzgoja

Hidroponski sustav sastoji od brojnih komponenti poput bazena, pumpe, aeratora, plitica i slično. Zato su početni troškovi ovakvog sustava veliki. Ovakav sustav za razliku od drugih je složen i kompliciran, i zahtjeva veliko razumijevanje sustava, hranjivih tvari i biologiju biljaka. Kako većina načina hidroponskog sustava koristi aeratore i pumpe, tako i ovakav način uzgoja zahtjeva dostupnost električne energije i time povećava troškove uzgoja. Zbog istog razloga je cijeli sustav ranjiv na kvarove i nestanke struje. Hranjiva otopina nakon uzgoja je često problematična za zbrinjavanje te može prouzročiti ekološke probleme (Bogović, 2011.).

1.2. Akvaponski način uzgoj

Akvaponski način uzgoja je spoj akvakulture i hidroponskog načina uzgoja. Većina stvari koje vrijede za hidroponski način, vrijede i za akvaponski. Razlika je u načinu na koji

biljke dobivaju hranjive tvari (Slika 4.). Akvaponski sustav zahtjeva biološku filtraciju, koja će nusprodukte ribljeg (ili nekog drugog organizma) metabolizma pretvoriti u hranjive tvari dostupne biljkama (Atique i sur., 2022.).



Slika 4. Crtež akvaponskog sustava

Izvor: https://earth.org/data_visualization/aquaponics-a-solution-to-food-insecurity/

1.2.1. Prednosti i nedostaci akvaponskog sustava

Akvaponski način uzgoja je ekološki bolji od hidroponskog, jer ne zahtjeva korištenje umjetnih gnojiva. Također, uz uzgoja biljaka omogućen je i uzgoj riba (Diver, 2006.). Akvaponski sustav zahtjeva još veće početno ulaganje od hidroponskog. Razlog tomu je dodatna oprema za filtraciju vode. Kako se u sustavu koriste živi organizmi, tako je cijeli sustav ograničen na korištenje bilo kakvih sredstva za zaštitu bilja koja bi mogla naštetiti drugim organizmima u sustavu. Time je i mogućnost obrane biljaka od štetnika manja, a rizik za neuspjeh uzgoja veći. Sustav je također i kompliciraniji i zahtjeva razumijevanje o ribama, kruženju dušika, kemiji vode i filtraciji. Alge također predstavljaju problem koje svojom pojavom mogu zagaditi cijeli sustav (Goddek i sur., 2015.).

1.3. Špinat (*Spinacia oleracea* L.)

1.3.1. Morfološka i biološka svojstva špinata

Špinat je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice lobodnjača (*Chenopodiaceae*). Tvori niski grmić i lisnu rozetu (Slika 5.). Ovisno o vrsti, ima tamnozeleno listove koji mogu biti glatki ili nazubljeni. Boja ovisi o vrsti i vremenu sjetve. Listovi mogu izrasti do 20 centimetara. Razlikuju se jestivi listovi i listovi stabljike koji nisu jestivi. Vrste sa nazubljenim sjemenom su starije, otpornije i imaju brži cvat, za razliku od vrsta sa glatkim sjemenom, koje se danas većinom koriste (Ribera i sur., 2020.).



Slika 5. Špinat (*Spinacia oleracea* L.)

Izvor: <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/jesenski-spinat>

1.3.2. Uzgoj špinata

Špinat je osjetljiv na kiselost tla nižu od pH 6. Uzgaja se u plodoredu na površini na kojoj prethodno nisu uzgajani blitva, cikla ili šećerna repa. Mahunarke ostavljaju u tlu značajne količine dušika te ih treba izbjegavati. Špinat se brzo razvija, te je nakon proljetne sjetve spreman za berbu nakon 40 - 55 dana od nicanja. Berba se obavlja kad nema rose, po suhom vremenu, za vrijeme umjerenih temperatura (Matotan, 2004.).

1.3.3. Bolesti špinata

Plamenjača (*Peronospora farinosa f. sp. spinaciae*)

Plamenjača je vrsta gljivice koja napada listove špinata. Prepoznaje se po žutim pjegama na gornjem dijelu lista (Slika 6.), te pojavi sivoljubičaste prevlake na donjem dijelu. Razvije se u hladnoj i vlažnoj okolini. Listovi se s vremenom osuše i smežuraju. Spore ostaju na otpalom lišću ili zemlji. Biljke se tretiraju fungicidom (Feng i sur., 2014.).



Slika 6. Plamenjača na listovima špinata

Izvor: <https://www.agro.basf.hr/hr>

Antraknoza (*Colletotrichum dematium f.sp. spinaciae*)

Gljivična bolest koja se pojavljuje tijekom kišnog vremena. Najčešće se prenosi zaraženim sjemenom. Prepoznaju se po tamnim pjegama (Slika 7.) koje isušuju lišće. Na toploj temperaturi se brzo širi (Uysal i Kurt, 2017.).



Slika 7. Antraknoza na špinatu simptomi

Izvor: <http://mtvernon.wsu.edu/path>

Pepelnica (*Leveillula taurica*)

Simptomi zaraze ovom gljivom su pojava svjetlo zelenih kloroza koje su nepravilnog oblika na listovima (Slika 8.) . Dolazi do truljenja i sušenja biljke (Koike i sur., 2015.).



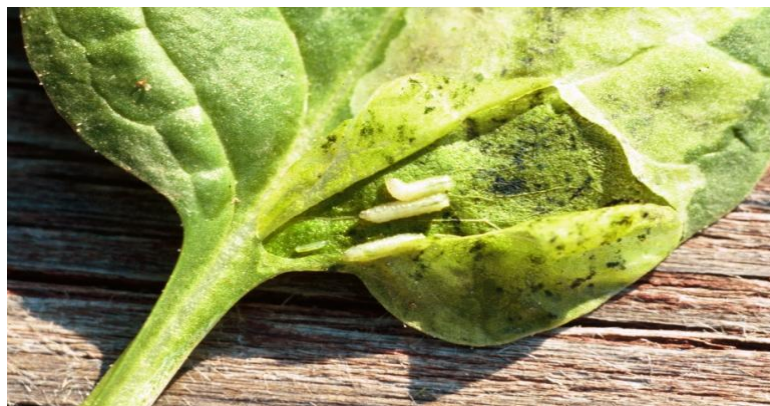
Slika 8. Pepelnica na špinatu simptomi

Izvor: <https://www.cropscience.bayer.co.nz>

1.3.4. Štetnici špinata

Repina muha (*Pegomya hyoscyami*)

Simptomi štetnika prepoznaju se po mjehurastim nakupinama u kojima se skrivaju ličinke. Aktivni su za vrijeme velike vlažnosti. Ličinke uništavaju list (Slika 9.) te se nakon što biljka uvene premjeste na drugu biljku (Muška i sur., 2020.).



Slika 9. Ličinke repine muhe na listu špinata

Izvor: <https://bugwoodcloud.org/images/768x512/1455027.jpg>

Grinje (*Rhizoglyphus* sp.)

Pojavljaju se u vlažnim područjima i humusnim tlima. Ostavlja jaja po lišću. Iz jaja se razvijaju ličinke koje se hrane listovima (Slika 10.), a odrasla jedinka se hrani cijelom biljkom. Sprječava se insekticidima dok je biljka još mlada (Diaz i sur., 2000.).



Slika 10. Grinje na listu špinata

Izvor: <https://pestsdiseases.com/wp-content/uploads>

Lisne uši

Česti štetnici na špinatu. Pojavljaju se na naličju lista i hrane se sokovima. Brzo se razmnožavaju i prijenosnici su virusa. Simptomi na biljci su pojava crnih nakupina na naličju ili po stabljici. Listovi žute i deformiraju se (Slika 11.). Sprječavaju se insekticidima (McLeod i sur., 1998.). Na slici 12. vidljiv je napad lisnih ušiju u našem istraživanju koji je negativno utjecao na rast i razvoj te u konačnici prinos špinata.



Slika 11. Lisne uši na listu špinata

Izvor: <https://farm6.static.flickr.com/5>



Slika 12. Lisne uši na listu špinata u pokusu

Izvor: Original

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Materijali i opis pokusa

Istraživanje je provedeno od 27. ožujka do 31. svibnja 2023. godine u zatvorenom prostoru u prizemlju zgrade Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Kao materijal u pokusu korišteno je sjeme špinata (Rembour F1, Bejo Zaden, Nizozemska) koje je posijano u polistirenske kontejnere sa 40 sjetvenih mjesta. U svako sjetveno mjesto je posijano po tri sjemenke. Nakon nicanja obavljeno je prorjeđivanje odstranjivanjem viška tako da u svakom mjestu ostanu po dvije biljke. Prorjeđivanjem je ostalo ukupno 160 biljaka u 2 kontejnera. Polistirenski kontejneri su ranije napunjeni komercijalnim supstratom (Klassmann® Potgrond P) i vermikulitom u volumnom omjeru 1:4. Kontejneri s biljkama su nakon pojave četiri do pet listića premješteni u hidroponske i akvaponske bazene (Slika 13.). Zbog manjka svjetlosti, korištena je LED rasvjeta od 18W sa 3 rasvjetna tijela iznad svakog bazena. Svijetla su radila konstantno (24 sata).



Slika 13. Hidroponski bazen sa špinatom i rukolom

Izvor: Original

2.2. Akvaponski sustav

Za akvaponski sustav je korištena metoda plutajućeg hidropona. Sustav se sastojao od 2 bazena i 2 kante koje su pretvorene u filtere. Bazeni su dimenzija 80 x 120 x 30 cm. Jedan

bazen je služio za držanje riba, a drugi za rast biljaka. Kante su promjera 28 cm i visine 27 cm (16 L). Prva se koristila kao RFS (Radial flow settler), a druga kao biološki i mehanički filter (Slika 14.). Za kruženje vode korištena je pumpa (JQL - 1000), koja je vodu iz bazena sa ribama pumpala u prvu kantu. Prva kanta je u sebi imala 3D printani nastavak za povećanje površinskog usisavanja, a druga je imala plastični kalič promjer 9.5 cm koji je stajao na plastičnoj boci bez vrha i izbušenim dnom. U kaliču se nalazila vata od sintetičkih vlakana (Fluval filterwatte) koja je služila za mehaničku filtraciju, a u ostatku kante se nalazila cigla razbijena na manje komade u svrhu biološke filtracije. U bazenu sa ribama se nalazilo 5 jedinki crvenog karasa (*Carassius auratus* L.) koje su hranjene jednom dnevno hranom za koi šarane (Dajana pond sticks extra). Hranidbene vrijednosti hrane za koi šarane prikazane su u tablici 1. U akvaponskom sustavu je pH otopine tijekom istraživanja prosječno iznosio 8,1, dok je EC vrijednost prosječno iznosila 0,72 mS/cm što je 3 puta manje od EC vrijednosti u hidroponskom sustavu. Temperatura otopine u akvaponskom sustavu tijekom pokusa iznosila je prosječno 21.7 °C.



Slika 14. Akvaponski bazen sa mehaničkom i biološkom filtracijom

Izvor: Original

Tablica 1. Sastav hranjivih vrijednosti hrane za ribe

Analitički sastav	Postotak
Sirove bjelančevine	23 %
vlaga	9 %
sirov pepeo	4 %
sirova ulja i masti	3 %
sirova vlaknina	2,5 %
Sastav	Dodaci / kg
ekstrakt biljnih proteina	vitamin A 10000 IJ
školjke	vitamin D3 1000 IJ
žitarice	vitamin E 30 mg
ribe i riblje preradevine	vitamin C 35 mg

2.3. Hidroponski sustav

Za hidroponski sustav korištena je metoda plutajućeg hidropona, gdje je kontejner sa biljkama plutao u hranjivoj otopini. Korijen biljke je potpuno potopljen u hranjivoj otopini, koja je aerirana pumpom za zrak (Oase 37125 Aqua Oxy CWS 1000). Bazen je dimenzija 80 x 120 x 30cm te je visina hranjive otopine iznosila 20 cm (200 L hranjive otopine). Hranjiva otopina za plutajući hidropon sastavljena je prema Hoagland-ovoj recepturi, koja je umanjena za 50 % koncentracije svih esencijalnih elemenata kako se preporučuje u slučaju uzgoja lisnatog povrća. Soli korištene za sastavljanje bazne hranjive otopine su nabavljene od proizvođača Gram-mol d.o.o.(Hrvatska), TTT d.o.o. (Hrvatska) ili Haifa Chemicals (Haifa, Izrael). U tablici 2. je pregled prema Hoagland-ovoj recepturi za hranjivu otopinu upotrebljavanu tijekom istraživanja. EC i pH vrijednosti svakodnevno su mjerene. pH vrijednosti mjerene su pomoću prijenosnog pH-metra pH3310 (WTW®) te je prosječna vrijednost pH hranjivih otopina iznosila 6.6. Pomoću uređaja Eutech Cond 6+ (Thermo scientific®) mjerena je EC vrijednost hranjive otopine te je prosječna vrijednost iznosila 2,1 mS/cm. Temperatura otopine u hidroponskom sustavu tijekom pokusa iznosila je prosječno 21.6 °C.

Tablica 2. Recept za hranjivu otopinu korištenu tijekom vegetacijskog pokusa sa špinatom

Komponenta	Bazna otopina	ml po 1L hranjive otopine
Mikroelementi		
2M KNO ₃	202 g/L	1,25
2M Ca(NO ₃) ₂ x 4H ₂ O	236 g/0.5L	1,25
Fe EDDHA	15 g/L	0,75
2M MgSO ₄ x 7H ₂ O	493 g/L	0,5
1M NH ₄ NO ₃	80 g/L	0,5
Mikroelementi		
H ₃ BO ₃	2,86 g/L	0,5
MnCl ₂ x 4H ₂ O	1,81 g/L	0,5
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	0,22 g/L	0,5
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,051 g/L	0,5
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0,12 g/L	0,5
Fosfor u obliku fosfata		
1M KH ₂ PO ₄ (pH to 6.0)	136 g/L	0,25

2.4. Analize vegetativnih pokazatelja razvoja biljaka

Nakon što su biljke dospjele u fazu tehnološke zriobe (tzv. baby leaf), obavljeno je uzorkovanje nadzemnog (list) i podzemnog (korijen) dijela biljnog materijala. Berba špinata bila je jednokratna i provedena je 31. svibnja 2023. Zabilježena su morfološka svojstva (dužina, masa i broj listova i dužina i masa korijena). Svaka biljka je posebno mjerena i vagana te spakirana u papirnate vrećice sa pripadajućom oznakom. Nakon toga su papirnate vrećice stavljene u sušionik radi dobivanja i mjerenja suhe mase biljnog materijala.

2.5. Statistička obrada podataka

Analizom varijance (ANOVA) podataka svih ispitivanih svojstava obrađena je statistička obrada podataka. Za statističku obradu podataka korišten je statistički paket SAS 9.4. (SAS Institute Inc, Cary, NC), a za usporedbu srednjih vrijednosti izračunate su najmanje značajne razlike LSD (engl. Least Significant Differences) za statističku značajnost $p < 0,05$ u skladu s Fisherovim testom. Značajna razlika između srednjih vrijednosti u svim tablicama obilježena je u skladu s Duncan-ovim slovnim označavanjem, gdje su srednje vrijednosti koje se međusobno ne razlikuju obilježene istim slovom.

3. REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 3. su rezultati uzgoja špinata u akvaponu i hidroponu. Mjerenja su izvršena u 4 ponavljanja. Za svako ponavljanje izdvojene su 4 biljke iz različitih sjetvenih mjesta.

Tablica 3. Broj listova po biljci, dužina korijena, svježa i suha masa lista i korijena špinata u akvaponu i hidroponu

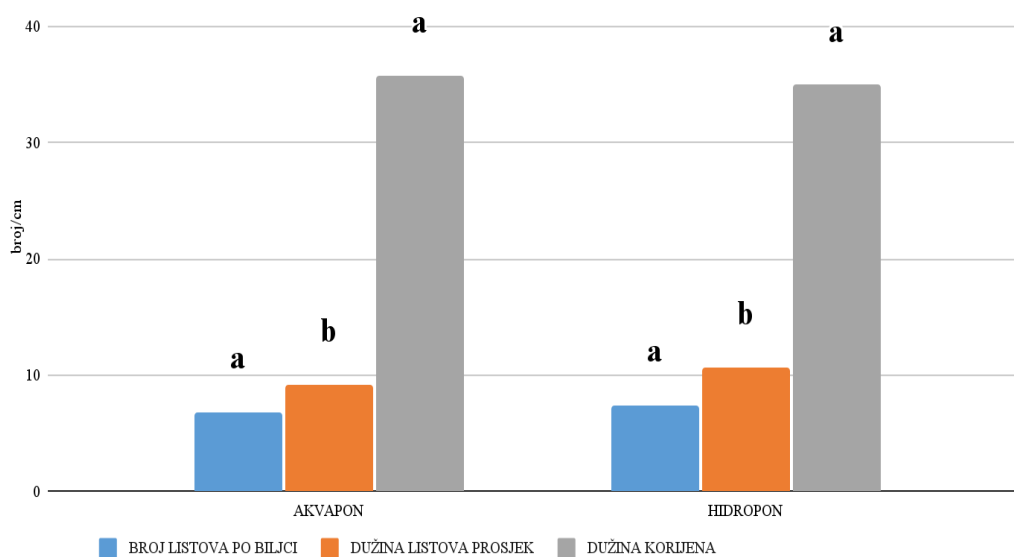
Tretman	Ponavljanja	Broj listova po biljci	Prosječna dužina korijena [cm]	Svježa masa listova po biljci [g]	Suha masa listova po biljci [g]	Suha masa korijena po biljci [g]
AKVAPON	I	6,30	35,75	2,39	0,15	0,02
	II	7,11	36,7	2,29	0,14	0,03
	III	7,17	35	2,48	0,17	0,02
	IV	6,89	35,5	1,66	0,16	0,01
HIDROPON	I	8,00	35,1	3,60	0,20	0,03
	II	6,00	35,5	2,69	0,15	0,01
	III	8,56	34,7	3,41	0,18	0,01
	IV	7,30	34,6	2,97	0,16	0,01

3.1. Broj i dužina listova, i dužina korijena

Prosječan broj listova po biljci u oba načina uzgoja iznosio je 7,16. Prosječno manji broj listova utvrđen je u akvaponskom sustavu te je iznosio 6,87, dok je u hidroponskom sustavu uzgoja broj listova po biljci prosječno iznosio 7,46. Međutim, nije utvrđena statistički značajna razlika u broju listova u ovisnosti o tipu uzgoja. U istraživanju Yang i Kim (2020.) ispitan utjecaj rasta i razvoja salate (*Lactuca sativa* L.), rajčice (*Solanum lycopersicum* L.) i bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) u hidroponskom i akvaponskom tipu uzgoja kao i u našem istraživanju. Utvrđenim rezultatima su utvrdili da su ispitivane biljke uzgojene u hidroponskom uzgoju imale veći broj listova u odnosu na biljke uzgojene u akvaponskom uzgoju kod svih ispitivanih vrsta, od kojih je kod bosiljka utvrđeno statistički značajno povećanje broja listova.

U istom istraživanju su utvrdili da biljke salate i bosiljka imaju duže listove u hidroponskom načinu uzgoju u usporedbi s akvaponskim uzgojem što je u korelaciji s našim istraživanjem gdje je prosječno veća dužina listova utvrđena je kod biljaka uzgajanih u hidroponskom uzgoju (10,64 cm) u usporedbi s akvaponskim sustavom uzgoja (9,18 cm).

Prosječna dužina korijena u akvaponskom sustavu iznosila je 35,75 cm, dok je u hidroponskom sustavu utvrđena manja dužina korijena koja je iznosila 34,97 cm, što ukazuje da način uzgoja nije značajno utjecao na dužinu korijena špinata (Grafikon 1.).

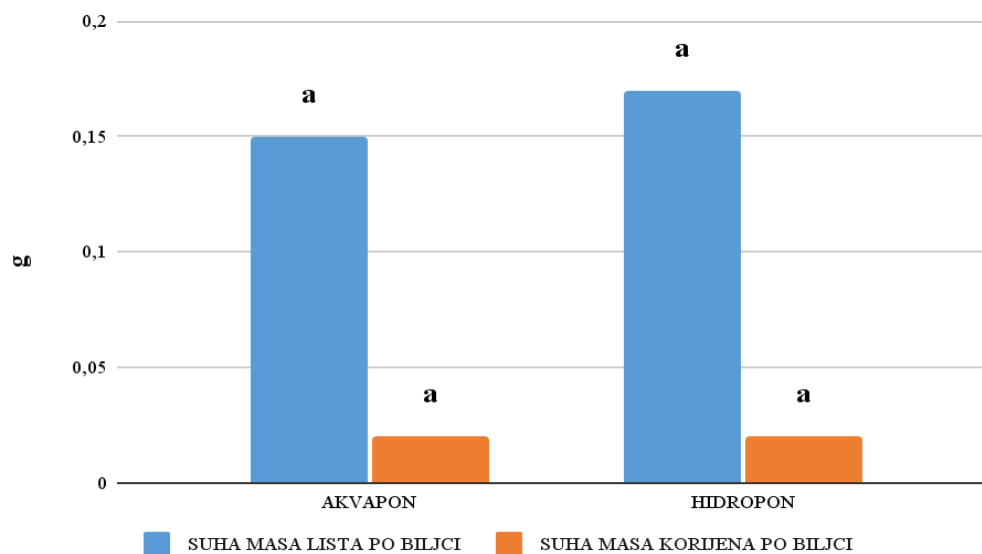


Grafikon 1. Utjecaj načina uzgoja špinata na broj listova, dužinu listova i dužinu korijena

3.2. Suha masa lista i korijena

Kod prosječne suhe mase lista po biljci nije utvrđena statistički značajna razlika u hidroponskom uzgoju u odnosu na akvaponski uzgoj. Prosječna suha masa lista po biljci u akvaponu iznosila je 0,15 g u usporedbi s hidroponskim uzgojem u kojemu je suha masa lista iznosila 0,17 g (Grafikon 2.). Suprotno našem istraživanju, Antique i sur. (2022.) su utvrdili veću suhu masu lista špinata (*Spinacia oleracea* L.) koji je bio uzgojen u akvaponskom uzgoju u usporedbi s špinatom uzgojenim u hidroponskom uzgoju.

Također, u istom istraživanju Antique i sur. (2022.) su utvrdili veću suhu masu korijena špinata kod biljaka uzgojenih u akvaponskom sustavu u usporedbi s hidroponskim sustavom. U našem istraživanju prosjek suhe mase korijena je i u akvaponskom i u hidroponskom načinu uzgoja iznosio 0,02 g (Grafikon 2.).

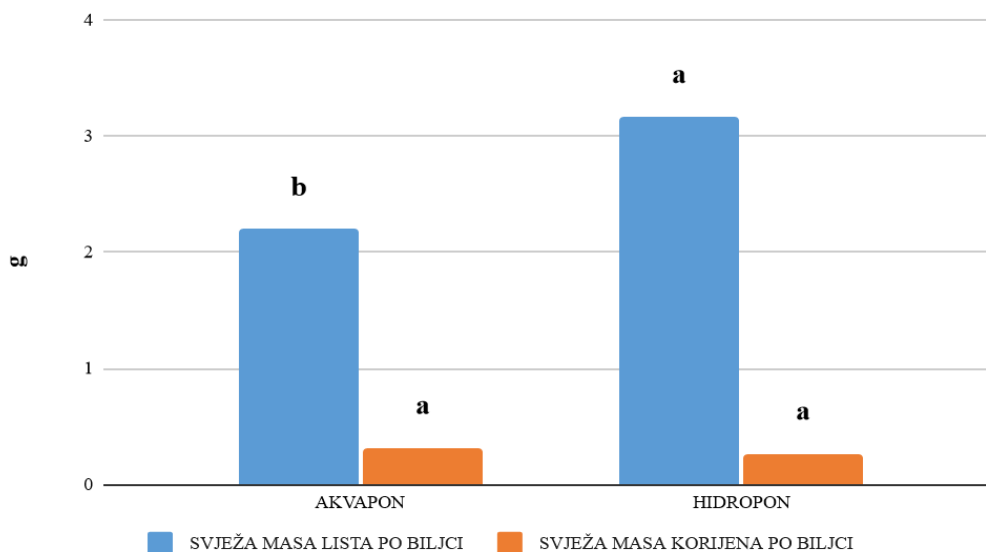


Grafikon 2. Utjecaj načina uzgoja špinata na suhu masu lista i korijena

3.3. Svježa masa lista i korijena

Prosječna svježa masa lista po biljci u akvaponu iznosila je 2,2 g, dok je u hidroponu utvrđena značajno veća svježa masa lista koja je iznosila 3,17 g (Grafikon 3.). Wang i sur. (2023.) su u svom istraživanju ispitali utjecaj rasta i razvoja blitve (*Beta vulgaris* L.), kelja (*Brassica oleracea* L.), gorušice (*Brassica juncea* L.), koriandra (*Coriandrum sativum* L.), zelene salate (*Lactuca sativa* L.) i rukole (*Eruca vesicaria* L.) u ovisnosti o uzgojnim obliku tj. hidrponskom i akvaponskom načinu uzgoja biljaka. Dobivenim rezultatima su utvrdili značajno veću svježu masu listova kod svih ispitivanih vrsta u hidroponskom načinu uzgoja u usporedbi s akvaponskim uzgojem biljaka što je u skladu s rezultatima našeg istraživanja (Grafikon 3.).

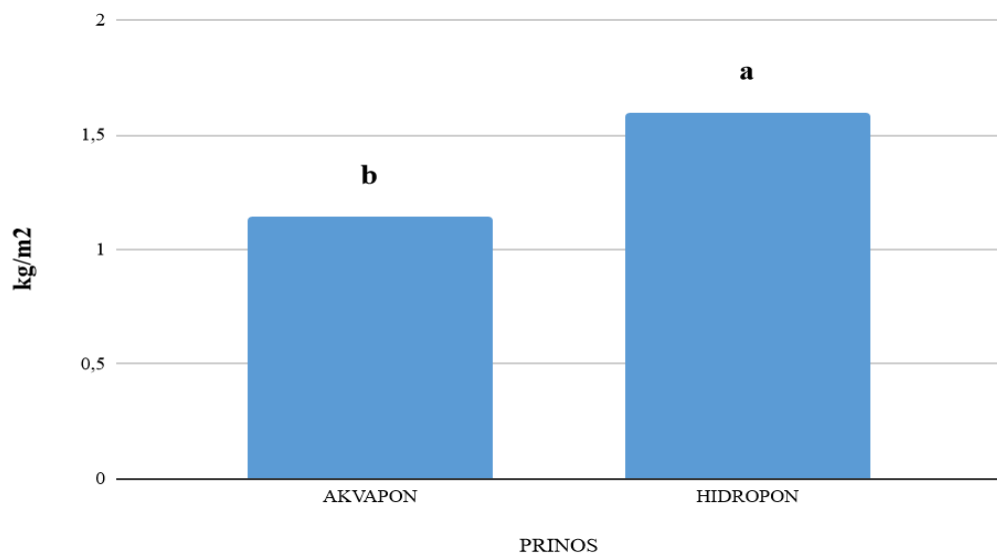
Prosjek svježe mase korijena u akvaponskom načinu uzgoja je iznosio 0,32 g, dok je manji prosjek svježe mase korijena utvrđen u hidroponskom načinu uzgoja koji je iznosio 0,27 g. Razlika u svježoj masi korijena između akvaponskog i hidroponskog nije statistički značajna.



Grafikon 3. Utjecaj načina uzgoja špinata na svježu masu lista i korijena

3.4. Prinos špinata

Provedeni pokus pokazuje značajne razlike u prinosu između akvapona i hidropona. Iznos prinosa je rezultat ukupne mase nadzemnog dijela biljke. Prinos špinata u akvaponskom načinu uzgoja je iznosio 1,14 kg/m², a u hidroponskom načinu uzgoja je značajno veći te je iznosio 1,60 kg/m². Prinos u hidroponskom načinu uzgoja je oko 40 % veći od prinosa u akvaponskom načinu uzgoju (Grafikon 4.). Sličan prinos špinata u hidroponskom načinu uzgoja utvrdili su i Bostanci i Ulger (2022.) u svom istraživanju gdje su zabilježili prinos od 1,45 kg/m². Lenzi i sur. (2011.) su u svom istraživanju u kojem su također uzgajali špinat u hidroponu utvrdili prinos od 1,6 do 2,6 kg/m². U našem istraživanju zbog velikog napada lisnih ušiju (Slika 12.) značajno je smanjen prinos te vrijednosti ispitivanih morfoloških pokazatelja. Jedan od velikih nedostataka akvaponskog sustava uzgoja je nemogućnost korištenja sredstava za zaštitu bilja jer se radi o suživotu riba i biljaka te bi primjena pesticida štetno djelovala na zdravlje riba. Stoga, biljke tijekom istraživanja nisu tretirane insekticidima.



Grafikon 4. Utjecaj načina uzgoja špinata na prinos

4. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata dobivenih istraživanjem uzgoja špinata (*Spinacia oleracea* L.) u hidroponskom i akvaponskom sustavu izvedeni su sljedeći zaključci:

1. Utvrđene su razlike u morfološkim pokazateljima rasta i razvoja špinata s obzirom na uzgojni oblik.
2. Uzgojni oblik nije značajno utjecao na broj listova, dužinu listova, dužinu korijena te suhu masu listova i korijena.
3. Kod biljaka špinata uzgojenih u akvaponskom uzgoju utvrđene su veće vrijednosti kod suhe i svježe masa korijena te dužine korijena, ali nije utvrđena statistički značajna razlika.
4. Svježa masa lista u hidroponskom uzgoju značajno je veća od svježe mase listova kod biljaka uzgajanih u akvaponskom uzgoju.
5. Prinos špinata je 40 % veći u hidroponskom nego u akvaponskom uzgojnom obliku.

5. POPIS LITERATURE

1. Atique, F., Lindholm-Lehto, P., Pirhonen, J. (2022.): Is Aquaponics Beneficial in Terms of Fish and Plant Growth and Water Quality in Comparison to Separate Recirculating Aquaculture and Hydroponic Systems? *Water* 14(9): 1447.
2. Bogović Mara (2011.): Hidroponski uzgoj povrtnih kulutra, *Glasnik zaštite bilja* 6/2011.
3. Bostanci, K.B., Ulger, S. (2022.): Comparison of spinach cultivation in floating hydroponic system and soil in glasshouse and open field conditions. *Mediterr Agric Sci*, 35(1): 7-14.
4. Díaz, A., Okabe, K., Eckenrode, C. J., Villani, M. G., Oconnor, B. M. (2000.): Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). *Experimental & applied acarology*, 24(2): 85–113.
5. Diver, S. (2006.): Aquaponics – Integration of Hydroponic with Aquaculture. ATTRA, IP 163,54.
6. Feng, C., Correll, J. C., Kammeijer, K. E., Koike, S. T. (2014.): Identification of New Races and Deviating Strains of the Spinach Downy Mildew Pathogen *Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*. *Plant disease*, 98(1): 145–152.
7. Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K.V., Jijakli, H., Thorarinsdottir, R. (2015.): Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*, 7, 4199-4224.
8. Hu H. M., Ao Y. S., Yang X. E., Li T. Q. (2008.): Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (*Ipomoea aquatica* Forsskal) in a deep flow technique system. *Agricultural Water Management*, Elsevier, 95(5): 607-615.
9. Junge, R., König, B., Villarroel, M., Komives, T., Jijakli, M.H. (2017.): Strategic Points in Aquaponics, 9, 182.
10. Koike S. T., Feng C., Correll J. C. (2015.): Powdery Mildew, Caused by *Leveillula taurica*, on Spinach in California, *Plant Disease* 99:4, 555-555.
11. Lenzi, A., Baldi, A., Tesi, R. (2011.): Growing spinach in a floating system with different volumes of aerated or non aerated nutrient solution, *Adv. Hort. Sci.*, 25(1): 21-25.
12. Love, D.C., Fry, J.P., Genello L., Hill, E.S., Frederick A.J., Li X., Semmens, K. (2014.): An International Survey of Aquaponics Practitioners. *PLoS ONE* 9(7): e102662.

13. Matotan, Z. (2004.): Sortiment i tehnologija proizvodnje rajčice, krastavca, salate i špinata, Glasnik zaštite bilja 4/2004.
14. Mcleod, P., Steinkraus, D.C., Correll, J.C., Morelock, T.E. (1998.): Prevalence of *Erynia neoaphidis* (Entomophthorales: Entomophthoraceae) Infections of Green Peach Aphid (Homoptera: Aphididae) on Spinach in the Arkansas River Valley. *Environmental Entomology*, 27, 796-800.
15. Mohammed, B., Rakesh, S.S. (2016.): Nutrient Film Technique for Commercial Production, *Agricultural Science Research Journal*, 6(11): 269 - 274
16. Muška, F., Rožnovský, J., Muška, M., Mušková, A., Šichan, Z. (2020.): Škodlivé výskyty květilky řepné na cukrové a krmné řepě na českém území – historický přehled do roku 2020, 139, 2, 60-69.
17. Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M. (2006.): *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems : Aquaponics — Integrating Fish and Plant Culture*.
18. Ribera, A., Bai, Y., Wolters, A. M. A., van Treuren, R., Kik, C. (2020.): A review on the genetic resources, domestication and breeding history of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Euphytica*, 216:(48).
19. Saaid, M.F., Yahya, N.A., Noor, M.Z., Ali, M.S. (2013.): A development of an automatic microcontroller system for Deep Water Culture (DWC). 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, 328-332.
20. Sardare, D., Matmta, A., Shraddha, V. (2013.): A Review on plant without soil - hydroponics ,2:3.
21. Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N. and Chaurasia, O.P. (2019.): Hydroponics as an Advanced Technique for Vegetable Production: An Overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17, 364-371
22. Uysal A., Kurt Ş. (2017.): Influence of inoculum density, temperature, wetness duration, and leaf age on infection and development of spinach anthracnose caused by the fungal pathogen *Colletotrichum spinaciae* . *Eur J Plant Pathol* 149: 1041–1052.
23. Wei, Y., Li, W., An, D., Li, D., Jiao, Y., Wei, Q. (2019.): Equipment and Intelligent Control System in Aquaponics: A Review. *IEEE Access*, 7, 169306-169326.
24. Yang T., Kim H.J. (2020.): Characterizing Nutrient Composition and Concentration in Tomato-, Basil-, and Lettuce-Based Aquaponic and Hydroponic Systems. *Water* 12, 1259.

Internet stranice:

1. <https://puregreensaz.com/nutrient-film-technique/> (01.08.2023.)
2. <https://puregreensaz.com/deep-flow-technique-dft> (05.08.2023.)
3. <https://greenplanetnutrients.com/blog/all/tips-on-growing-in-deep-water-culture/>
(05.08.2023.)
4. https://earth.org/data_visualization/aquaponics-a-solution-to-food-insecurity/
(05.08.2023.)
5. <https://www.agroklub.com/povrcarstvo/jesenski-spinat-je-socniji-i-daje-vece-prinose/35335/> (11.08.2023.)
6. <https://www.agro.basf.hr/hr> (11.08.2023.)
7. http://mtvernon.wsu.edu/path_team/Aug03Photos/Image14.jpg (11.08.2023.)
8. <https://www.cropscience.bayer.co.nz/pests/diseases/powdery-mildew---beet>
(13.08.2023.)
9. <https://bugwoodcloud.org/images/768x512/1455027.jpg> (23.08.2023.)
10. <https://pestsdiseases.com/wp-content/uploads> (23.08.2023.)
11. https://farm6.static.flickr.com/5100/5547164873_5c1c6b76f6.jpg (25.08.2023.)