

Uzgoj rukole (Eruca sativa Mill.) u plutajućem akvaponu

Tutić, Bruno

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:151:991179>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Bruno Tutić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Hortikultura

Uzgoj rukole (*Eruca sativa* Mill.) u plutajućem akvaponu

Završni rad

Osijek, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Bruno Tutić

Preddiplomski sveučilišni studij

Smjer Hortikultura

Uzgoj rukole (*Eruca sativa* Mill.) u plutajućem akvaponu

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

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

Osijek, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Završni rad

Bruno Tutić

Uzgoj rukole (*Eruca sativa* Mill.) u plutajućem akvaponu

Sažetak: Hidroponski sustavi su sustavi uzgoja biljaka u vodi u kojoj se nalaze otopljene soli biogenih elemenata. Akvaponski sustavi su zatvoreni sustavi proizvodnje koji povezuju akvakulturu (uzgoj vodenih organizama) i hidroponiku. Istraživanje je provedeno od 27. ožujka do 31. svibnja 2023. godine u zatvorenom prostoru u prizemlje zgrade Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Cilj istraživanja bio je utvrditi morfološke razlike rukole (*Eruca sativa* Mill.) u plutajućem akvaponu u odnosu na hidroponski sustav. Ispitivani su broj listova i dužina korijen, svježa i suha masa listova i korijena te prinos rukole. Statistički značajne razlike utvrđene su u morfološkim svojstvima rukole uzgajanih u različitim sustavima uzgoja. Dobivenim rezultatima utvrdili smo da su se uglavnom značajno veće vrijednosti svih ispitivanih pokazatelja zabilježene u hidroponskom uzgojnom obliku u odnosu na akvaponski sustav.

Ključne riječi: akvaponski sustav, *Eruca sativa* Mill, hidroponski sustav
26 stranica, 5 tablica, 14 slika, 4 grafikona, 31 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

Bruno Tutić

Growing arugula (*Eruca sativa* Mill.) in floating aquapon

Summary: Hydroponic systems are systems of growing plants in water containing dissolved salts of biogenic elements. Aquaponic systems are closed production systems that combine aquaculture (cultivation of aquatic organisms) and hydroponics. The research was conducted from March 27 to May 31, 2023 in a closed space on the ground floor of the building of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek. The aim of the research was to determine the morphological differences of arugula (*Eruca sativa* Mill.) in a floating aquaponic compared to a hydroponic system. The number of leaves and root length, fresh and dry mass of leaves and roots, and the yield of arugula were tested. Statistically significant differences were found in the morphological properties of hands grown in different breeding systems. Based on the obtained results, we determined that mostly significantly higher values of all tested indicators were recorded in the hydroponic cultivation form compared to the aquaponic system.

Key words: aquaponic system, *Eruca sativa* Mill., hydroponic system
26 pages, 5 table, 18 figures, 31 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. Rukola (<i>Eruca sativa Mill.</i>).....	2
1.1.1. Podrijetlo rukole	2
1.1.2. Morfološka i biološka svojstva rukole	2
1.1.3. Nutritivna vrijednost rukole.....	4
1.1.4. Sjetva i uzgoj rukole.....	5
1.1.5. Bolesti rukole.....	5
1.1.6. Štetnici rukole.....	7
1.2. Hidroponski sustav	9
1.2.1. Hidroponski uzgoj bez supstrata.....	10
1.2.2. Hidroponski uzgoj u supstratima.....	10
1.2.3. Plutajući hidroponski sustav („Floating Hydroponics“.....	11
1.2.4. Prednosti i nedostaci hidroponskog uzgoja	12
1.3. Akvaponski sustavi.....	13
1.3.1. Plutajući akvaponski sustav („Floating aquaponics“.....	13
1.3.2. Prednosti i nedostaci akvaponskog uzgoja	14
2. MATERIJALI I METODE.....	15
2.1. Materijali i opis pokusa	15
2.2. Hidroponski sustav	16
2.3. Akvaponski sustav	17
2.4. Analize vegetativnih pokazatelja razvoja biljaka	18
2.5. Statistička obrada podataka	18
3. REZULTATI I RASPRAVA.....	19
3.1. Broj listova i dužina korijena	19
3.2. Svježa masa lista i korijena	20
3.3. Suha masa lista i korijena	21
3.4. Prinos rukole.....	22
4. ZAKLJUČAK.....	24
5. POPIS LITERATURE.....	25

1. UVOD

Potreba za kontinuiranim razvojem alternativnih poljoprivrednih metoda uvijek je bila važna, posebno kao odgovor na brojne probleme s kojima se suočava konvencionalna poljoprivreda (Rajalakshmi i sur., 2022.).

Hidroponski i akvaponski sustavi su inovativne i održive metode uzgoja biljaka koje posljednjih godina stječu sve veću popularnost. Ovi vrhunski poljoprivredni sustavi predstavljaju odmak od tradicionalnog uzgoja temeljenog na tlu, nudeći brojne prednosti koje ih čine uvjerljivim i zanimljivijim izborom i za male hobiste i za velike komercijalne uzgajivače. I hidroponski i akvaponski sustavi imaju potencijal revolucionirati način na koji razmišljamo o poljoprivredi, nudeći rješenja za hitne izazove kao što su nedostatak vode, degradacija zemljišta i sigurnost hrane.

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi prednosti i nedostatke te praktične primjene hidroponskog i akvaponskog uzgoja rukule (*Eruca sativa* Mill.). Također, usporediti morfološke pokazatelje rasta i razvoja rukole u plutajućem akvaponu u odnosu na konvencionalni način uzgoja

1.1. Rukola (*Eruca sativa* Mill.)

1.1.1. Podrijetlo rukole

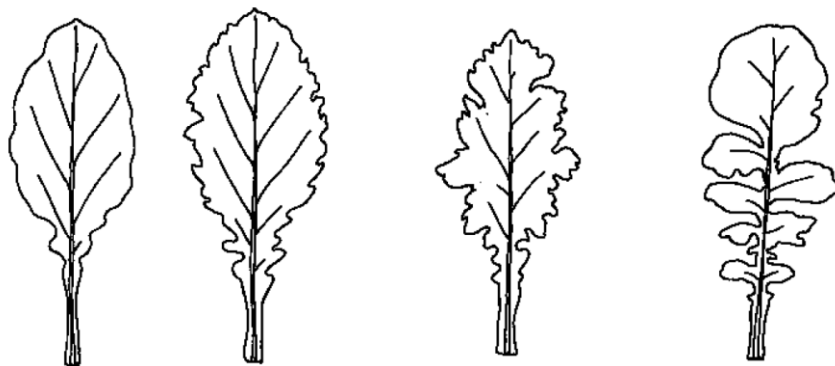
Rukola potječe iz Mediterana i zapadne Azije, gdje je i sada samonikla na pojedinim lokalitetima. Uzgajali su je i upotrebljavali još stari Rimljani, a i sada se najviše uzgaja u Italiji i ostalim mediteranskim zemljama (Lešić i sur., 2004.). U Sjevernu su je Ameriku donijeli doseljenici iz Italije, a posebno je popularna bila u Engleskoj u vrijeme kraljice Elizabete (Biggs i sur., 2005.).

1.1.2. Morfološka i biološka svojstva rukole

Rukola (*Eruca sativa* Mill.) je jednogodišnja ili dvogodišnja zeljasta biljka iz porodice kupusnjača (*Brassicaceae*). Poznata je još pod imenima rikula, riga ili rokula. Spada u grupu lisnatog povrća jer se za ishranu koristi list, mada se ponekad koristi i cvijet (www.velikakuhinja.com). U tablici 1. je prikazana taksonomija rukole.

Tablica 1. Taksonomija rukole (*Eruca sativa* Mill.) (<https://en.wikipedia.org>)

Carstvo	<i>Plantae</i>
Razred	<i>Magnoliopsida</i>
Red	<i>Brassicales</i>
Porodica	<i>Brassicaceae</i>
Rod	<i>Eruca</i>
Vrsta	<i>Eruca sativa</i> Mill.



Slika 1. Različiti oblici lista rukole

Izvor: Bianco i Pimpini, 2002.

Uzgaja se zbog lišća oštrog pikantnog okusa i bogatog vitaminima. Na skraćenoj stabljici u vegetativnoj fazi razvija rozetu lišća. Listovi su na kratkim peteljka, lirasti, više ili manje nazubljeni ili urezani (Slika 1.), a katkad slični rotkvici. Mogu biti do 20 cm dugi i 6 cm široki, s jače izraženom srednjom žilom (Lešić i sur., 2004.).



Slika 2. Cvijet rukole

Izvor: <https://www.tilo-botanica.eu>

Pri višim temperaturama i dugom danu rukola formira granatu cvjetnu stabljiku, koja na vrhovima nosi grozdaste cvatove. Cvjetovi su karakteristični za porodicu *Brassicaceae*, sastoje se od 4 latice, bijele ili svijetložute boje s ljubičastim žilicama na laticama (Slika 2.) Plod je komuška sa sitnim okruglim sjemenom apsolutne težine oko 2 g (Lešić i sur., 2004.).

Minimalna temperatura za klijanje je 10 °C pri kojoj do nicanja dolazi nakon 6 do 8 dana. Klijanje sjemena pri temperaturi od 25 °C nastupa nakon 24 sata u ljetnom periodu, a pri temperaturi od 10 do 15 °C klijanje se produžuje za 2 do 3 dana. Kljavost sjemena rukole iznosi oko 85 %, a smanjuje se za 15 do 20 % pri kasnijem roku sjetve (Padulosi i Pignone, 1997.). Optimalna temperatura za rast i razvoj rukole je od 22° do 24° tijekom dana te 16° do 18° tijekom noći (Toth i sur., 2012.).

1.1.3. Nutritivna vrijednost rukole

Energetska vrijednost rukole iznosi 25 kcal na 100 g svježih listova, dok je količina vode 91.71 g. U tablici 2. su prikazani ostali nutritivni sadržaji rukole.

Tablica 2. Nutritivne vrijednost na 100 g lista rukole (USDA, 2016.)

Hranjiva	Vrijednost	Mjerna jedinica
Energija	25.00	kcal
Voda	91.71	g
Bjelančevine	2.58	g
Masti	0.66	g
Ugljikohidrati	3.65	g
Šećeri	2.05	g
Kalcij, Ca	160.00	mg
Željezo, Fe	1.46	mg
Magnezij, Mg	47.00	mg
Fosfor, P	52.00	mg
Kalij, K	369.00	mg
Natrij, Na	27.00	mg
Cink, Zn	0.47	mg
Vitamin A	2373.00	IU
Vitamin C	15.00	mg
Vitamin K	108.6	µg

1.1.4. Sjetva i uzgoj rukole

Rukola se može sijati početkom proljeća pa sve do jeseni, a može i sukcesivno, svakih tjedan dana do listopada ako je na otvorenom, dok se u plasteniku uzgaja tijekom čitave godine. Stručnjaci kažu da najbolje uspijeva na lakim, pjeskovitim i srednje teškim zemljištima čija je obrada slična kao i za drugo lisnato povrće (www.agroklub.com). Tlo se prvo ore na dubinu od 20 centimetara, a zatim se usitnjava kako bi se mogla obaviti direktna sjetva sjemena. Prije sjetve tlo također treba pognojiti s oko 110 kg kalija, 70 kg dušika i 70 kg fosfora po hektaru. Sjeme rukole sije se u redove među kojima treba ostavljati 15 – 30 cm razmaka. S obzirom na to da se sjeme sije na dubinu od 1 cm, do nicanja dolazi već nakon nekoliko dana. Kada mlade biljke malo porastu, nasade treba prorijediti tako da među biljkama u redu bude 5 – 10 cm razmaka (www.vrtlarica.com).

1.1.5. Bolesti rukole

Pjegavost lista (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas axonopodis*)

Bakterijska bolest koja napada listove rukole. Simptomi su vidljivi na listovima, gdje dolazi do stvaranja malih vodenastih ili smeđih pjega (Slika 3.). Listovi s vremenom žute i suše se. Bolest nastaje za hladnog vremena, a širi se najčešće zaraženim sjemenom. Mjere zaštite su tretiranje zaraženog sjemena u vrućoj vodi, uklanjanje zaraženih biljnih dijelova ili cijele biljke kako bi se spriječilo daljnje širenje te plodored (www.plantvillage.psu.edu).



Slika 3. Pjegavost lista rukole

Izvor: <https://ag.umass.edu>

Plamenjača (*Peronospora parasitica*)

Gljivično oboljenje koje napada listove rukole. Simptomi su vidljivi na plojci i naličju lista, gdje dolazi do stvaranja nepravilnih smeđih mrlja, dok se na naličju nalazi gljiva (Slika 4.). Bolest se štiti vjetrom, a loša cirkulacija zraka pospješuje rast gljive. Mjere zaštite su uklanjanje zaraženih biljnih dijelova ili cijelih biljaka, primjena fungicida na bazi bakra te plodored (www.plantvillage.psu.edu).



Slika 4. Plamenjača na naličju lista rukole

Izvor: www.blogs.cornell.edu

Bijela hrđa (*Albugo candida*)

Gljivična bolest koja napada listove rukole. Simptomi su vidljivi na listu, gdje dolazi do stvaranja bijelih mjehurića na naličju lista, dok plojka mijenja boju u svjetlo žuto-zelenu (Slika 5.). Također tkivo lista nekrotizira. Uslijed veliki temperatura i povećane vlažnosti zraka, razvoj i širenje bolesti je ubrzano. Mjere zaštite su plodored, uništavanje zaraženih biljnih dijelova ili cijelih biljaka te tretiranje fungicidima (www.plantvillage.psu.edu).



Slika 5. Bijela hrđa na naličju lista rukole

Izvor: <https://plantvillage.psu.edu>

1.1.6. Štetnici rukole

Lisne uši

Štetnici koji grizu i napadaju listove. Tijekom hranjenja listovima, lisne uši ubrizgavaju slinu otrovnu za biljku te dolazi do izobličenja i isušivanja samog lista, ono zaostaje u rastu i razvoju i stvaraju se tragovi ljepljive „medne rose“ na površini lista (Slika 6.). Mjere zaštite su mehaničko sakupljanje insekata te u slučaju većeg napada tretiranje insekticidima (<https://gardenerspath.com>). Na slici 7. vidljiv je napad lisnih ušiju u našem istraživanju koji je negativno utjecao na rast i razvoj te u konačnici prinos rukole.



Slika 6. Lisne uši na naličju lista rukole

Izvor: <https://instead.com>

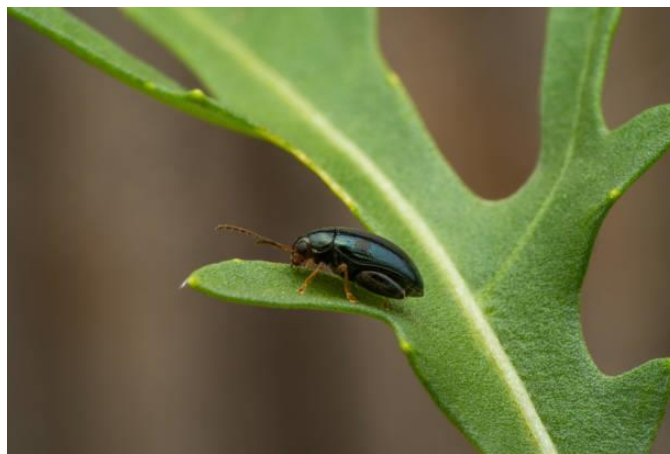


Slika 7. Napad lisnih ušiju u pokusu

Izvor: Original foto

Buhač (*Phyllotreta cruciferae*)

Štetnik koji spada u red kornjaša, plavkasto-crne ili zelena boje, tvrdog oklopa i veličine dva do tri milimetra. Napada listove na način da buši i žvače rupe (Slika 8.). Ženka odlaže žuta jaja u tlu. Mjere zaštite su tretiranje preparatima na bazi neem ulja i unošenje prirodnih neprijatelja poput osica i nematoda (<https://gardenerspath.com>).



Slika 8. Buhač na listu rukole

Izvor: <https://www.istockphoto.com>

Kalifornijski tripsi (*Frankliniella occidentalis*)

Štetnici iz reda resokrilaca koji napadaju listove na način da sišu biljne sokove, radi čega dolazi do stvaranja smeđih ožiljaka, deformiranja i slabijeg rasta i razvoja samog lista (Slika 9.). Odrasle jedinke su bijele ili žućkaste do crne, dugačke su do dva milimetra. Mjere zaštite su postavljanje feromonskih ploča, uklanjanje i uništavanje korova i biljnih ostataka te tretiranje insekticidima (<https://gardenerspath.com>).



Slika 9. Tripsi na listu rukole

Izvor: <https://gardenerspath.com>

1.2. Hidroponski sustav

Rukola se može uspješno uzgajati u hidroponskim sustavima, što podrazumijeva uzgoj biljaka bez tla, na inertnim supstratima ili bez njih. U širem smislu, to je sustav uzgoja bilja u zaštićenom prostoru ili na otvorenom polju, na nekoj inertnoj podlozi kroz koju se propušta vodena otopina svih potrebnih biogenih elemenata za normalnu ishranu biljaka. U užem smislu, hidropon je sustav uzgoja biljaka u vodi u kojoj su otopljene soli biogenih elemenata (vodena kultura) (Borošić, 2011.).

1.2.1. Hidroponski uzgoj bez supstrata

U hidroponski uzgoj bez supstrata ubrajamo tehniku hranjivog filma, aeroponiju (horizontalnu i vertikalnu), vodenu kulturu i sustave plutajućih hidropona (Slika 10.). Unatoč odličnim karakteristikama svih ovih načina uzgoja, proizvođači u Europskoj uniji najčešće odabiru tehniku hranjivog filma, koja se najbolje pokazala u proizvodnji ljekovitog bilja i salata (Parađiković i sur., 2008.).



Slika 10. Hidroponski uzgoj bez supstrata, vertikalna aeroponija

Izvor: <https://www.agromedia.rs>

1.2.2. Hidroponski uzgoj u supstratima

Glavni oblik proizvodnje povrća u hidroponskom uzgoju je uzgoj u supstratima. U ovom načinu proizvodnje supstrat predstavlja medij čija je uloga učvršćivanje korijenovog sustava, održavanje vode u obliku pristupačnom biljaka, otjecanje viška hraniva te osiguravanje izmjene zraka. Pri odabiru supstrat možemo birati između supstrata anorganskog, organskog i sintetičkog oblika. U anorganske supstrate ubrajamo kamenu vunu, vermikulit, perlit, kvarcni pijesak, ekspaniranu glinu, stiropor itd. U supstrate organskog porijekla ubrajamo treset, vlakna kokosovog oraha, rižine ljuske, piljevinu, koru drveta, borove iglice i dr. I na kraj, u sintetičke supstrate ubrajamo ekspandirane poliuretane, ekspandirane polistirene i ureu formaldehid (Parađiković i sur., 2008.).



Slika 11. Presadnice rajčice u kamenoj vuni

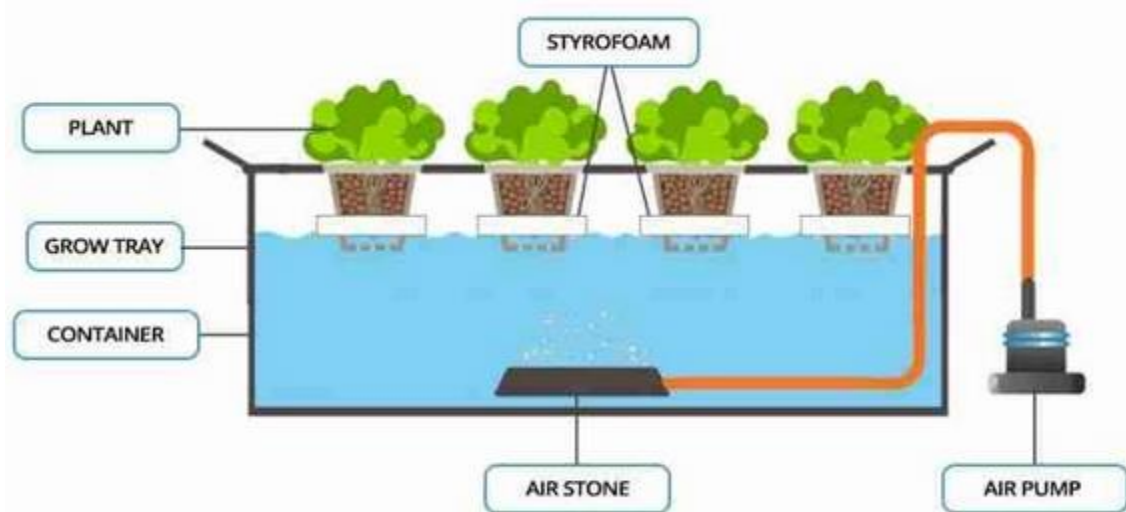
Izvor: Parađiković, 2008.

1.2.3. Plutajući hidroponski sustav („Floating Hydroponics“)

Plutajući hidroponi su izvorno razvijeni za proizvodnju presadnica duhana. Danas se koriste i za proizvodnju presadnica povrća te za uzgoj lisnatog povrća i začinskog bilja. Temeljeni su na jednostavnom sustavu koji čine plitki bazeni ispunjeni hranjivom otopinom (Slika 12.). Tu plutaju polistirenske ploče ili kontejneri s biljkama (www.gospodarski.hr). Hidroponski uzgoj lisnatog povrća je svojstveno da se u zaštićenim prostorima bilje uzgaja bez inertnih supstrata. Isključivo u vodi kojoj su dodane za rast i razvoj sve neophodne hranjive tvari u potrebnoj koncentraciji i odgovarajućem odnosu. To je tehnika koja kontinuirano tijekom 24h biljci osigurava neograničen pristup vodi, biljnim hranjivima i kisiku koje može optimalno koristiti prema fiziološkim zahtjevima tijekom svih faza rasta. Korijen se razvija u hranjivoj otopini. Odgovarajućeg sastava esencijalnih makro i mikroelemenata u obliku iona koje biljka lako usvaja pa je veća produkcija biomase u jedinici vremena i po jedinici površine zaštićena prostora . Sve to rezultira ranijom berbom, većom ranozrelošću i većim prinosom. Potrošnja vode je vrlo racionalna. Zato jer nema gubitaka evaporacijom i ocjeđivanjem, uobičajenih u uzgoju na tlu (www.gospodarski.hr).

1.2.4. Prednosti i nedostaci hidroponskog uzgoja

Hidroponski način uzgoja kao krajnji rezultat daje veliki urod, kvalitetne i zdrave plodove bogatije mineralnim tvarima i C vitaminom a s manje teških metala. Uz to ističu se i mnoge druge prednosti: nema plodoređa, uzgoj jedne kulture, smanjena pojava patogena, smanjeno onečišćenje okoliša, čuvanje podzemnih voda, visok stupanj automatizacije, smanjen fizički rad, uzgoj na površinama na kojima nije bilo uvjeta za uzgoj, s neplodnim tlima ili bez tla, visok intenzitet proizvodnje, manje rada pri obradi, kultiviranju, dezinfekciji, manja upotreba sredstava za zaštitu bilja, manja potrošnja vode i hraniva, bolja kontrola opskrbe biljaka vodom, bolja kontrola opskrbe biljnim hranivima, do 10 puta veći prinosi, ranozrelost povrća, smanjena pojava stresa kod biljke zbog bolje aktivnosti korijena (Parađiković i sur., 2008.). Nedostaci hidroponskog uzgoja su visoki inicijalni troškovi za pokretanje sustava, sofisticirana tehnologija koja traži educirane osobe za upravljanje sustavom (priprema i transport hranjive otopine do biljke, zaštita, osvjetljenje, prozračivanje) (Čoga, 2014.).



Slika 12. Plutajući hidroponski sustav

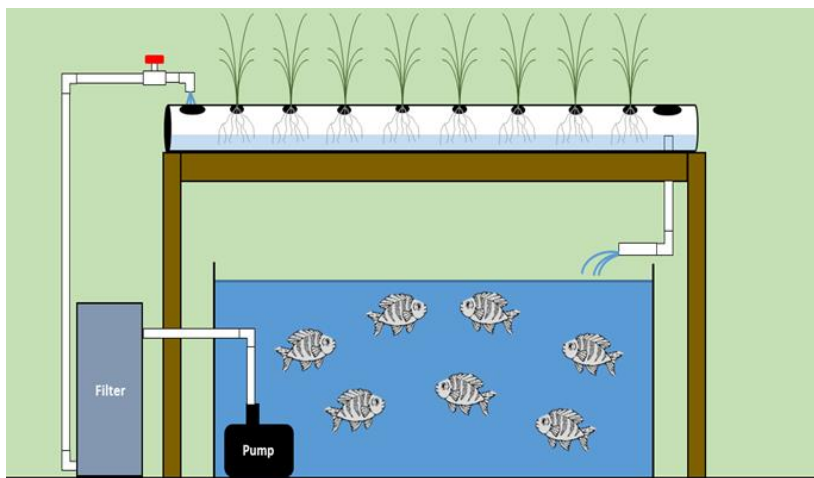
Izvor: <https://plantsheaven.com>

1.3. Akvaponski sustavi

Akvaponi predstavljaju sustav proizvodnje 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.).

1.3.1. Plutajući akvaponski sustav („*Floating aquaponics*“)

U akvaponskom uzgoju najčešće se koriste hidroponske tehnike uzgoja bez supstrata – tehnika otjecanja i dotjecanja („ebb and flow“), tehnika hranjivog filma i plutajući hidropon (Slika 13.). 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.). 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.). 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 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.). Prema Turkmen i Guner (2010.) biljke uzgajane u akvaponskom sustavu su otpornije na štetnike i bolesti te se smatra da je to rezultat prisutnosti određenih organskih tvari i mikroorganizama.



Slika 13. Akvaponski sustav

Izvor: <https://lgpress.clemson.edu>

1.3.2. Predosti i nedostaci akvaponskog uzgoja

Neke od prednosti akvaponskog uzgoja su: minimalna potrošnja vode, brži i cjelogodišnji uzgoj biljaka, uzgoj biljaka i riba istovremeno, uzgoj na površinama na kojima nije bilo uvjeta za uzgoj, nema plodoreda, smanjen fizički rad (www.gogreenaquaponics.com). Nedostaci akvaponskog uzgoja su: početni troškovi ulaganja su visoki, svakodnevno održavanje i motrenje sustava, održavanje temperature vode i pH vrijednosti, čišćenje bazena, nemogućnost korištenja sredstava za zaštitu biljaka s obzirom na život riba i dr. (www.greenfingers.com).

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Materijali i opis pokusa

Istraživanje je provedeno u prizemlju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek u trajanju od 27. ožujka do 31. svibnja 2023. Kao materijal u pokusu korišteno je sjeme rukole (Tricia, Enza Zaden, Nizozemska), koje je posijano u polistirenske kontejnere sa po 40 sjetvenih mjesta. U svako sjetveno mjesto posijano su po tri sjemenke rukole u obliku trokuta (Slika 13.). Nakon nicanja obavljeno je prorjeđivanje na način da su ostale dvije biljke po sjetvenom mjestu. Prorjeđivanjem je ostalo 80 biljaka po kontejneru tj. ukupno 160 biljaka u 2 kontejnera za jednu varijantu pokusa. 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 premještenim u bazene napunjene hranjivom otopinom (plutajući hidropon), odnosno u bazene napunjene vodom obogaćenom tvarima iz metabolizma riba (plutajući akvapon). Zbog položaja pokusa, količine svjetlosti nisu bile dovoljne, pa je korištena dodatna rasvjeta jačine 6x18 W tijekom cijelog dana (24 sata).



Slika 13. Sjetva sjemena rukole

Izvor: Original foto

2.2. Hidroponski sustav

Hidroponski sustav (sustav plutajućeg hidropona) zasniva se na principu plitkih bazena ispunjenih hranjivom otopinom, u koje se, na površinu stavljaju kontejneri s biljkama, na način da je korijen potpuno uronjen u vodu s hranjivom otopinom. Bazeni su dimenzija 80 x 120 cm dubine 30 cm, te je visina hranjive otopine iznosila 20 cm, što je ukupno 200 L hranjive otopine po bazenu. 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 hranjive otopine su nabavljene od proizvođača Gram-mol d.o.o. (Hrvatska), TTT d.o.o. (Hrvatska) ili Haifa Chemicals (Haifa, Izrael). U tablici 3. 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 hranjive otopine 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 tijekom pokusa iznosila je prosječno 21.6 °C.

Tablica 3. Recept za hranjivu otopinu korištenu tijekom vegetacijskog pokusa sa rukolom

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

2.3. Akvaponski sustav

Za akvaponski uzgoj korištena je metoda plutajućeg hidropona. U sustavu su se nalazili 2 bazena dimenzija 80 x 120 x 30 cm te 2 kante koje su služile kao filter. U jednom bazenu bilo je nasadeno 5 jedinki crvenog karasa (*Carassius auratus* L.) različitih veličina, a u drugom biljke u kontejnerima. Ribe su hranjene svaki dan hranom za koi šarane (Dajana pond sticks extra). Analitički sastav hrane prikazan je u tablici (Tablica 4.). Kante volumena 16 L koristile su se kao mehanički i biološki filter, odnosno kao RTF (Radial flow settler). Prva kanta imala je plastični nastavak za povećanje površinskog usisavanja, a druga kalič, vatu i sitno razbijenu ciglu radi mehaničke i biološke filtracije. Voda bogata hranjivima se pomoću pumpe JQL -1000 dovodila se u bazen u kojemu su se nalazili polistirenski kontejneri s biljkama. Biljke su koristile hranjiva za rast i razvoj, a nakon toga bi se voda ponovo vraćala u bazen s ribama i ciklus bi se tako konstantno ponavljao. pH hranjive otopine u akvaponskom sustavu prosječno je iznosila 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 sustav

Izvor: Original foto

Tablica 4. Analitički sastav hrane

Analitički sastav	Postotak
Sirove bjelančevine	23%
Vlaga	9%
Sirov pepeo	4%
Sirova ulja i masti	3%
Sirova vlakna	2,5%

2.4. Analize vegetativnih pokazatelja razvoja biljaka

Po završetku istraživanja, kada su biljke dospjele u fazu tehnološke zriobe (babyleaf povrće) obavljeno je uzorkovanje biljnog materijala. Berba rukole bila je jednokratna i provedena je 31. svibnja 2023.

Uzorkovane su cijele biljke rukole te su zabilježeni morfološki pokazatelji (broj biljaka i listova, dužina i masa korijena, dužina i masa listova) svake biljke posebno. Odvojeni korijen i nadzemna masa odvagani su, spakirani u papirnate vrećice s pripadajućom oznakom te stavljeni u sušionik na sušenje radi mjerenje suhe mase.

2.5. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka obrađena je analizom varijance (ANOVA) podataka svih ispitivanih svojstava. 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

3.1. Broj listova i dužina korijena

Tijekom ispitivanja rasta i razvoja rukole pod utjecajem dva različita uzgojna oblika mjerena je dužina korijena, broj listova, svježa i suha masa lista i korijena te prinos. Detaljni podatci nalaze se u tablici 5.

Tablica 5. Broj listova po biljci, dužina korijena, svježa i suha masa lista i korijena rukole u akvaponu i hidroponu

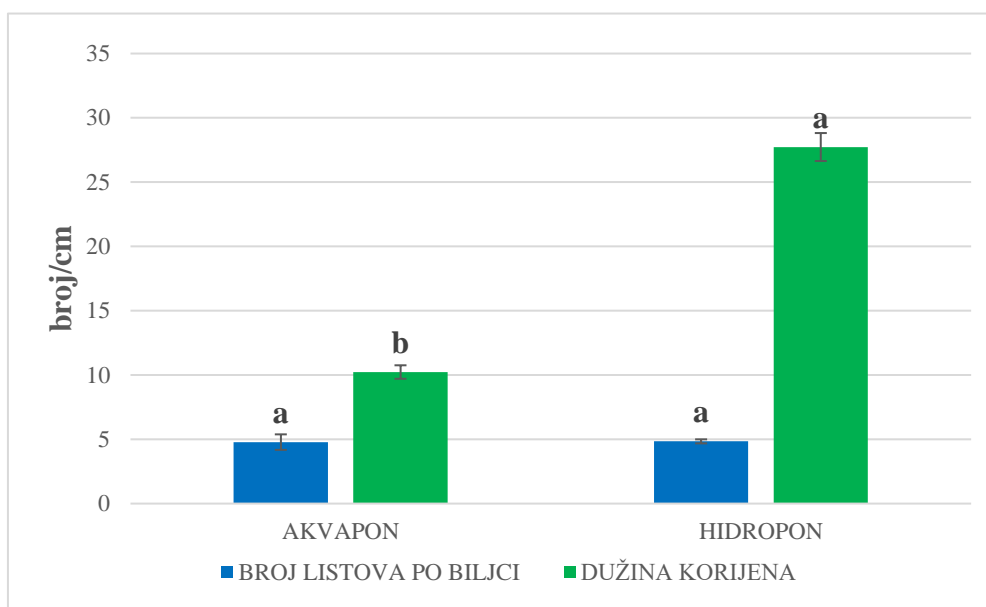
Tretman	Ponavljanja	Broj listova po biljci	Prosječna dužina korijena [cm]	Svježa masa listova po biljci [g]	Svježa masa korijena po biljci [g]	Suha masa listova po biljci [g]	Suha masa korijena po biljci [g]
AKVAPON	I	5.64	10.25	0.48	0.035	0.03	0.005
	II	4.75	10.70	0.51	0.033	0.03	0.004
	III	4.25	10.50	0.46	0.043	0.03	0.004
	IV	4.50	9.50	0.52	0.055	0.03	0.004
HIDROPON	I	4.83	27.71	0.97	0.028	0.05	0.003
	II	5.00	28.51	0.79	0.041	0.04	0.005
	III	4.64	28.50	0.83	0.043	0.04	0.005
	IV	4.92	26.20	0.73	0.046	0.04	0.004

Prosječan broj listova po biljci kod ispitivanih tretmana iznosio je 4,82. Manji broj listova utvrđen je kod biljaka uzgajanih u akvaponskom uzgoju (4,78) u usporedbi s biljkama koje su se uzgajale u hidroponskom uzgoju (4,85), ali nije utvrđena statistički značajna razlika.

U istraživanju Modarelli i sur. (2023.) nije utvrđena značajna razlika u broju listova bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) uzgajanih u hidpronskom i akvaponskom uzgoju što je u skladu rezultatima našeg istraživanja. Slično istraživanje proveli su Yang i Kim (2020.) gdje su

ispitivali utjecaj različitih uzgojnih oblika na rast i razvoj salate (*Lactuca sativa* L.), rajčice (*Solanum lycopersicum* L.) i bosiljka (*Ocimum basilicum* L.). Rezultati su pokazali da su biljke uzgojene u hidroponskom načinu uzgoja imale veći broj listova u odnosu na biljke uzgojene u avkaponu kod svih ispitivanih vrsta.

Prosječna dužina korijena po biljci iznosila je 18,98 cm. Značajno veća dužina korijena utvrđena je kod biljaka uzgojenih u hidroponskom uzgoju (27,73 cm) u usporedbi s biljkama uzgajanih u akvaponskom uzgoju (10,24 cm). U istraživanju Atique i sur. (2022.) utvrđeno je suprotno, tj. utvrđena je značajno veća dužina korijena špinata kod biljaka koje su uzgajane u akvaponskom u usporedbi s biljkama uzgojenih u hidroponskom uzgoju (Grafikon 1.).



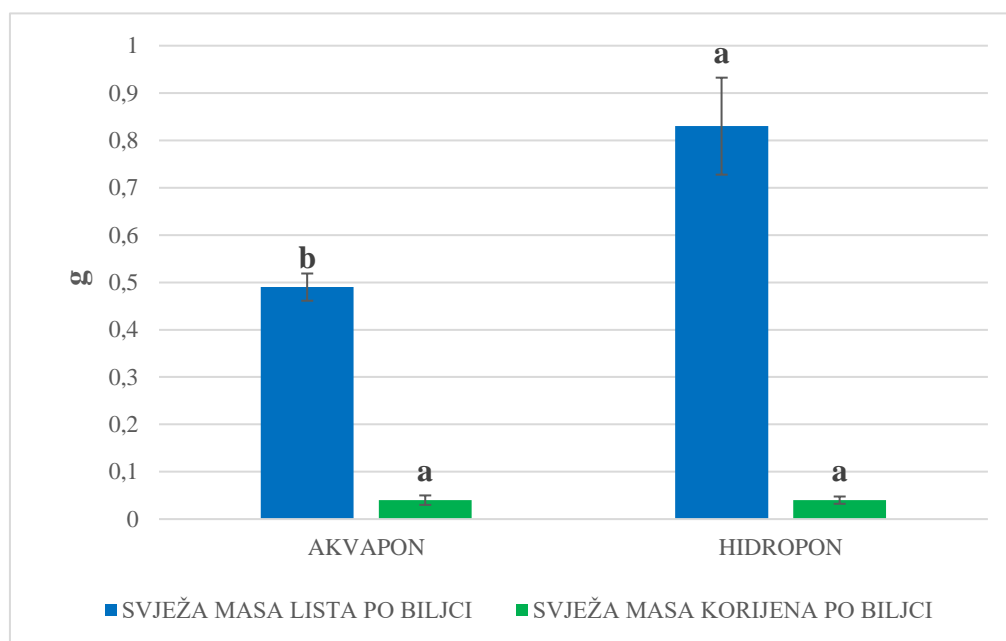
Grafikon 1. Utjecaj sustava uzgoja rukole na broj listova i dužinu korijena

3.2. Svježa masa lista i korijena

Kod prosječne svježe mase lista po biljci utvrđena je statistički značajna razlika mase lista rukole u hidroponskom uzgoju u odnosu na akvaponski uzgoj. Značajno veće vrijednosti svježe mase nadzemnog dijela ostvarene su u hidroponskom uzgoju. Prosječna svježa masa lista po biljci u akvaponu iznosila je 0,49 g u usporedbi s hidroponskim uzgojem u kojemu je svježa masa iznosila 0,83 g.

U istraživanju Wang i sur. (2023.) ispitan je 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. Obradom podataka 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.

Za razliku od svježe mase lista, prosječna svježa masa korijena po biljci identična je u oba uzgoja oblika. Prosječna svježa masa korijena po biljci u akvaponu je iznosila 0,04 g, kao i u hidroponskom uzgoju. U istraživanju Yang i Kim (2020.) je utvrđena značajna veća svježa masa korijena bosiljka (*Ocimum basilicum* L.) u hidroponskom u odnosu na akvaponski uzgoj, što nije u skladu s rezultatima našega istraživanja (Grafikon 2.).



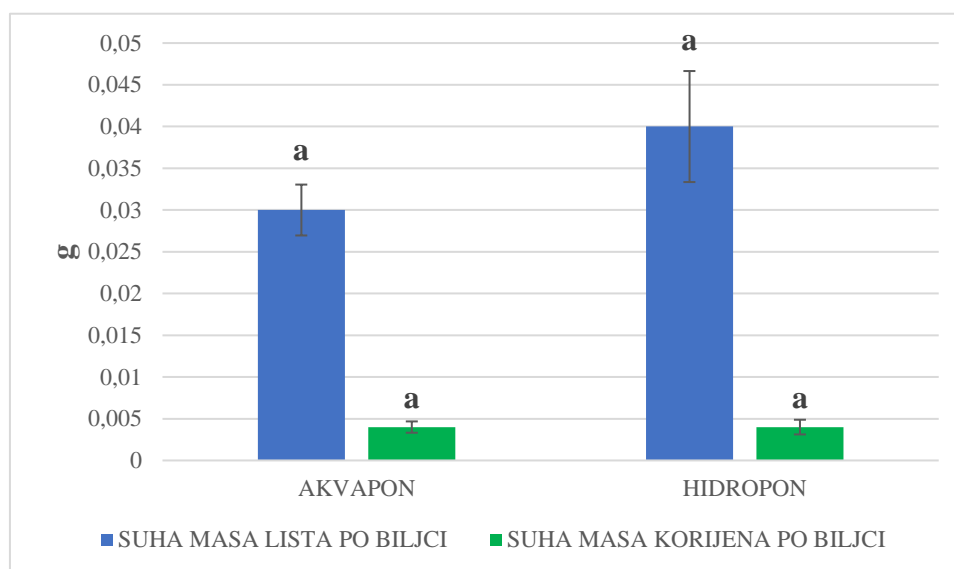
Grafikon 2. Utjecaj sustava uzgoja rukole na svježu masu lista i korijena

3.3. Suha masa lista i korijena

Prosječna suha masa lista po biljci u akvaponskom uzgoju iznosila je 0,03 g, dok je u hidroponskom uzgoju utvrđena veća suha masa koja je iznosila 0,04 g, ali nije utvrđena statistički značajna razlika. Slične rezultate u svom istraživanju utvrdili su i Wang i sur. (2023.)

gdje su sve ispitivane vrste imale veću suhu masu lista kod biljaka uzgojenih u hidroponu u usporedbi s biljkama uzgojenih u akvaponu.

Za razliku od suhe mase lista, prosječna suha masa korijena po biljci identična je u oba uzgoja oblika. Prosječna svježa masa korijena po biljci u akvaponu je iznosila 0.004 g, kao i u hidroponskom uzgoju. U istraživanju Atique i sur. (2022.) utvrđene su značajne razlike suhe mase korijena u hidroponskom i akvaponskom uzgoju, što nije u skladu s rezultatima našeg istraživanja.

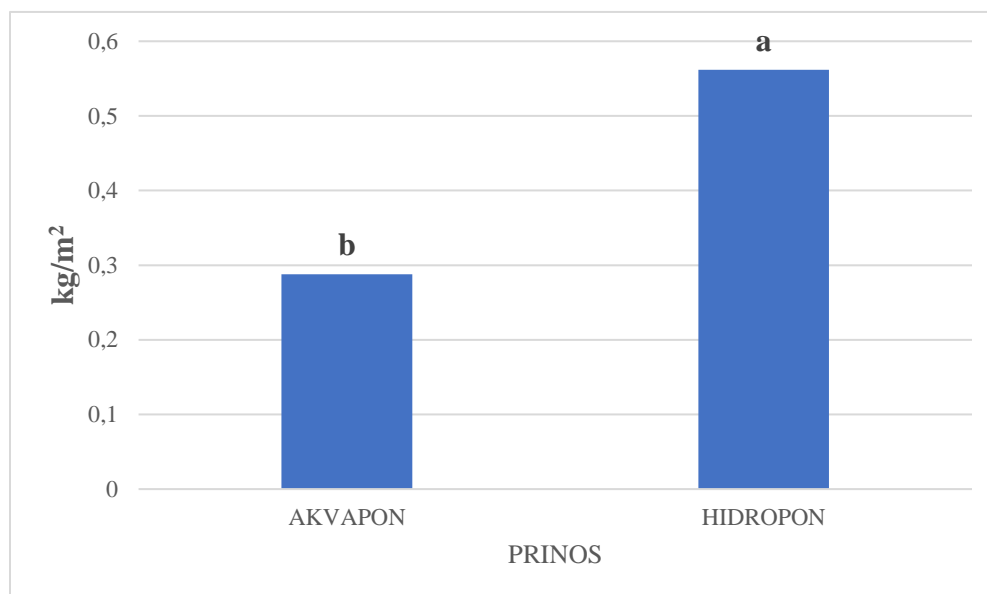


Grafikon 3. Utjecaj sustava uzgoja rukole na suhu masu lista i korijena

3.4. Prinos rukole

Tijekom provedenog pokusa utvrđene su statistički značajne razlike u prinosu rukole s obzirom na sustav uzgoja biljaka. Prinos rukole u akvaponskom uzgoju iznosio je 287.87 g/m², dok je u hidroponskom uzgoju utvrđen značajno veći prinos koji je iznosio 561.88 g/m². U istraživanju Geršak i sur. (2012.) berba rukole u plutajućem hidroponu provedena je u tri navrata tijekom kojih je ostvaren prinos od 1783 g/m², 1319 g/m² i 1148 g/m² što je prosječno 1416 g/m². Također, u istraživanju Castoldi i sur. (2011.) utvrđen je prinos za jednokratnu berbu rukole u plutajućem hidroponu od 1400 g/m². Prinos rukole u našem istraživanju značajno je manji od navedenih istraživanja zbog velikog napada lisnih ušiju (Slika 7.). Lisne uši su smanjile prinos te vrijednosti ispitivanih morfoloških pokazatelja. Jedan od značajnih izazova u

akvaponskom sustavu uzgoja leži u ograničenju upotrebe pesticida i sredstava za zaštitu bilja. Ovaj problem proizlazi iz specifičnosti tog sustava, gdje ribe i biljke zajedno funkcioniraju, što znači da bilo kakva primjena pesticida može štetno utjecati na zdravlje riba. Prema tome, biljke tijekom pokusa nisu tretirane insekticidima.



Grafikon 4. Utjecaj sustava uzgoja rukole na prinos

4. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata istraživanja uzgoja rukole (*Eruca sativa* Mill.) u hidroponskom i akvaponskom sustavu izvedeni su sljedeći zaključci:

1. Utvrđene su značajne razlike u morfološkim svojstvima rukole s obzirom na uzgojni oblik.
2. Uzgojni oblik nije značajno utjecao na broj listova, suhu masu listova i korijena te svježiu masa korijena rukole .
3. Svježa masa listova rukole uzgajane u hidroponskom uzgoju bila je veća za oko 40 % s obzirom na akvaponski uzgoj.
4. Dužina korijena rukole u hidroponskom uzgoju značajno je veća s obzirom na akvaponski uzgoj.
5. U provedenom istraživanju, prinos rukole u akvaponskom uzgoju iznosio je 287.87 g/m², dok je u hidroponskom uzgoju utvrđen značajno veći prinos koji je iznosio 561.88 g/m².
6. Rezultati ovog istraživanja mogu se smatrati preliminarnim za daljnja istraživanja mogućnosti uzgoja lisnatog povrća u plutajućem akvaponu.

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. Bianco V., Pimpini F. (2002.): Descrittori per la rucola (*Eruca spp.*). IPGRI - Istituto Internazionale per le Risorse Fitogenetiche, Roma, Italia.
3. Biggs M., McVicar J., Flowerdew B. (2005.): Enciklopedija voda, povrća i začinskog bilja. Uliks, Rijeka.
4. Borošić J. (2011.): Hidroponske tehnike uzgoja bilja. Zavod za povrćarstvo, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
5. Castoldi, N., Bechini, L., Ferrante, A. (2011.): Fossil energy usage for the production of baby leaves. *Energy* 36: 86-93.
6. Čoga L. (2014.): Ishrana bilja u zaštićenim prostorima. Interna predavanja, Agronomski fakultet, Zagreb
7. Diver, S. (2006.): Aquaponics – Integration of Hydroponic with Aquaculture. ATTRA, IP 163, 54.
8. Geršak, D., Vojnović, B., Novak, E. (2012.): Utjecaj višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu. *Agronomski glasnik* 4/2012, 215-224.
9. 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. University of Michigan.
10. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Čustić M., Poljak M., Romić D. (2004.): Povrćarstvo. Zrinski, Čakovec
11. Modarelli G.C., Vanacore L., Roupheal Y., Langellotti A.L., Masi P., De Pascale S., Cirillo C. (2023.): Hydroponic and Aquaponic Floating Raft Systems Elicit Differential Growth and Quality Responses to Consecutive Cuts of Basil Crop. *Plants*, 12, 1355.
12. Padulosi S., Pignone D. (1997.): Rocket: a Mediterranean crop for the world. Report of a workshop, IPGRI, Rome, Italy.
13. Parađiković N., Kraljičak Ž., (2008.): Zaštićeni prostori – plastenici i staklenici. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek.

14. Rajalakshmi, M., Manoj, V.R., Manoj, H. (2022.): Comprehensive Review of Aquaponic, Hydroponic, and Recirculating Aquaculture Systems, *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 10 (6): 1266-1289.
15. Tidwell J. H. (2012.): *Aquaculture Production Systems*. Wiley-Blackwell, Oxford
16. Toth N., Fabek S., Benko B., Žutić I., Stubljar S., Zeher S. (2012.): Učinak abiotičkih čimbenika, gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu.
17. Turkmen G., Guner Y. (2010.): *Aquaponic (Integrating Fish and Plant Culture) Systems*, International Symposium on Sustainable Development, Science Book, 657-666.
18. Wang Y.J., Yang T., Kim H.J. (2023.): pH Dynamics in Aquaponic Systems: Implications for Plant and Fish Crop Productivity and Yield. *Sustainability*; 15(9):7137.
19. Yamamoto J., Brock A., (2013.): *A Comparison of the Effectiveness of Aquaponic Gardening to Traditional Gardening Growth Method* By: Jason Yamamoto and Austin Brock
20. 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://www.agroklub.com/povrcarstvo/uzgoj-rukole-raste-tijekom-cijelegodine/80332/> (20. kolovoza 2023.)
2. <https://gardenerspath.com/plants/vegetables/arugula-pests/> (27. rujna 2023.)
3. <https://gogreenaquaponics.com/blogs/news/what-are-the-benefits-of-aquaponics> (20. kolovoza 2023.)
4. <https://gospodarski.hr/rubrike/povrcarstvo-rubrike/hidroponski-uzgoj-lisnatog-povrca/> (8. kolovoza 2023.)
5. <https://www.greenfingers.com.au/disadvantages-of-aquaponics/> (20. kolovoza 2023.)
6. <https://www.tilo-botanica.eu/espece-e-h/eruca-vesicaria.html> (22. kolovoza 2023.)
7. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3569> (23. kolovoza 2023.)
8. <https://plantvillage.psu.edu/topics/arugula/infos> (27. rujna 2023.)
9. <http://www.velikakuhinja.com/vidiblog/122/Rukola-rikola> (24. kolovoza 2023.)
10. <https://www.vrtlarica.com/rukola-rikola/> (24. kolovoza 2023.)
11. <https://en.wikipedia.org/wiki/Eruca vesicaria> (14. kolovoza 2023.)