

Gospodarska i nutritivna svojstva rajčice uzgojene u plutajućem hidroponu

Brkljačić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:204:185086>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-04**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**GOSPODARSKA I NUTRITIVNA SVOJSTVA
RAJČICE UZGOJENE U PLUTAJUĆEM
HIDROPONU**

DIPLOMSKI RAD

Luka Brkljačić

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Hortikultura – Povrćarstvo

**GOSPODARSKA I NUTRITIVNA SVOJSTVA
RAJČICE UZGOJENE U PLUTAJUĆEM
HIDROPONU**

DIPLOMSKI RAD

Luka Brkljačić

Mentor:
prof. dr. sc. Božidar Benko

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Luka Brkljačić**, JMBAG 0068220652, rođen 16.12.1994. u Zagrebu,
izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

GOSPODARSKA I NUTRITIVNA SVOJSTVA RAJČICE UZGOJENE U
PLUTAJUĆEM HIDROPONU

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Luke Brkljačića**, JMBAG 0068220652, naslova

GOSPODARSKA I NUTRITIVNA SVOJSTVA RAJČICE UZGOJENE U
PLUTAJUĆEM HIDROPONU

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | |
|--|--------|-------|
| 1. prof. dr. sc. Božidar Benko | mentor | _____ |
| 2. izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek Uher | član | _____ |
| 3. izv. prof. dr. sc. Jana Šic Žlabur | član | _____ |

Zahvala

Ovim putem se zahvaljujem obitelji i djevojci na podršci tijekom studiranja. Također se zahvaljujem mentoru i djelatnicima Zavoda za povrćarstvo te Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport na suradnji.

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Pregled literature | 2 |
| 2.1. Morfološka i biološka svojstva rajčice | 2 |
| 2.2. Nutritivna svojstva rajčice | 3 |
| 2.3. Hidroponske tehnike | 3 |
| 2.4. Hraniva otopina | 4 |
| 2.5. Dosadašnja istraživanja uzgoja rajčice | 5 |
| 2.5.1. Utjecaj hranive otopine | 5 |
| 2.5.2. Utjecaj povišenog saliniteta | 5 |
| 2.5.3. Utjecaj različitih hidroponskih tehnika bez supstrata | 6 |
| 2.5.4. Utjecaj toplinskog stresa | 7 |
| 3. Materijali i metode | 9 |
| 3.1. Testirane sorte i hibrid | 9 |
| 3.2. Provedba pokusa | 9 |
| 3.3. Laboratorijske analize ploda | 13 |
| 3.3.1. Suha tvar | 13 |
| 3.3.2. Topljiva suha tvar | 14 |
| 3.3.3. Vitamin C | 14 |
| 3.3.4. β -karoten | 15 |
| 3.3.5. Likopen | 16 |
| 4. Rezultati i rasprava | 17 |
| 4.1. Dinamika rasta | 17 |
| 4.2. Parametri hranive otopine | 18 |
| 4.3. Mikroklimatski uvjeti u zaštićenom prostoru | 19 |
| 4.4. Gospodarska svojstva | 20 |
| 4.5. Nutritivna svojstva | 21 |
| 5. Zaključna razmatranja | 23 |
| 6. Popis literature | 24 |
| 6.1. Popis slika | 26 |
| 6.2. Popis tablica | 26 |
| 6.3. Popis grafikona | 26 |
| Životopis | 27 |

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Luke Brkljačića**, naslova

GOSPODARSKA I NUTRITIVNA SVOJSTVA RAJČICE UZGOJENE U PLUTAJUĆEM HIDROPONU

Tehnika plutajućeg hidropona svojim brojnim prednostima kao što je smanjenje upotrebe supstrata, hraniva i vode za navodnjavanje, omogućuje uzgoj plodovitog povrća. Rajčica za svježu potrošnju najviše se uzgaja tehnikom na supstratu, a metoda plutajućeg hidropona omogućila bi uzgoj isključujući nedostatke trenutno prisutne tehnike u uzgoju. Cilj rada bio je utvrditi mogućnosti uzgoja rajčice u plutajućem hidroponu temeljem utvrđenih gospodarskih i nutritivnih svojstava. Testirani su hibridni kultivar 'Florantino' i tri sorte 'Vita bella', 'Žuta kruška' i 'Choco cherry'. Među gospodarskim svojstvima određivan je broj plodova po biljci, masa ploda, prinos po biljci i udio netržnih plodova, a od nutritivnih svojstava udio suhe i topive suhe tvari te sadržaj vitamina C, β -karotena i likopena. Hibrid 'Florantino' pokazao se kao najuspješniji u uzgoju tehnikom plutajućeg hidropona na temelju praćenih svojstava.

Ključne riječi: *Solanum lycopersicum* L., *cherry*, hraniva otopina, komponente prinosa, likopen

Summary

Of the master's thesis - student **Luka Brkljačić**, entitled

AGRONOMIC AND NUTRITIVE PROPERTIES OF TOMATO GROWN IN FLOATING HYDROPONICS

The floating hydroponic technique, with its many advantages such as reducing the use of substrate, nutrients, and water for irrigation, enables the cultivation of fruitful vegetables. Tomatoes for fresh consumption are mostly grown using the drip irrigation technique, and the floating hydroponic method would enable cultivation excluding the shortcomings of the currently present cultivation technique. The aim of the work was to determine the possibilities of growing tomatoes in a floating hydroponic based on established properties. The hybrid cultivar 'Florantino' and three varieties 'Vita bella', 'Žuta kruška' and 'Choco cherry' were tested. The analysed properties were: number of fruits per plant; fruit weight; yield per plant; proportion of non-marketable fruits; proportion of dry and soluble dry matter; content of vitamin C, β -carotene and lycopene. The hybrid 'Florantino' proved to be the most successful in cultivation using the floating hydroponic technique based on the monitored properties.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., cherry, nutrient solution, yield components, lycopene

1. Uvod

Porastom potrebe za svježim povrćem, naročito rajčice, gradovi imaju mogućnost kontroliranog uzgoja u zaštićenim prostorima hidroponskim tehnikama uzgoja. To su tehnike uzgoja bilja bez tla, koje koriste hranivu otopinu za rast i razvoj, s ili bez upotrebe supstrata. Korišteni supstrati mogu biti organskog, anorganskog ili sintetskog podrijetla. Svaki supstrat treba biti inertan, kako ne bi došlo do kemijskih reakcija te spojeva prilikom korištenja hranive otopine, koji bi mogli imati negativan utjecaj na uzgoj povrtna kulture. Trenutna tehnologija koja omogućava visok prinos rajčice po jedinici površine je sustav uzgoja na supstratu. Glavni nedostatak ovakvog sustava je upotreba supstrata, jer je potrebna njegova zamjena svake sezone kako bi se ostvario maksimalni prinos rajčice. Prolaskom vremena supstrat postaje zasićen solima, a povećani salinitet iako pozitivno utječe na kvalitetu plodova, negativno utječe na cjelokupni rast i razvoj biljke, kao i intenzitet plodonošenja. Osim toga, dolazi do smanjenja kapaciteta za zrak i vodu samog supstrata. Otežava se održavanje stalne pH vrijednosti. Na kraju može doći do fitotoksičnosti zbog prekomjerne količine hraniva u supstratu. Veliki je problem zbrinjavanje supstrata i viška hranive otopine na kraju proizvodnje, jer njihovo odlaganje u okoliš može uzrokovati onečišćenje.

Navedeni problemi mogu se izbjeći korištenjem tehnike bez supstrata, odnosno tehnike plutajućeg hidropona. U navedenoj tehnici se potpuno isključuje upotreba supstrata jer se korijenov sustav nalazi uronjen u hranivoj otopini. Uzgojem bez supstrata produžuje se uzgoj rajčice tijekom sezone, za onoliko koliko bi trajalo čišćenje i postavljanje novog supstrata u zaštićenom prostoru, što je otprilike mjesec dana. Ova tehnika kao i slične tehnike uzgoja bez supstrata imaju prednost poticanja biljaka rajčice u stvaranju veće količine sekundarnih metabolita, kao što su likopen i β -karoten, koji dokazano imaju zdravstvenu ulogu u zaštiti ljudskog organizma od razvoja bolesti (Borošić i sur., 2011; Sharma i sur., 2018).

Jedna od prednosti hidroponskog uzgoja je izostanak plodoređa, a proizvodnja u monokulturi ne predstavlja problem, kao što bi u konvencionalnom načinu uzgoja. To je omogućeno kontroliranim uvjetima uzgoja u zaštićenom prostoru, koji smanjuju šanse zaraze patogenima kao i napade štetnih kukaca. Isto tako, zahvaljujući biološkoj zaštiti dodatno je kontrolirana šteta uzrokovana makroorganizmima. Nadalje, ušteda vode i mineralnih gnojiva veća je u hidroponskom uzgoju nego na otvorenom tlu. Na kraju zahvaljujući, brzoj stopi rasta od 30 do 50 %, plodovi 15 do 30 dana ranije dostižu za berbu i postiže se veći prinos po jedinici površine. Nedostaci hidroponskog uzgoja su početni inicijalni trošak pokretanja proizvodnje, potreba za stručnim, visoko kvalificiranim osobljem koje putem automatiziranog i sofisticiranog sustava nadgleda uzgoj. Neadekvatan oblik odlaganja suviška hranive otopine može uzrokovati onečišćenje okoliša, zbog ispiranja mineralnih soli kao što su nitrati i fosfati u podzemne vode (Pomoni i sur., 2023).

Cilj ovog istraživanja je ustanoviti učinkovitost upotrebe plutajućeg hidropona za uzgoj *cherry* rajčice, određivanjem gospodarskih i nutritivnih svojstava.

2. Pregled literature

2.1. Morfološka i biološka svojstva rajčice

Rajčica (*Solanum lycopersicum* L.) je kultura iz porodice pomoćnica (*Solanaceae*), zeljastih jednogodišnjih biljaka, koje u povoljnim uvjetima mogu biti i višegodišnje. Njezin plod je mesnata bobica koja se bere u tehnološkoj zrelosti. Jedna je od najviše uzgajanih povrtnih kultura u svijetu nakon krumpira, ali je na vrhu ljestvice kao konzervirano povrće (Lešić i sur., 2016).

Rajčica je termofilna kultura, što znači da skladana rast i razvoj postiže pri dnevnim temperaturama od 20 do 25 °C i noćnim od 13 do 17 °C. Kao i druge kulture iz porodice pomoćnica, rajčica je osjetljiva na niske temperature i stradava već na 0 °C. Kao biljka tople klime uzgoj rajčice nije uspješan pri nižim temperaturama. Ranija sadnja u odnosu na sadnju na otvorenom može se postići zaštićenim prostorima kao što su tuneli, plastenici ili staklenici. Zaštićeni prostori kao što su staklenici i plastenici mogu imati ugrađene sustave grijanja i hlađenja koji tijekom cijele godine održavaju optimalnu temperaturu za uspješan rast i razvoj rajčice. Plodovi rajčice ovisno o kultivaru mogu biti različitog oblika, mase i veličine. Trešnjoliki (eng. *cherry*) plodovi imaju oko 15 g, u kategoriju 30 do 50 g ulaze sitni (eng. „*cocktail*“) plodovi, zatim grozdasti plodovi (tal. „*grappolo*“) mase 80 do 120 g, na kraju krupni plodovi (eng. „*beefsteak*“) mase 150 do 250 g. Uzgojem na otvorenom postižu se prinosi od 3 do 8 kg/m², a uzgojem u zaštićenim prostorima ovisno o kultivaru, tehnologiji uzgoja i duljini berbe od 15 do 50 kg/m² (Lešić i sur., 2016).

Postoje dva osnovna tipa rasta stabljike rajčice. Visoki kultivari, odnosno indeterminantnog tipa stabljike, mogu narasti nekoliko metara zbog izduženih internodija, a aktivnost vegetacijskog vrha traje sve dok ima povoljne uvjete. Između svakog cvata razvijaju se najčešće tri lista, a iz pazuha tih listova sekundarne grane, koje se obično odstranjuju. Rajčice s determinatnim tipom stabljike, grmolikog su izgleda zbog kraćih internodija i nekoliko sekundarnih grana, koje imaju isti raspored listova i cvatova kao i glavna stabljika. Mogu narasti 0,5 do 1 m visine, a cvat na vrhu glavne grane označava prestanak rasta. Ukupno može biti tri cvata, a između svakog se nalazi jedan do dva lista. U praksi se plodovi dobiveni uzgojem indeterminatnih kultivara koriste za svježu potrošnju, dok se determinatni kultivari koriste za preradu. Grmolike biljke s više sekundarnih grana omogućuju združenu cvatnju i plodonošenje, što je prednost zbog jednokratne berbe (Lešić i sur., 2016). U ovom istraživanju korištene su isključivo *cherry* rajčice indeterminantnog rasta stabljike.

2.2. Nutritivna svojstva rajčice

Rajčica predstavlja dobar izvor vitamina A, C, E, B, kao i minerala. Osim njih rajčica sadrži alkaloid solanin, koji razgradnjom daje plodovima žutu, ružičastu i crvenu boju. Boje tijekom zriobe karakteristika su pigmenata likopena, ksantofila i karotena, isto tako razgradnjom klorofila, zbog pretvaranja kloroplasta u kromoplaste. Karotenoidi su najviše istraživani sastojci plodova rajčice. S nutricionističke točke gledišta, likopen je snažan antioksidans, a njegov unos povezan je sa smanjenom učestalošću i opasnošću karcinoma i bolesti srca, dok β -karoten pokazuje jake kemijski zaštitne funkcije i predstavlja najveću aktivnost provitamina A u ljudskom metabolizmu. Termičkom obradom poboljšava se aktivnost likopena. Dozrijevanjem plodova rajčice postepeno se omekšava perikarp, zbog djelovanja enzima na polisaharide staničnih stijenki (pektin, hemiceluloza, celuloza) te se povećava udio suhe i topljive suhe tvari. (Lešić i sur., 2016; Olaniyi i sur., 2010; Tsouvaltzis i sur., 2023).

2.3. Hidroponske tehnike

Najčešće korištena hidroponska tehnika za uzgoj rajčice u zaštićenom prostoru je tehnika na supstratu. Korijenov sustav nalazi se u supstratu, najčešće kamenoj vuni ili kokosovim vlaknima, dok se stabljici pomoću veziva omogućava neprekidni rast u visinu. Svako biljci osigurana je opskrba hranivom otopinom kroz sustav fertirigacije, na način da se uz svaku biljku nalazi kapilara s nosačem umetnutim u supstrat. Ovakav način uzgoja osigurava neprekidnu berbu svježe rajčice tijekom čitave godine. Nažalost, uzgoj na ovakav način donosi određene nedostatke. Svaki supstrat ima određeni kapacitet za zrak i vodu u obliku pora, s vremenom dolazi do taloženje mineralnih soli u porama supstrata, pa se tako s vremenom njegova kvaliteta smanjuje. Opasnosti koji se javljaju i otežavaju uzgoj je povišeni salinitet, zbog kojeg dolazi do antagonizma među hranivima, što na kraju remeti fiziološke procese unutar biljke te izaziva fitotoksičnost. Nadalje, smanjen je kapacitet za zrak i vodu te je otežano održavanje stalne pH vrijednosti. Zato profesionalni proizvođači rajčice stavljaju svake godine nove supstrate u proizvodnju, jer je njihova najduža upotreba tri godine. Sljedeći problem je zbrinjavanje viška supstrata svake godine kao rezultat njegove izmjene. Velika potrošnja vode kao i mineralnih gnojiva u velikim proizvodnjama mora biti podmirena profitom dobivenim od prodaje plodova. Ušteda vode i mineralnih gnojiva, postiže se uključivanjem zatvorenih sustava u proizvodnju, odnosno sustava recirkulirajuće hranive otopine (Borošić i sur., 2011).

Plutajući hidropon je tehnika koja podrazumijeva da je korijen biljaka tijekom cijele vegetacije uronjen u bazen s hranivom otopinom. Ova tehnika se najviše koristi u uzgoju lisnatog povrća i začinskog bilja. Biljke se siju u polistirenske ploče ili kontejnere koji plutaju u bazen s otopinom. Visina otopine u bazenu varira od 20 do 25 cm, a razina se spušta kako je biljke koriste i potrebno ju je nadopunjavati. Zračna pumpa po potrebi aerira otopinu što ima različit učinak ovisno o tome što se uzgaja. Kod uzgoja presadnica u kontejnerima nedostatak

kisika sprječava rast korijena izvan lončića, a kod uzgoja za berbu njegova prisutnost omogućuje nesmetan razvoj korijena što povećava prinos i zdravstveno stanje biljaka. Važno je da bazen bude u potpunosti prekriven pločama kako bi se spriječio rast algi koje troše hraniva i kisik iz otopine i onečišćuju ju ispuštanjem toksičnih spojeva. U odnosu na konvencionalnu poljoprivredu plutajući hidropon smanjuje potrebu za vodom za više od 90 % zbog činjenice da nema potrebe za klasičnim navodnjavanjem. Jedna od prednosti je da je povrće pri berbi čisto što omogućava velike uštede vode i vremena, pogotovo kod velikih proizvođača. Prelaskom na uzgoj rajčice u bazenu, mogli bi se postići slični, ako ne i bolji rezultati kada se govori o nutritivnoj vrijednosti plodova te morfološkim svojstvima. Isto tako ušteda vode i mineralnog gnojiva igra važnu ulogu u proizvodnji jer se radi o zatvorenom sustavu hranive otopine. Tehnologija plutajućeg hidropona ima vrlo veliki potencijal za poljoprivrednu proizvodnju u uvjetima regija s aridnom klimom, jer je smanjena potrošnja vode, omogućen je uzgoj velikog broja povrtnih kultura, lako upravljanje, kraći vegetativni ciklus i poboljšani rast biljaka, prinosa te kvalitete svježeg proizvoda (Borošić i sur., 2011; Hamza i sur., 2022; Nicola i sur., 2007; Resh, 2001).

2.4. Hraniva otopina

Predstavlja najvažniji dio tehnike plutajućeg hidropona, kao i ostalih hidroponskih tehnika. Ona je vodeni medij s otopljenim biogenim elementima, ključnim za rast i razvoj biljke. Kako biljka raste, tako korijenov sustav ispunjava sve veći volumen bazena. Potrebno je omogućiti biljci sličan razvoj kojeg bi imala na supstratu kao što je tlo, zbog toga je ključan: sastav hranive otopine, električna provodljivost (EC), pH vrijednost, količina otopljenog kisika (O_2) i temperatura otopine (t) (Borošić i sur., 2011).

Preporučena pH vrijednost u hidroponskom uzgoju je između 5,5 i 6,5. Razlog tome što je ukupna pristupačnost hranivih tvari pri blago kiseloj pH vrijednosti. EC-vrijednost je također ograničavajući faktor u biljnoj proizvodnji. Svaki usjev ima prag na kojem će salinitet vode negativno utjecati na proizvod. Raspon optimalne EC-vrijednosti je od 1,5 do 4 dS/m, ovisno o kulturi i njenoj osjetljivosti na različite razine saliniteta. Unošenjem dušične kiseline kao izvora dušika u otopinu, smanjuje se pH-vrijednost. Osim dušične kiseline za snižavanje pH-vrijednosti može se koristiti ugljična, fosforna kiselina ili rjeđe sumporna kiselina. Prilikom svakog unošenja kiseline u otopinu, potrebno je voditi računa o povećanju drugih hraniva. EC-vrijednost se mijenja kako biljka troši hraniva i vodu za rast i razvoj (Patil i sur., 2020).

Temperatura otopine ima izravan odnos s količinom kisika kojeg koriste biljke. Postoji obrnuti odnos između temperature i kisika otopljenog u otopini. Povećanjem temperature, razina kisika se smanjuje i obrnuto. Na topljivost soli kao i njihovog usvajanja također utječe temperatura otopine. Utvrđeno je da smanjenje kisika u otopini ispod 3-4 mg/L, inhibira rast korijena i utječe na promjenu boje iz bijele u smeđu, što je prvi simptom nedostatka kisika. Optimalna količina kisika u hranivoj otopini iznosi preko 5 mg/L, a temperatura ispod 25 °C, za postizanje maksimalnog prinosa (Patil i sur., 2020).

Prilikom pripreme hranive otopine potrebno je poznavati formulaciju (recepturu) otopine koja će se koristiti za uzgoj biljke. Ne postoji univerzalna hraniva otopina za sve kulture. Svakoj su kulturi potrebne određene soli u različitim koncentracijama. Prije pripreme otopine potrebno je napraviti kemijsku analizu vode koja će se koristiti, kako bi se pravovremeno izbjegle neželjene posljedice tijekom rasta biljke zbog neželjene pH vrijednosti ili ako je već zasićena nepoželjnim ionima. Voda za pripremu hranive otopine može sadržavati i korisne ione kao što su Ca^{2+} , Mg^{2+} i SO_4^{2-} te se uzimaju u obzir tijekom izračuna hranive otopine. Kada se napravi kemijska analiza vode potrebno je u tri odvojena spremnika (A, B i C) posebno napraviti koncentrirane otopine. U spremniku „A“ otapaju se kalcijeve soli, dok u drugom (spremniku „B“) ostale soli (makro i mikro hraniva). Razlog tome je što kalcijeve soli u kemijskoj reakciji sa sulfatima i/ili fosfatima stvaraju spojeve koji se talože, zbog čega biljka ne prima dovoljno hraniva i može doći do začepljenja cijevi. U treći spremnik „C“ se stavlja kiselina, koja služi za korekciju pH vrijednosti. Kod automatiziranog sustava pripreme otopine u uzgoju plutajućeg hidropona dozatori iz svakog od spremnika povlače jednaki volumen otopine, miješajući je s vodom te takvu razrijeđenu otopinu dovode u glavni spremnik. Kod otopine u glavnom spremniku kontroliraju se pH- i EC-vrijednosti, kako bi putem dozatora mogli ispraviti sastav i/ili količinu dodatka koncentrirane otopine. Nadalje se onda iz glavnog spremnika primjenjiva otopina transportira do bazena (Borošić i sur., 2011).

2.5. Dosadašnja istraživanja uzgoja rajčice

2.5.1. Utjecaj hranive otopine

Istraživanjem dviju hranivih otopina različite formulacije utvrđivala se njihova učinkovitost s ciljem evaluacije otvorenih hidroponskih sustava za uzgoj povrća, naročito rajčica s ili bez upotrebe tla u urbanim sredinama. Testirana je Cooper-ova i Imai-ova hraniva otopina potpuno i upola manje zasićena količinom soli. Zaključeno je kako za uzgoj rajčice u hidroponu s nercirkulirajućom hranivom otopinom, Cooper-ova otopina dokazano bolja nego Imai-ova otopina zbog ranijeg razvoja cvjetova na biljci, ranijoj zriobi plodova, većim brojem plodova po biljci te boljoj prosječnoj masi ploda. Bolji rezultati postignuti korištenjem Cooper-ove hranive otopine, bili su uglavnom zbog sastava hranive otopine koji je pomogao pri održavanju pH i EC-vrijednosti koristeći običnu vodu iz slavine (Shah i sur., 2011).

2.5.2. Utjecaj povišenog saliniteta

Korijen ima važnu ulogu u rastu biljaka zbog izravnog kontakta s otopinom soli pri uzgoju bez tla. Rast korijena kao i fiziologija te morfologija biljke pogođeni su stresom saliniteta. Zhang i sur. (2016) istraživali su utjecaj saliniteta na različite čimbenike tijekom rasta hidroponski uzgojene rajčice. Salinitet negativno utječe na rast korijena rajčice u uzgoju bez tla. Salinitet je spriječio širenje lišća rajčice u hidroponskom uzgoju. Razlog inhibicije širenja lišća putem stresa salinitetom nastaje zbog inhibicije diobe stanica, poremećaja ravnoteže vode i zatvaranja lisnih puči. Samim time dolazi do smanjenja količine klorofila u listovima. Ukupni prinos rajčice značajno se smanjio pri salinitetu jednakom i iznad 5 dS/m, a

prinos je smanjen za 7,2 % po jedini povećanja saliniteta. Dok se prinos povećava pri povećanju EC-vrijednosti otopine od 0 do 3 dS/m zbog povećanja koncentracije hraniva, isto tako se smanjuje pri dodatnom povećanju EC-vrijednosti od 3 do 5 dS/m. Prinos plodova se smanjio za 2 % pri povećanju EC-vrijednosti s 4,4 na 5,4 dS/m. Salinitet smanjuje brzinu izduživanja i bočni rast korijena rajčice zbog ograničenja rasta stanica korijena. List rajčice, visina izboja i promjer stabljike smanjeni su pod utjecajem saliniteta zbog smanjenja fotosinteze. Salinitet je također smanjio sadržaj klorofila u lišću, otpor puči i fotosintetsku aktivnost. Salinitet može smanjiti unos vode iz korijena svojim osmotskim učinkom i posljedično izazvati nedostatak vode. Povećani salinitet u zoni korijena rajčice pozitivno utječe na kvalitetu plodova rajčice u hidroponskom sustavu. Šećeri, kiseline i pH vrijednost važni su čimbenici kvalitete za svježiu potrošnju i preradu, dok su druge karakteristike kao okus i rok trajanja važniji samo za svježiu potrošnju. Prema tome, kakvoća ploda je jedini čimbenik na koji povećani salinitet utječe pozitivno (Zhang i sur., 2016).

Istraživanjem prisutnost soli u većim koncentracijama u hranivim otopinama, Agius i sur. (2022) proučavali su utjecaj na prinos, kvalitetu i fiziologiju plodova *cherry* rajčice. Plodovi *cherry* rajčice sadrže veće razine glukoze i fruktoze u odnosu na ostale tipove rajčice čak i u odsutnosti stresa soli. Uzgoj *cherry* rajčice zanimljiv je iz ekonomskog gledišta jer ima veću tržišnu vrijednost od drugih tipova rajčice. Ispitivao se učinak različitih supstrata kao što su kokosova vlakna, perlit i kamena vuna. Podaci su pokazali da je na prinos očito negativno utjecala prisutnost soli u hranivoj otopini. Najmanji postotak u padu prinosa zabilježen je kod perlita te je prinos na ovom supstratu bio najmanji u svim uvjetima. Iako se postotak vršne truleži plodova povećava sa salinizacijom natrijevim kloridom, nije bilo uočeno statistički značajno povećanje truleži u istraživanju. Iako je došlo do jasnog smanjenja prinosa, kvaliteta plodova rajčice se poboljšala povećanjem saliniteta. Ukupna količina suhe tvari značajno se povećala sa salinitetom. Sukladno tome povećao se sadržaj glukoze i fruktoze, dok su njihovi omjeri ostali jednaki. Uspoređujući kokosova vlakna, kamenu vunu i perlit, biljke uzgojene na kokosovim vlaknima pokazale su najveći prinos na svim razinama saliniteta, s većim brojem plodova. Masa pojedinačnih plodova nije se razlikovala od mase plodova koji su dobiveni na kamenoj vunu i perlitu. Osim toga, ukupna razina suhe tvari bila je veća kao i razina šećera. Plodovi uzgojeni na kokosovim vlaknima imali su najveći sadržaj natrijeva klorida. Kokosova vlakna su se pokazala kao najprikladniji supstrat te ga je lakše zbrinuti nego kamenu vunu ili perlit. Prema rezultatima zaključuje se da *cherry* rajčice slično reagiraju na stres povišenog saliniteta kao rajčice u prethodnim istraživanjima te da je razina kiselosti u plodovima manje izražena, što je poželjna osobina (Agius i sur., 2022).

2.5.3. Utjecaj različitih hidroponskih tehnika bez supstrata

Tijekom istraživanja Schmautz i sur. (2016) uspoređivao se prinos rajčice, morfološka i biokemijska kvaliteta te ukupno zdravlje biljaka u tri različita hidroponska sustava (tehnika hranivog filma, tehnika na supstratu i plutajući hidropon), primjenom hranive otopine iz akvaponskog sustava. Najviši ukupni prinos, zabilježen je kod tehnike uzgoja na supstratu. Kod pojedinačnih berbi, tehnika na supstratu je davala najveće tjedne prinose, a plutajući hidropon najniže.. Značajno najveći sadržaj šećera izmjeren je kod tehnike hranivog filma, a

najmanji kod tehnike na supstratu. Sadržaj šećera u ispitivanim plodovima općenito je bio visok. Niži sadržaj šećera u plodovima rajčice uzgojenih tehnikom na supstratu povezan je s većom proizvedenom masom plodova. Zaključuje se kako se tehnika na supstratu pokazala kao bolji sustav uzgoja u odnosu na plutajući hidropon i tehniku hranivog filma. Postojale su samo malene razlike u vrijednostima mineralnog sastava biljaka, što ukazuje da sva tri sustava mogu biti uspješno primjenjiva. Međutim, niži sadržaj suhe tvari, kvalitete ploda i neznatno promijenjena dostupnost hranivih tvari u zoni korijena, ukazuje da je plutajući hidropon manje prikladan za akvaponsku proizvodnju *cherry* rajčice (Schmautz i sur., 2016).

Količina vode i gnojiva korištenih u proizvodnji povrća je visoka, posebno u uzgoju rajčice. Hidroponski sustavi koji koriste supstrate poznati su kao otvoreni sustavi gdje višak hranive otopine otječe u tlo i infiltrira se te često dospijeva u podzemne vode. Drugim riječima, hraniva otopina se ne može ponovno koristiti. Ovi sustavi imaju nedostatak zahtijevanja velike količine vode i mineralnih gnojiva, kao i stvaranja negativnih utjecaja na okoliš. Nasuprot tome, zatvoreni hidroponski sustavi imaju važnu prednost ponovne upotrebe hranive otopine nakon što se višak ocijedio iz supstrata. Dakle, sprječava se gubitak otopine infiltracijom u tlo čime se onečišćuju podzemne vode. Osim ekoloških prednosti, zatvoreni sustavi mogu osigurati veću ekonomsku dobit, budući da smanjuju količinu vode i mineralnih gnojiva korištenih tijekom proizvodnje. U istraživanju učinkovitosti korištenja vode i gnojiva u zatvorenim i otvorenim hidroponskim sustavima u proizvodnji rajčice u zaštićenom prostoru zaključuje se da nije bilo značajne razlike u ostvarenom prinosu između dva sustava proizvodnje. U odnosu na otvoreni sustav, zatvoreni sustav je ostvario oko 13 kg veći prinos plodova po utrošenom metru kubnom vode, dok je udio mineralnog gnojiva po kilogramu prinosa bio 10 g manji. Učinkovitost korištenja vode i mineralnih gnojiva bio je oko 22 % veći u zatvorenom hidroponskom sustavu. Prema tome, zatvoreni sustavi su dobra alternativa za proizvodnju rajčice i očuvanje resursa korištenih u uzgoju (poput vode i mineralnih gnojiva), a samim time dolazi do smanjenja onečišćenja okoliša (De la Rosa-Rodríguez i sur., 2020).

Verdoliva i sur. (2021) proveli su istraživanje uspoređujući uzgoj grozdaste (*grappolo*) rajčice u tlu s uzgojem dva hidroponska sustava (tehnikom na supstratu i tehnikom plutajućeg hidropona). Biljke uzgojene hidroponskim sustavima transpirirale su manje vode i bile učinkovitije u korištenju vode u odnosu na biljke uzgojene u tlu. Autori zaključuju da ispitani sustavi uzgoja bez tla proizvode jednako dobre plodove rajčice kao i sustav na tlu. Između tri načina uzgoja nije bilo razlika u ostvarenom prinosu, ukupnoj količini topljive suhe tvari i razine šećera. Međutim, razine likopena i β -karotena bile su slične ili značajno više u tehnici plutajućeg hidropona u usporedbi sa tehnikom na supstratu ili uzgoja na tlu.

2.5.4. Utjecaj toplinskog stresa

Mnoga istraživanja otkrila su i potvrdila povezanost toplinskog stresa sa smanjenjem količine ili kvalitete plodova rajčice, znatnim smanjenjem količine škroba, smanjenjem klorofila i karotenoida, smanjenje mase i funkcije korijena itd. Dok je toplinski stres < 7 dana relativno dobro proučen, fiziološki i fotosintetski procesi koji bi bili pod utjecajem dugotrajnijeg stresa (> 45 dana) nisu još istraženi. Dugotrajne visoke temperature mogu imati

veći negativni utjecaj na transport hraniva unutar biljke. Produljena izloženost ekstremnoj vrućini može uzrokovati smanjenu dostupnost kisika što dovodi do promijene boje korijena iz bijele u smeđu boju. Kako zdravi dijelovi korijena postaju smeđi, biljka teže ili uopće ne apsorbira hraniva u onoj količini koliko joj je potrebno, što rezultira smanjenjem prinosa. Istraživane su se promjene u fiziologiji, prinosu, unosu hraniva za vrijeme dugotrajnog toplinskog stresa. U istraživanju su korištena tri različita hibrida *cherry* rajčice uzgojena u zaštićenim prostorima. Od ukupno 57 dana toplinskog tretmana, maksimalna temperatura preko 40 °C zabilježena je tijekom 28 dana u zaštićenom prostoru toplinskog stresa i 10 dana u kontroliranom zaštićenom prostoru. U uvjetima kratkotrajnog toplinskog stresa postignut je veći prinos. U uvjetima dugotrajnijeg toplinskog stresa hibridi tolerantniji na veće temperature imali su veće izduživanje stabljike i povećanje lisne površine. Testiranjem učinkovitosti iskorištenja dušika, utvrđena je korelaciju između dobivenih rezultata s nedostatkom vode te su sva tri hibrida imala niži stupanj učinkovitosti iskorištenja dušika i sadržaja vode pod toplinskim stresom. Rezultati ukazuju da bi dovoljna količina vode za navodnjavanje mogla pomoći biljkama da prežive dugotrajniji toplinski stres (Park i sur., 2023).

3. Materijali i metode

3.1. Testirane sorte i hibrid

Testirane su tri sorte *cherry* rajčice: 'Vita bella', 'Žuta kruška' i 'Choco cherry' ; te hibridni kultivar 'Florantino', svaki od njih s različitim bojom i oblikom ploda (slika 3.1.1.). Hibrid 'Florantino' karakteristične je crvene boje i ovalnog oblika ploda. Sorta 'Vita bella' identične je crvene boje kao i 'Florantino', ali manjeg i okruglog ploda. Druga sorta, 'Choco cherry' specifična je zbog smečkasto crvene boje plodova koji su okruglog oblika i dimenzijama većih od 'Vita belle'. 'Žuta kruška' sorta je koja se najviše razlikuje od navedenih *cherry* rajčica, plodovi su joj žarko žute boje i oblika kao u voćne kulture kruške. Hibrid i sve tri sorte *cherry* rajčice korištene u ovom istraživanju su indeterminatnog rasta prema tipu stabljike.

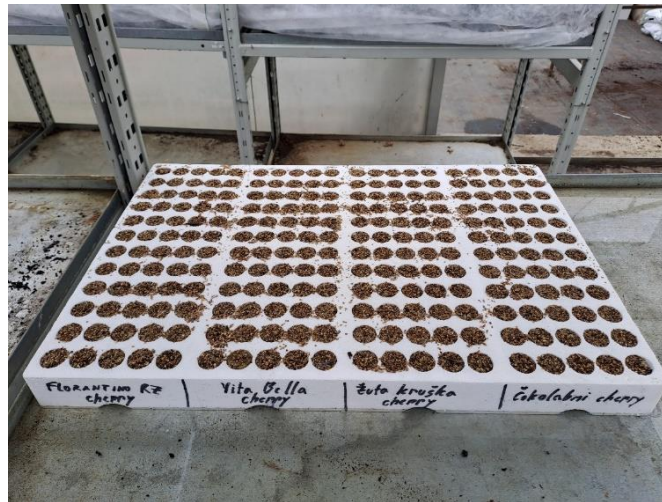


Slika 3.1.1. Uzorci plodova *cherry* rajčice za analizu: 'Florantino' (gore lijevo), 'Žuta kruška' (gore desno), 'Choco cherry' (dolje lijevo) i 'Vita bella' (dolje desno)

Foto: L. Brkljačić

3.2. Provedba pokusa

Istraživanje je provedeno u zaštićenim prostorima na pokušalištu Maksimir Zavoda za Povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu tijekom proljetno-ljetnog perioda 2023. godine. Sjetva sjemena u polistirenski kontejner s 240 lončica obavljena je 3. ožujka (slika 3.2.1.). Slijedilo je prekrivanje s tankim slojem vermikulita, a zatim vlaženje supstrata vodom. Kontejner je smješten u grijani plastenik, opremljen automatskom bočnom i krovnom ventilacijom.



Slika 3.2.1. Sjetva rajčice u polistirenski kontejner s čepovima kamene vune

Foto: L. Brkljačić

Pikiranje je obavljeno 27. ožujka 2023. godine, na način da su mlade biljke rajčice u fazi razvijenih kotiledona i prvog pravog lista premještene zajedno s čepom kamene vune iz kontejnera u kocke kamene vune. Pikiranjem se mlade biljke kratkotrajno izlažu mehaničkom stresu, čime dolazi do zadebljanja stabljike, jačeg grananja sekundarnog korijenja, ranije berbe te većeg prinosa. Prije pikiranja kocke kamene vune potopljene su u 1 %-tnu otopinu vodotopivog kompleksnog gnojiva Poly-Feed Drip formulacije 9-12-36. Kocke kamene vune s pikiranim biljkama rajčice slagane su jedne kraj drugih na potopnim stolovima visine jednog metra (slika 3.2.2.). Tijekom uzgoja presadnica obavljeno je razmicanje kocki kako bi se spriječilo međusobno zasjenjivanje biljaka i njihovo izduživanje te omogućilo maksimalno iskorištavanje vegetacijskog prostora. Navedena formulacija gnojiva primijenjena je i za dvije prihrane, provedene 5. i 19. travnja. Rastom stabljike i razvojem novih listova, počeli su se javljati zaperci u pazuhu listova, koji su pincirani tijekom cijele vegetacije. Pinciranjem se onemogućava biljci razvoj novih postranih grana iz zaperaka te ona produkte fotosinteze, zajedno s hranivima i vodom šalje u vegetacijski vrh i razvoj prvih cvjetnih grana, iz kojih će se kasnije razviti plodovi. Kako bi se omogućio normalan rast i razvoj te hlađenje transpiracijom, biljke su navodnjavane jednom tjedno, punjenjem potopnih stolova.



Slika 3.2.2. Priprema presadnica *cherry* rajčica za sadnju u bazene

Foto: L. Brkljačić

Polistirenske ploče namijenjene uzgoju lisnatog povrća u plutajućem hidroponu; korištene su kao nosači polietilenskih lončića promjera 8 cm. Na pločama su na razmak 0,6 x 0,4 m napravljeni otvori u koje su u sadnji umetnuti lončići sa presadnicama. Pripremljenim pločama prekrivena su tri bazena visine 25 cm i zapremine 878 litara. Svaki je bazen (slika 3.2.3.) predstavljao jedno od tri ponavljanja, unutar kojeg su testirane sorte i hibrid raspoređeni prema slučajnom bloknom rasporedu. Kako bi se lakše održala optimalna temperatura hranive otopine tijekom ljeta, bazeni su izolirani polistirenskim pločama debljine 8 cm. Bazeni su prvo punjeni čistom vodom do 20 cm visine, zatim je u svaki bazen dodana otopina hranivih soli, kako bi se onda svaki bazen ponovno punio čistom vodom do preostalih 25 cm. Bazeni su bili opremljeni pumpom za aeriranje hranjive otopine kako bi korijen imao izvor kisika za rast i razvoj.



Slika 3.2.3. Opremljen bazen za sadnju presadnica *cherry* rajčica

Foto: L. Brkljačić

Sadnja presadnica je obavljena 5. svibnja. Prije same sadnje na kockama kamene vune s razvijenim presadnicama rajčice, rezani su kutovi; kako bi se biljke utisnule u crne plastične lončice, koji bi onda bili postavljeni u otvore izrezane na polistirenskim pločama. Osnovna parcela se sastojala od 4 biljke rajčice. Potpora biljkama osigurana je polipropilenskim vezivom vezanim za pocinčanu žicu razvučenu iznad biljaka (slika 3.2.4.). Uzevši u obzir da polistirenske ploče plutaju na hranjivoj otopini te će se potrošnjom otopine ploče spustiti zajedno s biljkama, veziva su samo nekoliko puta motana oko stabljike tijekom cijele vegetacije, a zatim provučena kroz već postojeće proreze za sjetvu.



Slika 3.2.4. Posađene biljke *cherry* rajčica vezane polipropilenskim vezivom
Foto: L. Brkljačić

Hranjivu otopinu formulacije (Enzo i sur., 2001) prikazane u tablici 3.2.1., potrebno je bilo nadopunjavati u onoj količini, koliko su biljke potrošile za rast, razvoj i transpiraciju. To se određivalo prema razlici trenutne i početne razine hranjive otopine koja je iznosila 25 cm. Kroz čitav vegetacijski period, jednom tjedno je pomoću multiparametarskog mjerača HI91984 očitana pH-vrijednost, količina otopljenog kisika, EC-vrijednost i temperatura hranjive otopine. Na temelju tih podataka u početku je dodana dušična kiselina u količini od 200 mL po svakom bazenu, zbog početne povišene pH vrijednosti.

Kada su se formirali prvi plodovi, odstranjeni su listovi do prve cvjetne grane. Na taj način se omogućilo biljci transport hraniva u ostale organe, jer su ti listovi počeli biti zasjenjivani listovima viših etaža zbog čega je smanjena fotosinteza. Nakon što je svaka biljka razvila šest cvjetnih grana, vegetacijski vrh je odstranjen, ostavljajući tri prava lista od zadnje cvjetne grane. Ukupno je bilo pet berbi: 22. i 26. lipnja, 5. i 12. srpnja te 2. kolovoza 2023. godine. Nakon svake berbe utvrđen je broj plodova po biljci, masa ploda, prinos po biljci i udio netržnih plodova.

U berbi 5. srpnja sakupljeni su reprezentativni uzorci plodova, koji su dostavljeni u laboratorij Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport. U laboratoriju su određeni sadržaj ukupne suhe tvari, topljive suhe tvari, vitamina C, β -karotena i likopena.

Tablica 3.2.1. Količina makro i mikrohraniva za primjenjenu otopinu prema Enzo i sur. (2001)

| Makrohraniva | Količina (mmol/L) | Mikrohraniva | Količina (μmol/L) |
|---|-------------------|------------------|-------------------|
| NO ₃ ⁻ | 13,75 | Fe ³⁺ | 15,00 |
| H ₂ PO ₄ ⁻ | 1,25 | B ³⁺ | 30,00 |
| SO ₄ ²⁻ | 3,75 | Mn ²⁺ | 10,00 |
| NH ₄ ⁺ | 1,25 | Zn ²⁺ | 5,00 |
| K ⁺ | 8,75 | Cu ²⁺ | 0,75 |
| Ca ²⁺ | 4,25 | Mo ⁶⁺ | 0,50 |
| Mg ²⁺ | 2,00 | – | – |

3.3. Laboratorijske analize ploda

3.3.1. Suha tvar

Ukupna suha tvar izražava se u postocima (%). Ono je sveukupni sadržaj tvari iz sastava uzorka koja neće ispariti pod određenim uvjetima.

- Oprema i pribor za analiziranje:
 - laboratorijski sušionik
 - stakleni štapić
 - staklene posudice
 - analitička vaga
 - kvarcni pijesak
 - eksikator sa sredstvom za sušenje

U suhu staklenu posudicu s poklopcem koja je prethodno izvagana, staklenim štapićem stavi se 5 g kvarcnog pijeska. U istu posudicu stavlja se 2,5 g uzorka, potom se na analitičkoj vagi izvažuje. Staklena posudica bez poklopca sa uzorkom stavlja se u zagrijani sušionik na 105°C.

Konačna ukupna suha tvar računa se preko sljedeće formule:

$$\text{Suha tvar (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

- Prema kojoj je:
 - m₀ – masa posudice i pomoćnog materijala (g)
 - m₁ – masa posudice s ispitivanim uzorkom prije sušenja (g)
 - m₂ – masa posudice s ostatkom uzorka nakon sušenja (g)

3.3.2. Topljiva suha tvar

Sadržaj šećera mjerio se pomoću digitalnog refraktometra (Refracto 30PX). Uređaj je bilo potrebno usmjeriti prema izvoru svjetlosti, kako bi se uspješno izvršilo mjerenje. Malena količina soka iz ploda položila se na senzor, a na ekranu očitao dobiveni rezultat. Analizirano je pet plodova (ponavljanja) po sorti *cherry* rajčice.

3.3.3. Vitamin C

Titracijskom metodom određuje se udio askorbinske kiseline (vitamina C) u plodu *cherry* rajčice na način da 2,6-diklorfenolindofenol oksidira L-askorbinsku kiselinu iz uzorka u dehidroksiaskorbinsku kiselinu.

- Aparatura i pribor:
 - homogenizator
 - analitička vaga
 - tehnička vaga
 - odmjerna tikvica volumena 100 mL
 - čaše volumena 100 mL
 - bireta volumena 50 mL
- Reagensi:
 - 2,6-diklorfenol indofenol
 - 2 %-tna otopina oksalne kiseline

Na tehničkoj vagi odvaži se 3 g usitnjenog ploda *cherry* rajčice te se kvantitativno prenese u odmjernu tikvicu od 100 mL pomoću 2 %-tne otopine oksalne kiseline. Uz povremeno miješanje, odmjerna tikvica se napuni otopinom oksalne kiseline do oznake. Sadržaj iz prethodno pripremljene odmjerne tikvice se kroz filter papir profiltrira te dobiveni filtrat služi za određivanje askorbinske kiseline. Od ukupne količine, izuzme se 10 mL filtrata te se titrira s 2,6-diklorfenolindofenolom do pojave ružičaste boje koja mora biti postojana barem pet sekundi.

Faktor otopine 2,6-diklorfenolindofenola određuje se na način da se najprije pripremi otopina askorbinske kiseline koja će se potom titrirati otopinom 2,6-diklorfenolindofenola. U odmjernu tikvicu od 50 mL na analitičkoj vagi odvaži se $\pm 0,0100$ g askorbinske kiseline te se tikvica do oznake napuni 2 %-tnom otopinom oksalne kiseline. U Erlenmeyerovu tikvicu od 50 mL otpipetira se 5 mL 2 %-tne otopine oksalne kiseline i 5 mL pripremljene otopine askorbinske kiseline te se titrira otopinom 2,6-diklorfenolindofenola do pojave ružičaste boje koja mora biti postojana. Faktor otopine 2,6-diklorfenolindofenola izračuna se pomoću volumena koji je utrošen u titraciji askorbinske kiseline, kao i mase askorbinske kiseline izvagane prilikom pripreme otopine za titraciju.

Konačni sadržaj vitamina „C“ izražava se u mg/100g, a računa preko slijedeće formule:

$$\text{Vitamin C (mg/100g)} = \frac{V \times F}{D} \times 100$$

- Prema kojoj je:
 - V – volumen utrošenog 2,6-diklorfenola pri titraciji (mL)
 - F – faktor normaliteta 2,6-diklorfenola
 - D – masa uzorka i titriranoj tekućini (g)

3.3.4. β-karoten

Sadržaj β-karotena određivao se kromatografskom metodom koja se bazira na odjeljivanju biološki aktivnih pigmenata od ostalih karotenoidnih pigmenata u nekom ekstraktu, pomoću specifičnog adsorbensa sa različitim afinitetom na različite pigmente. Pod određenim uvjetima različiti materijali mogu se razdijeliti na relativno oštre zone ili vrpce. Pojedini pigmenti pokazuju karakteristične apsorpcione maksimume, kod kojih se može njihova koncentracija odrediti fotometrijski.

- Reagensi:
 - adsorbens – smjesa jednakih dijelova Al₂O₃ bezvodnog Na₂SO₄, a aktivira se zagrijavanjem na 150 °C 12-16 sati
 - petroleter t.v. 40-70 °C
 - aceton
 - smjesa petroleter-aceton 1:1. (na litru smjese doda se 1 g hidrokinona)
 - 2 %-tna otopina acetona u petroleteru
 - kvarcni pijesak
 - standard β-karotena

Ekstrakcija pigmenta – u čašu od 50 mL se odvaži 1-2 g uzorka, doda se ista količina kvarcnog pijeska, 8-10 mL petroleter-acetona 1:1 i sve se dobro izmrviti. Ovako dobiveni ekstrakt ostavi se stajati na miru dok se čvrsti djelići ne slegnu. U lijevak za odvajanje od 250 mL, u koji je naliveno oko 50 mL vode, dekantira se otapalo, a vlažni talog se dalje mrviti dok se ne razore obojeni djelići. Sitnjenje i dekantiranje ponavlja se tako dugo dok se još ekstrahira karoten. Za većinu materijala dovoljno je 5-8 ekstrakcija.

Ispiranje acetonom – tragovi acetona se moraju potpuno odstraniti iz petroletera. To se postiže pomoću posebne aparature. Pipac gornjeg lijevka podesi se tako da pušta 100-200 kapi vode u minuti. Višak vode otiče noseći aceton i druge supstance otopljene u vodi ostavljajući karotene u petroleterskom sloju. Kada je ispiranje završeno vodeni sloj je bistar čak i dok padaju kapi vode.

Pročišćavanje petroleterskog ekstrakta – eluat se prenese u odmjernu tikvicu od 25 (ili 50 mL) i nadopuni se petroleterom do oznake. Intenzitet boje ekstrakta mjeri se kod 450 nm,

prema petroleteru kao slijepoj probi. Standardna krivulja – izradi se pomoću čistog β -karotena ili smjese od 90 % beta i 10 % alfa karotena otapanjem u petroleteru.

Konačni sadržaj β -karotena računa preko slijedeće formule:

$$c(\text{mg/g}) = \frac{c_1 \times V}{m}$$

- Prema kojoj je:
 - c – masena koncentracija pigmenata (mg/g svježe tvari)
 - c_1 – masena koncentracija pigmenata (mg/dm^3)
 - V – volumen filtrata

3.3.5. Likopen

Sadržaj likopena određivao se tako da se odvagalo 0,3 g ($\pm 0,01$) homogeniziranog uzorka i dodalo redom: 5 mL 0,05 % BHT-a otopljenog u acetonu (p.a.), 5 mL etanola (96 %) i 10 mL heksana (p.a.). Uzorci su se inkubirali u vodenoj kupelji pri 4 °C 15 min, nakon čega se dodalo 3 mL destilirane vode, a dobivena suspenzija ostavila se u vodenoj kupelji pri 4 °C 15 min. Uzorci su zatim inkubirani 5 min pri sobnoj temperaturi. Tijekom inkubacije, u staklenu čašu s homogeniziranim uzorkom i otapalima stavi se magnet, zatvori parafilmom i inkubacija se provodi konstantnim miješanjem pomoću magnetske miješalice. Nakon inkubacije na površini suspenzije odvoji se heksanski (obojeni, likopeni) sloj koji se pažljivo kapaljkom prenese u kivetu, te na spektrofotometru pri valnoj od 503 nm izmjeri apsorbancija (A_{503}) uz heksan kao slijepu probu.

Konačni sadržaj likopena izražava se u mg/g, a računa preko slijedeće formule:

$$\text{Sadržaj likopena (mg/g)} = \frac{A_{503} \times 31,2}{m \text{ (g)}}$$

- Prema kojoj je:
 - A_{503} – apsorbancija pri $\lambda = 503 \text{ nm}$
 - m – masa uzorka (g)

4. Rezultati i rasprava

4.1. Dinamika rasta

U istraživanju su testirane tri sorte ('Vita bella', 'Žuta kruška' i 'Choco cherry') i hibrid ('Florantino') *cherry* rajčice indeterminantnog rasta stabljike. U petom tjednu (nakon sjetve) kada je obavljeno pikiranje mladih biljaka u kocke kamene vune, razlika u veličini biljaka nije bila vidljiva. Razlike su se počele javljati u šestom tjednu uzgoja. Primijećen je intenzivniji porast i brži razvoj nadzemne mase kod 'Florantina' u odnosu na druge tri sorte koje su međusobno bile slične u veličini. Tijekom devetog tjedna, u vrijeme sadnje u bazene, jedino je 'Florantino' imao razvijenu prvu cvjetnu granu nakon petog razvijenog lista. Tjedan dana nakon sadnje u bazene, 'Florantino' je bio primjetno viši u odnosu na tri sorte, dok su one međusobno i dalje bile slične u visini. U 11. tjednu je na listovima sorte 'Žuta kruška' zamijećeno kovrčanje i pojava ljubičaste boje na žilama starijih i mladih listova, što može biti rezultat osjetljivosti na sastav hranive otopine. Ostale sorte i hibrid nisu imale takve simptome. Pojava prvih zelenih plodova bila je u 13. tjednu uzgoja kod 'Florantina', koji je tada u prosjeku razvio već pet cvjetnih grana (slika 4.1.1.).



Slika 4.1.1. Vidljiva razlika u visini između biljaka u 13. tjednu uzgoja

Foto: L. Brkljačić

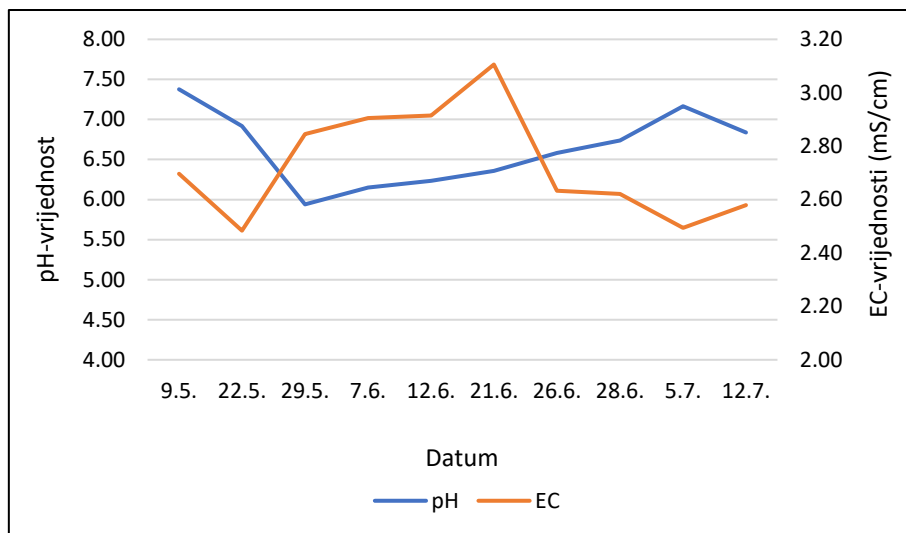
Tri sorte ('Vita bella', 'Žuta kruška' i 'Choco cherry') u istom su tjednu, u prosjeku imale razvijene od dvije do četiri cvjetne grane, a neke i s prvim zelenim plodovima. Prva promjena boje plodova zabilježena je u 14. tjednu uzgoja, a pojava crvene boje u 15. tjednu na biljkama hibridnog kultivara 'Florantino'. (slika 4.1.2.). Prva berba obavljena je u 16. tjednu uzgoja, 22. lipnja.



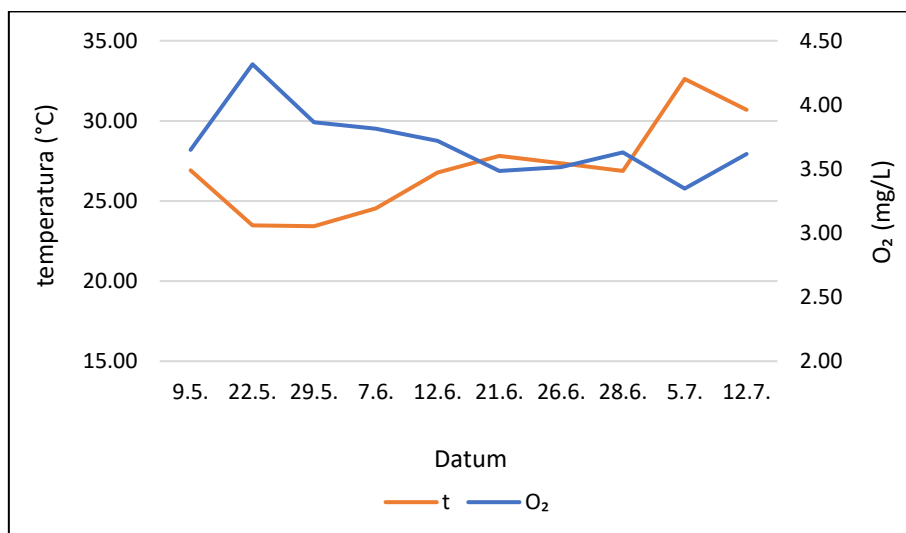
Slika 4.1.2. Crveni plodovi hibrida 'Florantino'
Foto: L. Brkljačić

4.2. Parametri hranive otopine

Povišena temperatura hranive otopine imala je negativan utjecaj na rast, razvoj i plodonošenje kod svih biljaka. Srednje vrijednosti mjerenih parametara hranive otopine u svim bazenima tijekom vegetacije (grafikon 4.2.1. i grafikon 4.2.2.) iznosile su: pH = 6,63; EC = 2,73 mS/cm; O₂ = 3,70 mg/L; t = 27,05 °C. pH vrijednost hranive otopine bila je u zadovoljavajućem intervalu od 5,5 do 6,5, kao i EC-vrijednosti od 1,5 do 4 mS/cm. Temperature hranivih otopina bile su previsoke, ponekad oko 33 °C, što je za 10 °C više od preporučene temperature hranive otopine. Povišene temperature utjecale su na smanjenje količine kisika u hranivoj otopini.



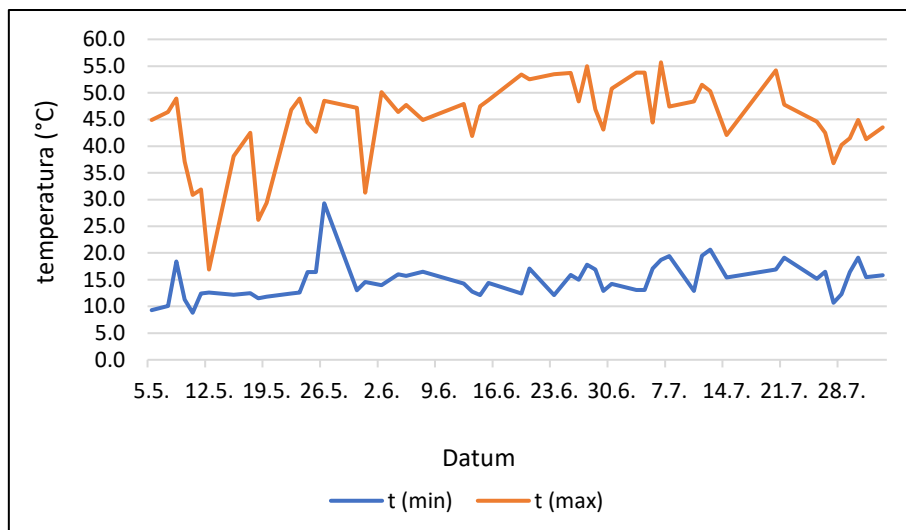
Grafikon 4.2.1. Prikaz prosječnih pH- i EC-vrijednosti hranive otopine



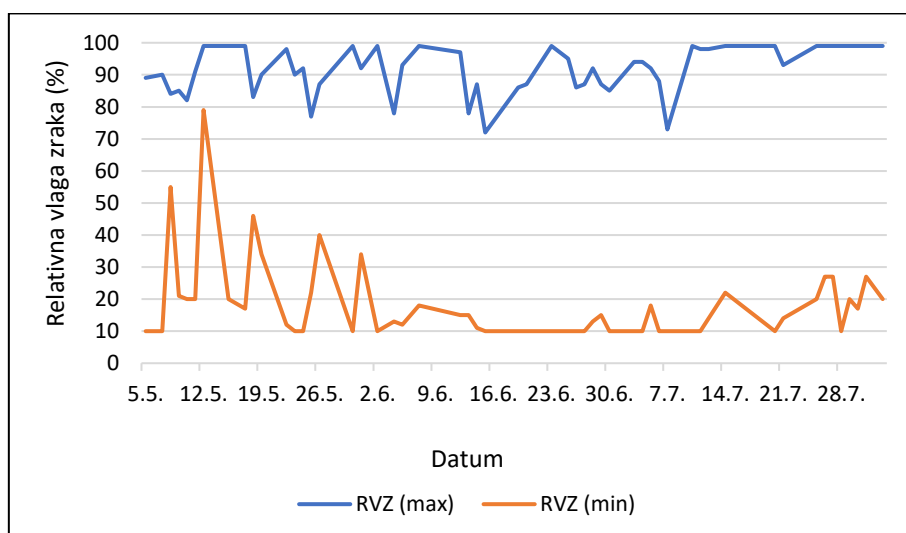
Grafikon 4.2.2. Prikaz prosječnih temperatura i količine O₂ hranive otopine

4.3. Mikroklimatski uvjeti u zaštićenom prostoru

Visoka temperatura zraka u plasteniku (grafikon 4.3.1.), čije su maksimalne vrijednosti početkom srpnja prelazile 55 °C, negativno je utjecala na fiziologiju biljke i uzrokovala zagrijavanje hranive otopine iznad optimalnih vrijednosti. Relativna vlaga zraka tijekom vegetacije prikazana je u grafikonu 4.3.2. Oblačno i kišno vrijeme tijekom svibnja usporilo je rast i razvoj biljaka jednim dijelom zbog smanjene fotosinteze, a drugim dijelom zbog nižih temperatura, oko 15 do 20 °C unutar plastenika. Niže temperature u plasteniku doprinijele su sporijem razvoju cvjetnih grana i zametanju plodova. Prva berba, 22. lipnja, bila je 15 do 20 dana kasnija od očekivane, računajući da je potreban period od 30 dana do prve berbe nakon sadnje.



Grafikon 4.3.1. Prikaz minimalni i maksimalnih temperatura u plasteniku



Grafikon 4.3.2. Prikaz minimalne i maksimalne vlage zraka u plasteniku

4.4. Gospodarska svojstva

Među testiranim sortama i hibridom utvrđene su statistički značajne razlike za sva praćena gospodarska svojstva (tablica 4.4.1.). 'Florantino' je razvio značajno više tržnih plodova (95) i ostvario signifikantno veći prinos (435 g/biljci) od ostalih sorti, uz najmanji udio netržnih plodova (4,53 %). Plodovi kultivara 'Florantino' bili su podjednake krupnoće kao i sorte 'Vita bella', značajno sitniji u odnosu na plodove preostale dvije sorte (7,7 do 7,8 g). 'Žuta kruška' razvila je svega 9 tržnih plodova po biljci, što je rezultiralo najnižim prinosom među testiranim sortama (72 g/biljci). Kod iste je sorte utvrđen udio netržnih plodova od gotovo 26 %, što je statistički bilo podjednako s najvećim udjelom netržnih plodova (30,5 %), utvrđenim kod sorte 'Vita bella' (tablica 4.4.1.).

Tablica 4.4.1. Gospodarska svojstva hibrida i tri sorte *cherry* rajčice

| SORTA | Broj plodova po biljci | Masa ploda (g) | Prinos plodova, g/biljci | Udio netržnih plodova (%) |
|--------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Florantino | 95 ± 9,29 ^A | 4,57 ± 0,33 ^b | 435 ± 54,24 ^A | 4,53 ± 3,13 ^B |
| Vita bella | 34 ± 6,08 ^B | 4,68 ± 0,32 ^b | 159 ± 39,23 ^B | 30,52 ± 7,15 ^A |
| Žuta kruška | 9 ± 1,53 ^C | 7,76 ± 1,90 ^a | 72 ± 14,36 ^B | 25,98 ± 6,14 ^A |
| Choco cherry | 20 ± 6,11 ^{BC} | 7,68 ± 0,92 ^a | 153 ± 64,13 ^B | 17,51 ± 4,85 ^{AB} |
| LSD | 21,68 | 2,17 | 159,1 | 17,58 |

4.5. Nutritivna svojstva

Među testiranim sortama i hibridom utvrđene su statistički značajne razlike za sva praćena nutritivna svojstva (tablica 4.5.1.). 'Florantino' i 'Vita bella' nisu se statistički razlikovale u sadržaju ukupne suhe tvari (12,37 % i 12,81 %), ali jesu u odnosu na 'Žutu krušku' i 'Choco cherry', kod kojih je međusobno bila značajna razlika (9,49 % i 11,15 %). Udio topljive suhe tvari bio je značajno najveći kod 'Florantina' (13,37 %), bez značajne razlike između 'Vita belle' i 'Choco cherry', a najniži kod 'Žute kruške'. Kao i kod udjela ukupne suhe tvari, razlika u sadržaju vitamina C nije bila značajna između 'Florantina' (55,10 mg/100g) i 'Vita belle' (56,85 mg/100g). Sadržaj vitamina C kod 'Žute kruške' (41,19 mg/100g) bio je značajno veći u odnosu na 'Choco cherry' (28,63 mg/100g), ali niži s obzirom na 'Florantino' i 'Vita bellu'.

Signifikantno najznačajnija razlika bila je u sadržaju biljnih pigmentata. Sorta 'Žuta kruška' imala je najniži sadržaj β-karotena (0,50 mg/100g) i likopena (0,80 mg/g) u odnosu na 'Florantino', 'Vita bellu' i 'Choco cherry', koji su se međusobno statistički značajno razlikovali u navedenim svojstvima. (tablica 4.5.1.). Razlika u sadržaju karotenoida se može opravdati činjenicom da je žuta boja opne i perikarpa ploda karakteristična za pigment ksantofil, dok su upravo β-karoten i likopen karotenoidi koji daju narančasto crvenu boju plodova.

Prema Schmautz i sur. (2016) udio topljive suhe tvari iznosio je između 6,5 i 8,5 %, što je niže u odnosu na udio kod 'Florantina' (13,17 %), 'Vita belle' (11,37 %) i 'Choco cherry' (10,73 %) dobiven analizom u ovom diplomskom radu. Jedino je 'Žuta kruška' s udjelom od 8,37 % bila unutar intervala istraživanja. Schmautz i sur. (2016) dobili su količine likopena od 100 do 400 mg/g, što je značajna razlika u odnosu na hibrid i sorte testirane u ovom istraživanju, čija je najviša vrijednost dostizala 70 mg/g kod 'Florantina'.

Tablica 4.5.1. Nutritivna svojstva hibrida i tri sorte *cherry* rajčice

| SORTA | Suha tvar (%) | Topljiva suha tvar (%) | Vitamin C (mg/100g) | β-karoten (mg/100g) | Likopen (mg/g) |
|--------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Florantino | 12,37 ± 0,16 ^A | 13,17 ± 0,51 ^A | 55,10 ± 2,29 ^A | 7,31 ± 0,01 ^B | 68,87 ± 0,59 ^A |
| Vita bella | 12,81 ± 0,11 ^A | 11,37 ± 0,23 ^B | 56,85 ± 1,49 ^A | 7,35 ± 0,05 ^A | 40,63 ± 0,21 ^C |
| Žuta kruška | 9,49 ± 0,46 ^C | 8,37 ± 0,15 ^C | 41,19 ± 1,15 ^B | 0,50 ± 0,01 ^D | 0,80 ± 0,11 ^D |
| Choco cherry | 11,15 ± 0,32 ^B | 10,73 ± 0,06 ^B | 28,63 ± 1,05 ^C | 6,34 ± 0,05 ^C | 44,18 ± 0,20 ^B |
| LSD | 0,90 | 0,89 | 6,21 | 0,03 | 1,08 |

5. Zaključna razmatranja

Temeljem rezultata jednogodišnjeg istraživanja mogućnosti uzgoja *cherry* rajčice u plutajućem hidroponu, može se zaključiti sljedeće:

- hibridni kultivar 'Florantino' bio je najuspješniji prilikom uzgoja u plutajućem hidroponu: iako se nije značajno razlikovao u masi ploda u odnosu na sorte, imao je značajno najveći broj plodova po biljci (95), prinos plodova (435 g/biljci) i najniži udio netržnih plodova (4,53 %),
- prema praćenim gospodarskim svojstvima najlošije se pokazala sorta 'Žuta kruška', a zbog osjetljivosti sorte na hranivu otopinu, javili su se simptomi kovrčanja i promjene boje listova,
- prema praćenim nutritivnim svojstvima manje su značajne razlike utvrđene između hibrida i sorti u udjelu suhe i topljive suhe tvari te vitamina C, a signifikantna odstupanja bila su kod biljnih pigmenata, β -karotena i likopena, čiji je sadržaj značajno niži bio kod 'Žute kruške' zbog žuto obojanog ploda; unatoč vizualno sličnoj obojenosti, 'Florantino' i 'Vita bella' značajno su se razlikovali po sadržaju β -karotena i likopena,
- uz reguliranje abiotskih čimbenika te odabir odgovarajućeg sortimenta, uzgoj *cherry* rajčice u plutajućem hidroponu je moguć i rezultira zadovoljavajućim prinosom i kvalitetom.

6. Popis literature

1. Agius C., von Tucher S., Rozhon W. (2022). The Effect of Salinity on Fruit Quality and Yield of *Cherry* Tomatoes. *Horticulturae*. 8(1): 59. DOI: 10.3390/horticulturae8010059
2. Borošić J., Benko B., Toth N. (2011). Hidroponski uzgoj povrća. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet
3. Enzo M., Gianquinto G., Lazzarin R., Pimpini F., Sambo P. (2001). Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo. Tipografia-Garbin, Padova, Italy.
4. Hamza A., Abdelraouf R.E., Helmy Y.I., El-Sawy S.M.M. (2022). Using deep water culture as one of the important hydroponic systems for saving water, mineral fertilizers and improving the productivity of lettuce crop. *International Journal of Health Sciences*. 6 (59): 2311-2331. DOI: 10.53730/ijhs.v6nS9.12932
5. Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2016). Rajčica (*Lycopersicon esculentum* Mill.) U: Povrčarstvo – III. dopunjeno izdanje. Zrinski, Čakovec. 265-301
6. Nicola S., Hoeberechts J., Fontana E. (2007). Ebb-and-Flow and Floating Systems to grow Leafy Vegetables: a review for Rocket, Corn Salad, Garden Cress and Purslane. *Acta Horticulturae*. 747: 585-592. DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.747.76
7. Olaniyi J.O., Akanbi W.B., Adejumo T.A., Akande O.G. (2010). Growth, fruit yield and nutritional quality of tomato varieties. *African Journal of Food Science*. 4(6): 398-402. DOI: 10.5897/AJFS.9000154
8. Park B.-M., Jeong H.-B., Yang E.-Y., Kim M.-K., Kim J.-W., Chae W., Lee O.-J., Kim S.G., Kim S. (2023). Differential Responses of *Cherry* Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) to Long-Term Heat Stress. *Horticulturae*. 9(3): 343. DOI: 10.3390/horticulturae9030343
9. Patil S.T., Kadam U.S., Mane M.S., Mahale D.M., Dekale J.S. (2020). Hydroponic nutrient solution: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(5): 2095-2099. DOI: 10.22271/phyto
10. Pomoni D.I., Koukou M.K., Vrachopoulos M.G., Vasiliadis L. (2023). A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use. *Energies*. 16(4): 1-26. DOI: 10.3390/en16041690
11. Resh H. (2001). Hydroponic food production – A definitive guide book of soilless food growing methods, Newconcept Press, USA.
12. Schmautz Z., Loeu F., Liebisch F., Graber A., Mathis A., Bulc T.G., Junge R. (2016). Tomato Productivity and Quality in Aquaponics: Comparison of Three Hydroponic Methods. *Water*. 8(11): 533. DOI: 10.3390/w8110533

13. Shah A.H., Munir S.U., Amin N.U., Shah S.H. (2011). Evaluation of two nutrient solutions for growing tomatoes in a non-circulating hydroponics system. *Sarhad Journal of Agriculture*. 2(4): 557-567
14. Sharma N., Acharya S., Kumar K., Singh N., Chaurasia O.P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*. 17(4): 364-371. DOI: 10.5958/2455-7145.2018.00056.5
15. Tsouvaltzis P., Gkoutina S., Siomos A.S. (2023). Quality Traits and Nutritional Components of Cherry Tomato in Relation to the Harvesting Period, Storage Duration and Fruit Position in the Truss. *Plants*. 12(2): 315. DOI: 10.3390/plants12020315
16. Verdoliva S.G., Gwyn-Jones D., Detheridge A., Robson P. (2021). Controlled comparisons between soil and hydroponic systems reveal increased water use efficiency and higher lycopene and β -carotene contents in hydroponically grown tomatoes. *Scientia Horticulturae*. 279: 1-8. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.109896
17. Zhang P., Senge M., Dai Y. (2016). Effects of salinity stress on growth, yield, fruit quality and water use efficiency of tomato under hydroponics system. *Agricultural Science*. 4: 46-55. DOI: 10.7831/ras.4.46

6.1. Popis slika

| | |
|--|----|
| Slika 3.1.1. Uzorci plodova <i>cherry</i> rajčice za analizu..... | 9 |
| Slika 3.2.1. Sjetva rajčice u polistirenski kontejner s čepovima kamene vune..... | 10 |
| Slika 3.2.2. Priprema presadnica <i>cherry</i> rajčica za sadnju u bazene..... | 11 |
| Slika 3.2.3. Opremljen bazen za sadnju presadnica <i>cherry</i> rajčica | 11 |
| Slika 3.2.4. Posađene biljke <i>cherry</i> rajčica vezane polipropilenskim vezivom | 12 |
| Slika 4.1.1. Vidljiva razlika u visini između biljaka u 13. tjednu uzgoja..... | 17 |
| Slika 4.1.2. Crveni plodovi na hibridu 'Florantino' | 18 |

6.2. Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 3.2.1. Količina makro i mikrohraniva za primjenjenu otopinu | 13 |
| Tablica 4.4.1. Gospodarska svojstva hibrida i tri sorte <i>cherry</i> rajčice | 21 |
| Tablica 4.5.1. Nutritivna svojstva hibrida i tri sorte <i>cherry</i> rajčice..... | 22 |

6.3. Popis grafikona

| | |
|---|----|
| Grafikon 4.2.1. Prikaz prosječnih pH- i EC-vrijednosti hranive otopine..... | 19 |
| Grafikon 4.2.2. Prikaz prosječnih temperatura i količine O ₂ hranive otopine | 19 |
| Grafikon 4.3.1. Prikaz minimalni i maksimalnih temperatura u plasteniku..... | 20 |
| Grafikon 4.3.2. Prikaz minimalne i maksimalne vlage zraka u plasteniku | 20 |

Životopis

Luka Brkljačić rođen je u Zagrebu 16.12.1994. godine. Srednju školu, 3. gimnaziju u Zagrebu, započinje 2009., a završava 2013. godine. Studiranje započinje na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2013. godine, kojeg prekida 2017. godine. Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2018. godine upisuje preddiplomski studij Biljne znanosti. Diplomski studij Hortikultura – Povrćarstvo na Agronomskom fakultetu u Zagrebu upisuje 2021. godine.

Razumijevanje engleskog jezika na razini C1, govor na razini B2 i pisanja na razini B1. Računalna pismenost i razumijevanje rada u Microsoft Office paketima kao što su: Word, PowerPoint i Excel.