

Utjecaj vrste supstrata na komponente prinosa rajčice u hidroponskom uzgoju

Šetušić, Ratko

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:741093>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu

Agronomski fakultet

Ratko Šetušić

**Utjecaj vrste supstrata na komponente
prinosa rajčice u hidroponskom uzgoju**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
Hortikultura-Povrćarstvo

Ratko Šetušić

Utjecaj vrste supstrata na komponente prinosa rajčice u hidroponskom uzgoju

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Doc. dr. sc. Božidar Benko

Zagreb, 2016.

Ovaj završni rad je ocijenjen i obranjen dana _____ s
ocjenom _____ pred Stručnim povjerenstvom u
sastavu:

1. doc. dr. sc. Božidar Benko

2. doc. dr. sc. Sanja Fabek

3. izv. prof. dr. sc. Nina Toth

Sažetak

Najčešće korišteni supstrat u hidroponskom uzgoju rajčice u Hrvatskoj je kamena vuna. Popularan je izbor uzgajivača zbog svojih dobrih svojstava i uniformnih rezultata. S obzirom na povećanje površina pod hidroponskim uzgojem, iskorištena kamena vuna predstavlja ekološki problem jer je anorganskog podrijetla i sporo se razgrađuje. Način na koji bi se mogao smanjiti taj problem je upotreba organskih supstrata dostupnih na domaćem tržištu. Stoga je cilj ovog istraživanja bio testirati mogućnost korištenja domaćih organskih supstrata u hidroponskom uzgoju rajčice i njihov utjecaj na prinos plodova u usporedbi s kamenom vunom. Istraživanje je provedeno u grijanom plasteniku na pokušalištu Zavoda za povrćarstvo Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Presadnice četiri kultivara rajčice (dva grozdasta: Amaneta i Fabiola te dva „cherry“: Sakura i Tropical) posađene su na ploče kamene vune i vreće organskog i miješanog supstrata u prvoj dekadi svibnja. Tijekom vegetacije su praćeni mikroklimatski uvjeti u zaštićenom prostoru, a u berbi su utvrđeni broj i masa tržnih plodova, tržni prinos i udio netržnih plodova. Utvrđeno je da vrsta supstrata nije imala značajan utjecaj na masu plodova, prinos i broj netržnih plodova, ali je zabilježen značajno veći broj plodova kod rajčica koje su rasle na kamenoj vuni, u prosjeku po biljci 217 plodova. Utvrđene su značajne razlike između testiranih interakcija kultivara i supstrata. Kultivar Amaneta je razvio najkrupnije plodove (160 g) i imao najviše netržnih plodova (33,7 %) na organskom supstratu. Fabiola je ostvarila najveći prinos na miješanom supstratu, 4600 g po biljci, dok je najmanji prinos zabilježen kod „cherry“ kultivara Tropical na organskom supstratu u iznosu 1917 g po biljci.

Ključne riječi: *Lycopersicon esculentum* Mill., sortiment, supstrat, kamena vuna, organski supstrat

Effect of substrate type on yield components of hydroponically grown tomato

Summary

In Croatia, the main substrate in hydroponic tomato production is rockwool. It is quite a popular choice among producers, because of its good properties and uniform results. Due to the increase in the area under hydroponic cultivation, used rockwool is an environmental problem because of its inorganic origin, therefore, it slowly decomposes. The way that this problem can be reduced is to use organic substrates available on the local market. The aim of this research was to investigate the influence of local organic and mixed substrates on the yield components of tomatoes and to compare it with the results obtained on rockwool. The study was carried out in heated greenhouse at the Department of Vegetable Crops, Faculty of Agriculture in Zagreb. Two cluster cultivars were used, Amaneta and Fabiola, and cherry cultivars Sakura and Tropical. Transplants of four cultivars, grown in rockwool cubes, were planted on the rockwool slabs and bags of organic and mixed substrates in the first decade of May. For each plant was determined the number of fruits, the weight of marketable fruits, yield and share of non-marketable fruits. It was determined that different substrates didn't affect the weight of marketable fruits, yield and share of non-marketable fruits, but there was a significantly higher number of fruits on tomato plants that were grown on rockwool. The average number of fruits was 217 per plant. There was a significant interaction between tomato cultivars and substrates. The largest fruits were harvested from the cultivar Amaneta on a mixed substrate (160 g), and on the same substrate, Amaneta had the largest share of non-marketable fruits (33.7%). Fabiola had the highest yield on the mixed substrate, 4600 g per plant, while the lowest yield was achieved by "cherry" cultivar Tropical on the organic substrate, 1917 g per plant.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill., cultivars, substrate, rockwool, organic substrate

Sadržaj

1. Uvod i cilj istraživanja	1
2. Pregled literature	2
2.1. Morfološka i biološka svojstva rajčice	2
2.2. Proizvodnja u zaštićenom prostorima	4
2.3. Hidroponski uzgoj	5
2.4. Izbor supstrata za hidroponski uzgoj	6
2.4.1. Kamena vuna	7
2.4.2. Treset	8
2.4.3. Kompost	10
3. Materijali i metode	12
3.1. Testirani kultivari	12
3.2. Postavljanje i provedba pokusa	12
4. Rezultati rada i rasprava	16
4.1. Temperatura i vlaga zraka u zaštićenom prostoru	16
4.2. Broj tržnih plodova	17
4.3. Masa tržnih plodova	20
4.4. Tržni prinos	22
4.5. Udio netržnih plodova	24
5. Zaključci	26
6. Popis literature	27
7. Životopis autora	31

1. Uvod i cilj istraživanja

U proteklih 15 godina u porastu je površina zaštićenih prostora pod hidroponskim uzgojem, a time i uzgojem na kamenoj vuni. Kamena vuna se u Nizozemskoj koristi kao supstrat na površini od 2000 ha. Veća primjena kamene vune kao supstrata u hidroponskom uzgoju rezultirala je i problemom njezinog odgovarajućeg zbrinjavanja budući da se ne razgrađuje na odlagalištima. Proizvođači se okreću alternativnim supstratima organskog podrijetla te ekološki prihvatljivijim i održivim supstratima, najčešće vlaknima kokosovog oraha (Resh, 2013). Prema statističkim podacima (Statistics Canada, 2008) u Ontariju udio kamene vune kao supstrata u proizvodnji povrća u zaštićenim prostorima iznosi 57%, a kokosovih vlakana 39%.

Resh (2013) navodi da su proizvođači kamene vune (Grodan), kako ne bi izgubili postojeće tržište, u ponudu uvrstili i usluge reciklaže svojih proizvoda. To uspijeva kroz suradnju s poslovnim suradnicima koji se bave reciklažom. Do sada nude usluge reciklaže u Nizozemskoj, Belgiji, Francuskoj, Njemačkoj, Austriji, Kanadi, Poljskoj, Danskoj, Švedskoj, Finskoj, Japanu i Ujedinjenom Kraljevstvu. Iako postoje usluge reciklaže, dosta država nema prikladnih programa ni načina zbrinjavanja kamene vune. Bussel i Mckennie (2004) u svom radu su spominju istraživanja na području Novog Zelanda o mogućnosti ponovnog korištenja ploča kamene vune za malčiranje tla oko drvetu avokada. Takav malč je uspješno spriječio rast korova. Osim malčiranja, korištena kamena vuna se je koristila za uzgoj krastavaca. Iako na području Japana postoje programi zbrinjavanja kamene vune i dalje se istražuje mogućnost korištenja ekološki prihvatljivijih supstrata, npr. supstrat od rižinih ljuski i perlita, kore čempresa i kokosovih vlakana (Inden i Torres, 2004)

U Republici Hrvatskoj još ne postoji prikladan način zbrinjavanja iskorištene kamene vune koja predstavlja ekološki problem. Stoga je bio cilj ovog rada testirati mogućnost korištenja lokalnog organskog supstrata u hidroponskom uzgoju rajčice te tako umanjiti utjecaj iskorištene kamene vune na okoliš.

2. Pregled literature

2.1. Morfološka i biološka svojstva rajčice

Rajčica (*Lycopersicon esculentum* Mill.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice pomoćnica (*Solanaceae*), a u povoljnim uvjetima može biti i dvogodišnja. U svijetu je vrlo rasprostranjena namirnica zbog višestrukog načina uporabe. Najčešće se koristi svježa, sama ili u kombinaciji s drugim povrćem. U prerađivačkoj industriji je jedna od glavnih sirovina. Prerađuje se u koncentrat, sokove, pelate, a zeleni plodovi mogu biti sastojak mariniranih miješanih salata (Lešić i sur., 2004).

Korijenov sustav može doseći dubinu do 1 m, a promjer može doseći i do 1,5 m, no glavnina se nalazi u površinskom sloju do 30 cm. Rajčica ima sposobnost stvaranja adventivnog korijenja na stabljici, najčešće na onom dijelu stabljike koja dotiče tlo (Lešić i sur., 2004).

Stabljika je zeljasta, promjera 2 cm i pokrivena dlačicama. Uglavnom nema dovoljno sklerenhima pa kad je opterećena lišćem i plodovima, bez potpore, poliježe. Postoje dva osnovna tipa stabljike, determinantan (slika 1) i indeterminantan (slika 2). Determinantna stabljika ima kraće internodije, a glavna stabljika naraste 0,5 m do 1 m. Nakon prvog cvata formira se jedan do dva lista, zatim drugi koji može biti i posljednji cvat na glavnoj stabljici, ili se formira još jedan do dva lista i rast završava trećim cvatom. Istovremeno se formiraju sekundarne grane iz pazuha listova te se cvatnja i plodonošenje događa združeno (Lešić i sur., 2004). Indeterminantna stabljika može narasti nekoliko metara. Dok ima povoljne uvjete vegetacijski vrh je aktivan. Prvi cvat pojavljuje se na internodiju nakon 5 do 9 listova, što ovisi o genotipu i temperaturnim uvjetima u vrijeme zametanja cvata. Nakon prvog cvata razviju se najčešće 3 lista, zatim drugi cvat, zatim 3 lista te se formira novi cvat i ponavlja se takav redoslijed formiranja listova i cvatova. Iz pazuha listova razvijaju se sekundarni izboji koji se odstranjuju.

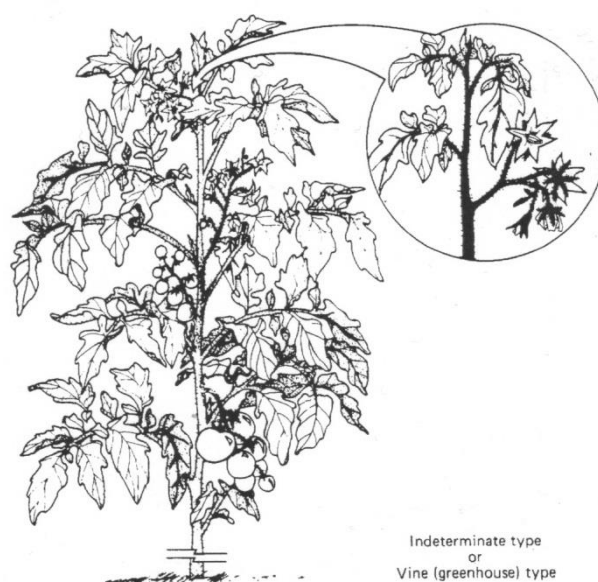
List rajčice je neparno perast na dugoj peteljci. Liske su nejednake veličine, romboidnog oblika, manje ili više nazubljene, naborane i dlakave (Lešić i sur., 2004).

Cvjetovi u grozdu se formiraju od dna prema vrhu cvata, pa u jednom cvatu može biti i razvijenih plodova i otvorenih cvjetova. Cvijet je dvospolan, pentameran, s pet lapova, pet latica i pet prašnika, ali većina krupnoplodnih kultivara ima ih i više. Prašnici su izduženi, cjevasto srasli i obuhvaćaju tučak. Prašnice uzdužno pucaju s unutrašnje strane još dok cvijet

nije sasvim otvoren pa tako pelud dopijeva na tučak, čime se osigurava samooplodnja. U nepovoljnim uvjetima, naročito pri visokim temperaturama, tučak se izduži iznad prašnika i tako omogućuje stranooplodnju uz pomoć insekta. Plodnica iz koje se razvija plod mesnata boba može biti dvogradna, trogradna ili višegradna (Lešić i sur., 2004).



Slika 1. Determinantni tip stabljike rajčice
Papadopoulos (1991)



Slika 2. Indeterminantni tip stabljike rajčice
Papadopoulos (1991)

Plod se sastoji od mesa, stijenki perikarpa i pokožice te pulpe koja sadrži placentu, sjeme i želatinozno tkivo oko sjemena koje ispunjava komore. Plodovi mogu biti različitih boja i oblika. Nedorazriplodovi su zelene boje, a kad plod počne dozrijevati mijenja boju pokožice u bezbojnu ili žutu. Zreli plod je žute, narančaste, ružičaste, crvene ili crvenoljubičaste boje. Veličina ploda varira od vrlo sitnog, promjera manjeg od 3 cm, pa do vrlo krupnog, promjera i preko 10 cm. Oblik ploda rajčice može biti okruglo spljošten, okrugli, srololiki, cilindrični, kruškololiki i šljivololiki (Lešić i sur., 2004).

Sjeme je ovalno spljošteno, do 5 mm dugo, do 4 mm široko i do 2 mm debelo. Prekriveno je gustim dlačicama (Lešić i sur., 2004). U jednom gramu može biti 250 do 350 sjemenki (Lešić i sur., 2004), odnosno, prema Rubatzky i Yamaguchi (1997) 300 do 350 sjemenki. Prema Papadopoulos (1991) sjeme rajčice dugo zadržava sposobnost klijanja pa je i nakon 10 godina skladištenja u suhim i hladnim uvjetima moguće ostvariti klijavost preko 90 %.

Rajčica klije pri temperaturi od 15 do 25 °C, a optimum je 20 do 25 °C. Za neke kultivare minimalna temperatura klijanja je 10 °C dok većina kultivara počinje klijati pri 13 °C. Skladan rast biljke postiže se pri dnevnim temperaturama od 20 do 25 °C i noćnim od 13 do 17 °C. Temperature oko 13 °C mogu izazvati grananje cvata ako se jave u vrijeme zametanja. Od oplođene plodnice do zrelog obojenog ploda potrebno je 7 do 9 tjedana, što ovisi o kultivaru i uvjetima uzgoja (Lešić i sur., 2004).

2.2. Proizvodnja rajčice u zaštićenim prostorima

Plastenik je tip višegodišnjeg ili trajno zaštićenog prostora koji je svojim oblikom i opremom u potpunosti prilagođen uzgoju određenih kultura. U njemu je moguće kontrolirati klimatske, hranidbene i ostale uvjete potrebne za rast i razvoj kulture. Time se omogućuje uzgoj i berba kvalitetnog povrća i cvijeća tijekom cijele godine i osigurava nekoliko puta veći prinos u odnosu na proizvodnju na otvorenom (Parađiković i Kraljičak, 2008).

Prema Lešić i sur. (2004) u zaštićenim se prostorima uzgajaju indeterminantni hibridni kultivari. Od svojstava traži se ranozrelost, bujan rast, kratki internodiji i dobra pokrivenost plodova lišćem. Poželjno je da plodovi na grozdu jednolično zriju, da su intenzivno crvene boje, dobre konzistencije, organoleptičke ocjene i dobre održivosti. Posebno su traženi kultivari dobre tolerantnosti na pucanje i otpornosti na zaslanjenost. Bitna je i otpornost na suboptimalne temperature i vlagu zraka kao i otpornost na bolesti i nematode, konkretno na TMV (virus mozaika rajčice), *Cladosporium*, *Verticilium*, *Fusarium*, *Meloydogine*.

Kako bi se što više skratilo razdoblje do berbe, razmnožavanje se uvijek provodi putem presadnica. Od sjetve u sandučiće ili kontejnere do nicanja održava se temperatura od 20 do 25 °C. Nakon otvaranja kotiledona pikira se u kontejnere većih lončića ili u lonce do 500 cm³, ovisno o planiranom razdoblju uzgoja koje može biti 40 do 90 dana. Nakon primitka i pojave prvog lista može se sniziti temperatura na 11 do 13 °C kroz 10 do 21 dan, do razvoja drugog lista. Niže temperature uzrokuju veće kotiledone, deblju stabljiku, manji broj listova do prvog cvata i veći broj cvjetova na prvom i drugom cvatu (Lešić i sur., 2004).

Za hidroponski uzgoj rajčice, presadnice se proizvode u grijanim zaštićenim prostorima sjetvom u čepove kamene vune s kojima se, u fazi kotiledonskih listova biljke presađuju u veće blokove, najčešće kvadratnog oblika, širine 10 cm i visine 7,5 cm. Čepovi i blokovi

kamene vune se vlaže hranjivom otopinom, čiji je sastav prilagođen razvojnom stadiju biljke. Temperaturni režim je isti kao kod uzgoja presadnica u polistirenskim kontejnerima (Matotan, 2008).

Lešić i sur. (2004) te Rubatzky i Yamaguchi (1997) navode nekoliko važnih uzgojnih mjera u proizvodnji rajčice u zaštićenom prostoru. Prije sadnje na armaturu zaštićenog prostora iznad svakog reda rajčice postavlja se pocinčana žica debljine 2 do 3 mm. Na nju se veže polipropilensko vezivo iznad svake biljke. Drugi kraj veziva omata se bez zatezanja dva do tri puta oko stabljike. Kako rajčica raste, tako se vrh biljke postupno omata oko veziva. Postrani izboji (zaperci) te stari i žuti listovi odstranjuju se najmanje jednom tjedno. Time se regulira odnos vegetativnog i generativnog rasta, poboljšava osvjetljenost i prozračnost biljaka, a olakšava se zaštita i berba. Za suzbijanje štetnika najčešće se koriste kemijska sredstva, no može se primijeniti biološka kontrola upotrebom parazitskih i predatorskih kukaca. Za pospješivanje oprašivanja i oplodnje primjenjuju se mehanički podražaji potresanjem armature. Bumbari se mogu koristiti za bolje (Lešić i sur., 2004). Prema istraživanjima Abak i sur. (1995) u jednoj minuti bumbar posjeti u prosjeku 4,7 cvjetova, tako se postiže 17% veći prinos rajčice.

2.3. Hidroponski uzgoj

Hidroponski uzgoj bilja predstavlja uzgoj na hranjivoj otopini s ili bez upotrebe supstrata (Jensen, 1999). U hidroponskom uzgoju biljke rastu tako da se njihov korijenov sustav nalazi u hranjivoj otopini ili ukorijenjen u inernom supstratu (perlitu, šljunku, kamenoj vuni ili kokosovim vlaknima). Prema Asao (2012) hidroponski uzgoj se smatra najintenzivnijim oblikom uzgoja koji omogućava učinkovito korištenje vode i hranjivih tvari te uz minimalno korištenje prostora osigurava visoke prinose. Također, hidropon omogućuje preciznu kontrolu uvjeta rasta što omogućuje olakšano istraživanje različitih varijabli i parametara (Asao, 2012). Jensen (1999) navodi da hidroponski uzgoj bilja ima prednost u usporedbi s uzgojem u tlu jer su biljke odvojene od tla, koje je često zaraženo uzročnicima bolesti, visokog saliniteta, loše strukture i poroznosti. Osim ovih prednosti, Enzo i sur. (2001) navode kako je u hidroponskom uzgoju topljivost hranjiva veća, ispiranje hranjiva je manje, a razdoblje plodonošenja mnogih vrsta (rajčica, paprika, krastavac i dr.) je produženo.

Asao (2012) kao nedostatke hidroponskog uzgoja navodi skupe početne troškove i stalni utrošak energije. Resh (2013) navodi brzo širenje pojedinih biljnih bolesti (*Fusarium* i *Verticillium*) u zaštićenom prostoru, no to se može suzbiti cijepljenjem i izborom rezistentnih kultivara.

Prema korištenju hranjive otopine hidroponski sustavi se dijele na otvorene i zatvorene sustave. U otvorenim sustavima jednom korištena hranjiva otopina ne koristi se ponovno u sustavu nego se odvodi u kanale za isparavanje ili se koristi za fertirigaciju kultura koje se proizvode na tlu. U zatvorenim sustavima procijeđena hranjiva otopina se propušta kroz sustav za sterilizaciju, dopunjava novom hranjivom otopinom i ponovo koristi. U hidroponske sustave bez supstrata se ubrajaju tehnika hranjivog filma, aeroponika te sustav plutajućih kontejnera i ploča (Jensen, 1999).

2.4. Izbor supstrata za hidroponski uzgoj

Supstrat predstavlja medij u kojem se učvršćuje korijenov sustav. Mora biti inertan, što znači da ne smije mijenjati svoje kemijske osobine u dodiru s vodom i hranjivima te sterilan i bez toksičnih tvari. Enzo i sur. (2001) navode važna svojstva supstrata za hidroponski uzgoj: ukupni porozitet, apsorpcijsku sposobnost, pH-vrijednost, sadržaj hranjivih tvari, odsutnost patogena te kapacitet za vodu i zrak. Izbor supstrata kao medija za uzgoj ovisi o klimatskim uvjetima, tipu opreme u zaštićenom prostoru te zahtjevima biljaka koje se uzgajaju (Parađiković i Kraljićak, 2008).

Enzo i sur. (2001) te Parađiković i Kraljićak (2008) su prema porijeklu podijelili supstrate na:

- ❖ Organske – treset, piljevina, kokosova vlakna, kukuruzovina, slama, kora drveta, iglice bora
- ❖ Anorganske – pijesak, sitna lava, vermikulit, perlit, kamena vuna, zeolit, ekspandirana glina, šljunak
- ❖ Sintetske – polistiren, ureaformaldehidna pjena „Higromul“, poliuretan

Također, Enzo i sur. (2001) navode podjelu supstrata na vlaknaste i granulirane. Primjeri supstrata vlaknaste strukture su treset, kokosova vlakna te kamena vuna. Ovi supstrati imaju visoki sadržaj vlakana različitih dimenzija što im daje visoki kapacitet za vodu i nizak za zrak. Zbog toga je voda lako dostupna biljci, a volumen je znatno smanjen i varira od 2 do 7 litara

po biljci. Granulirani supstrati, npr. pijesak i šljunak, imaju povećan kapacitet za zrak a smanjen za vodu, od 10 do 40%. Zadržavana voda teže je dostupna biljci, a volumen supstrata za jednu biljku mora biti veći u odnosu na vlaknaste supstrate i varira između 10 i 40 litara.

2.4.1. Kamena vuna

Kamena vuna je tvornički dobiven materijal koji se u početku koristio samo za termičku i akustičnu izolaciju u građevinske svrhe. Upotreba kao supstrata počela je u Danskoj 1969. Najčešće se koristi u obliku ploča i kocki, ali i u obliku granula kao dio miješanog supstrata (Raviv i sur., 2002). Dobiva se taljenjem mješavine bazalnog kamena, vapnenca i koksa na visokoj temperaturi od 1500 do 2000 °C čime se dobiva vlaknasta struktura. Sastav je prikazan u tablici 1. Površinska napetost se smanjuje dodatkom fenolnih rezidua prilikom hlađenja (Resh, 2013).

Tablica 1. Kemijski sastav kamene vune, prikazan u oksidima (%), (Raviv i sur., 2002).

Spoj	SiO ₂	Al ₂ O ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂
%	47	14	16	10	8	1	1	1	1

Kamena vuna je lagani materijal male gustoće koja iznosi 0,07 do 0,1 g/cm³ i poroznošću od 92 do 97% (Raviv i sur., 2002) i ima dobru sposobnost zadržavanja vode koja iznosi 80 % (Resh, 2013). Orijentacija vlakana može biti vertikalna ili horizontalna. Ploče s horizontalnim vlaknima i s dvije različite gustoće (gornja trećina je gušća dok su donje dvije trećine manje gustoće), imaju bolju sposobnost zadržavanja vode i aeraciju ako se usporede s pločama s vertikalnim vlaknima (Bussell i McKennie, 2004).

Kamena vuna je kemijski inertna, odnosno, ne mijenja kemijski sastav hranjive otopine (Raviv i sur., 2002). U počecima, kad se počela komercijalno koristiti u hortikulturi, pH vrijednost je bila u rasponu između 7 i 8, a bilo je i slučajeva pH vrijednosti do 9,5 (Smith, 1987). Doduše, u novije vrijeme u proizvodnom procesu moguće je postići pH-vrijednost od 6 do 6,5. Bitno je napomenuti da pH vrijednost manja od 5 izaziva razgradnju kamene vune stoga bi se niže vrijednosti trebale izbjegavati (Raviv i Lieth, 2008). Raviv i sur. (2002) te Raviv i Lieth (2008) tvrde kako kamena vuna blago utječe na pH vrijednost. Resh (2013) navodi da kamena vuna nema puferska svojstva te je stoga lagano izvršiti korekciju pH vrijednosti na 6 do 6,5.

Nova kamena vuna je sterilni proizvod što omogućuje razvoj korijena bez napada patogena, naročito ako je sustav fertirigacije zatvorenog tipa (Tu i sur., 1999). Korištena kamena vuna može se ponovno koristiti te se može prethodno sterilizirati vodenom parom, ali ni to se ne može koristiti kao stalna metoda zato što Fox (1994) i Papadopoulos (1991) navode da se nakon svakog korištenja i sterilizacije pogoršava struktura vlakana te se smanjuju pore u kojima se zadržava zrak. Nakon jednog do dva uzgojna ciklusa kamena vuna se baca što stvara veliki volumen otpada, oko 125 m³/ha proizvodnje (Raviv i Lieth, 2008). Prema Resh (2013) to predstavlja problem zato što se kamena vuna ne razgrađuje. Isti autor navodi da se proizvođači okreću organskim supstratima (npr. kokosovim vlaknima), dok Pieters i sur. (1998) ističu da se neki proizvođači okreću kamenoj vuni zbog toga što odgovara većini kultura te se uglavnom može ostvariti visok i stabilan prinos, u komercijalnim zaštićenim prostorima. Borošić i sur. (2009) su istraživali utjecaj korištene kamene vune. Zaključili su da nema negativnog utjecaja na prinos rajčice te se kamena vuna može koristiti kroz dvije uzastopne godine.

Istraživanja vezana za upotrebu iskorištene kamene vune se provode najčešće od strane proizvođača, konkretno Grodan A/S i Grodan BNF. U Nizozemskoj i Ujedinjenom Kraljevstvu se sakuplja gotovo sva kamena vuna i reciklira u prvotno stanje ili se koristi u proizvodnji cigle. Provedena su istraživanja na ukrasnom bilju gdje je iskorištena kamena vuna miješana s kompostom ili drugim supstratima, npr. tresetom, korom, perlitom, rižinim ljuskama, borova sječka i ljuskama oraha. Dodatkom kamene vune u kompost ili druge supstrate povećala se aeracija i sposobnost zadržavanja vode. U Novom Zelandu se obavljenom istraživanje o mogućnosti korištenja iskorištenih ploča kamene vune za malčiranje tla oko drveta avokada. Malč od kamene vune je uspješno onemogućio rast korova bez negativnih utjecaja na rast avokada. Druga upotreba korištene kamene vune nema široku primjenu, osim pri uzgoju krastavaca gdje je moguće postići tri usjeva unutar iste godine. (Bussell i McKennie, 2004).

2.4.2. Treset

Treset se formira sporom razgradnjom mahovine u vlažnom i kiselom ekosustavu, u kojem niska pH vrijednost i male količine kisika ne pogoduju mikrobiološkoj aktivnosti (Raviv i Lieth, 2008). Tekstura treseta ovisi o procesima nastanka i obrade. Proces nastanka treseta

ovisi o klimatskim uvjetima te o značajkama tresetišta. Vađenje se obavlja hidrauličkim kopanjem ili rezanjem blokova. Hidrauličkim kopanjem, bager uklanja treset iz bara te ga sjecka. Takav treset je zbijen i ima smanjen kapacitet za zrak. Treset koji se dobiva rezanjem blokova iskopava se iz tresetišta u obliku ploča te se reže i tako poprima hrapavu teksturu. Ovakav treset ima više pora za zrak, ali zato ima manje pora za vodu (Raviv i sur., 2002).

Svojstva treseta ovise o biljnim ostacima i stupnju razgradnje. Metodu za mjerenje stupnja razgradnje je razvio Von Post (1922) prema Raviv i Lieth (2008). Mala količina treseta se stisne u šaci te se boja i količina izlučene vode i treseta izrazi na skali od 1 do 10. Ako je voda bezbojna, treset nije razgrađen te ima vrijednost H1 (tablica 2). Na suprotnoj strani skale (H10), treset otječe između prstiju (Raviv i Lieth, 2008).

Tablica 2. Von Postova tablica za ocjenjivanje stupnja razgrađenosti treseta (Raviv i Lieth, 2008)

Stupanj razgradnje (H)	Izgled otopine treseta	Količina izlučenog treseta
1	Čista, bezbojna	Bez treseta
2	Malo nečista, žuto smeđa	Bez treseta
3	Malo mutna, smeđa	Bez treseta
4	Mutna, smeđa	Bez treseta
5	Jako mutna, malo treseta	Jako mala
6	Mutna, sadrži treset	1/3
7	Jako mutna, gusta	1/2
8	Jako gusta, malo vode	2/3
9	Bez vode	Gotovo sav
10	Bez vode	Sav

Treset za upotrebu u hortikulturi se često klasificira kao bijeli treset (H1-H3), tamni treset (H4-H6) i crni treset (H7-H10). Tamni treset ima veći sadržaj lignina i slabije je podložan biološkoj razgradnji tijekom uzgoja. Mlađi ili bijeli treset, ima manji sadržaj lignina i veću mikrobiološku aktivnost (Bunt, 1988).

Svježi treset ima pH vrijednost 3,5 do 4,1 što znači da je pogodan za uzgoj ograničenog broja vrsta. To zapravo može biti i prednost zato što se pH vrijednost može korigirati dodatkom vapna. Količine hranjivih tvari su zanemarivo niske, što može biti prednost jer omogućuje bolju ishranu bilja dodavanjem željenih količina hranjiva. Ostali supstrati mogu izazvati poteškoće u fertirigaciji zato što već sadrže biljci potrebne hranjive tvari (Raviv i Lieth, 2008). Prosušen treset od mahovine sadrži 95 % organske tvari i minimalno 75 % vlakana. Takva struktura ima veliku površinu za kationsku izmjenu, što smanjuje gubitak hranjivih tvari. Tamni treset ostvaruje dvostruko veću kationsku izmjenu od bijelog treseta (Raviv i sur., 2002).

Fizička svojstva treseta variraju i ovise o vrstama koje je tresetište sadržavalo. Sadržaj će uvjetovati veličinu čestica i stupanj razgradnje (Puustjarvi i Robertson, 1975). Općenito, treset ima malu volumnu masu i visok porozitet. To je prednost zato što takav medij može biti dovoljno prozračan i može zadržavati potrebnu količinu vode. Mala volumna masa smanjuje troškove transporta (Raviv i Lieth, 2008).

Prasad i Maher (1993) su istraživali fizička svojstva razlomljenog treseta. Utvrdili su da su komadići treseta veličine 10 do 25 mm s porama za zrak veličine 6 do 12 mm idealni za uzgoj lončanica. Također su zaključili da su veći komadići treseta, s 33 % pora za zrak, gotovo jednako učinkoviti kao i kamena vuna za uzgoj rajčice u zatvorenom sustavu proizvodnje.

Zbrinjavanje treseta ne predstavlja ekološki problem. Može se koristiti prilikom izrade supstrata ili opet koristiti za uzgoj u kontejnerima (Raviv i sur., 2002).

2.4.3. Kompost

Kompost je organska tvar koja se izlaže razgradnji u aerobnim uvjetima pod povišenom temperaturom. Potpunim kompostiranjem organske tvari postižu se brojne prednosti: smanjuje se fitotoksičnost, količina patogena i korova te stabilizira materijal s povećanom količinom dušika i kisika. U konačnici se dobije proizvod koji se može jednostavno koristiti za unapređenje kvalitete tla i kao dio supstrata za uzgoj biljaka (Raviv, 2005).

Kompost može biti različitog sastava, ovisno o početnom materijalu i procesu dobivanja. Može se dobiti od različitih ostataka organskog podrijetla, gradskog otpada, taloga od pročištača voda, ekskremenata životinja te ostataka prehrambene industrije kao npr. ljuski riže

ili oklaska kukuruza. Neki komposti imaju slična svojstva kao i treset te se uspješno koriste kao supstrat za uzgoj biljaka, a ujedno su i ekonomski povoljniji. U odnosu na treset, zreli kompost suzbija neke biljne patogene koji se prenose tlom pa neki uzgajivači zbog tih prednosti dio ili sav treset zamjenjuju kompostom. Pretpostavlja se da do onemogućavanja biljnih patogena dolazi zbog mikrobiološke aktivnosti unutar komposta. Osim što se koristi kao poboljšavač tla, kompost se sve češće koristi kao dio supstrata za kontejnerski uzgoj, naročito ukrasnog bilja. Za tu namjenu, kompost mora biti stabilan, imati niski salinitet, malu koncentraciju fitotoksičnih iona i organskih molekula te bez fitopatogenih organizama (Raviv i sur., 2002). Fizikalna svojstva komposta mogu se jako razlikovati, a neki primjeri prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Fizikalna svojstva vrste komposta iz različitih država (Raviv i Lieth, 2008).

Kompostirani materijal	Država	Vol. masa (g/L ⁻¹)	Veličina pora (%)	Sadržaj zraka (%)	Sadržaj vode (%)	Veličina čestica (%)			
						> 10 mm	4 do 10 mm	< 4 mm	
Goveđi	Irska	149	92	42	50	21	53	26	
(stajski) gnoj	Francuska	275	87	31	56	5	75	20	
	Grčka	197	90	53	37	14	40	46	
Ostaci luka	UK	328	85	17	68	77	13	0	

Prednost korištenja komposta kao medija za uzgoj biljaka jest njegov sadržaj hranjivih tvari. Nezreli kompost može imobilizirati značajnu količinu dušika, no kada se stabilizira i sazre, kompost djeluje kao gnojivo koje polagano otpušta hranjive tvari (Jespersen i Willumsen 1993, Williams i Nelson, 1992). Većina komposta ima pH vrijednost višu od poželjne (Nappi i Barberis, 1993). To se može korigirati dodatkom dušične ili fosforne kiseline, koje su ujedno izvor dušika ili fosfora (Raviv, 2005).

Nakon dozrijevanja, zreli kompost potiskuje rast fitopatogenih gljiva (Hadar i Gorodecki, 1991; Hoitink i Kuter, 1986; Mandelbraum i Hadar 1990). Sterilizacijom komposta se inhibira ovaj fenomen (Mandelbaum i sur., 1988; Raviv i sur., 1998), pretpostavlja se da je to rezultat mikrobiološke aktivnosti, iako su neke rezidue povezane s fungistatičnim djelovanjem (Hoitink i Fahy, 1986).

3. Materijali i metode

3.1. Testirani kultivari

U ovom istraživanju koristili su se grozdasti kultivari rajčice Amaneta i Fabiola, te „cherry“ kultivari Sakura i Tropical.

Amaneta F1 je vrlo rani hibrid s izrazito visokim potencijalom prinosa, plodovi su težine 220 do 250 g. Plodovi su okrugli, nisu skloni pucanju i imaju dugu trajnost. Boja je jarko crvena te je odličnog okusa i kvalitete. Kroz cijelu sezonu brix je jako visoki i dozrijevanje je ujednačeno. Biljka je jakog vigora, brzog rasta i zametanja (Zeleni-hit d.o.o., 2016).

Fabiola je F1 hibrid indeterminantnog tipa stabljike, dugog proizvodnog ciklusa. Plodovi su čvrsti i prikladni su za izvoz (GSN semences, 2014).

Sakura F1 prema je najrasprostranjeniji hibrid cherry rajčice u regiji. Odlika tog kultivara je snažan vegetativni porast i otvoren habitus s relativno kratkim internodijima. Plodovi su okrugli, izuzetnog okusa, imaju visok sadržaj brix, odlične kvalitete, čvrstoće i prosječna masa je oko 15 do 20 g. Biljku karakterizira konstantno i ujednačeno dozrijevanje u svim proizvodnim uvjetima (Zeleni-hit d.o.o., 2016).

Tropical F1 je indeterminantna cherry rajčica namijenjena za pojedinačnu berbu. Ranozrelost je vrlo rana te se preporučuje uzgoj u proljeće i jesen u zaštićenom prostoru. Boja plodova je tamno crvena i masa ploda može biti od 18 do 25 g (Euro-brod d.o.o., 2014).

3.2. Postavljanje i provedba pokusa

Istraživanje je provedeno tijekom 2015. godine u grijanom plasteniku pokrivenom dvostrukom polietilenskom folijom i opremljenom automatskim sustavom za grijanje i provjetravanje.

Pokus je postavljen po slučajnom bloknom rasporedu u 4 ponavljanja. Sjetva po 45 sjemenki kultivara Amaneta, Fabiola, Sakura i Tropical je obavljena 9. ožujka u čepove kamene vune, smještene u polistirenske kontejnere s 240 lončića. Poslije sjetve sjeme je prekriveno vermikulitom i navlaženo. Pikiranje je obavljeno 30. ožujka u kocke brida 10 cm, a sadnja na ploče kamene vune te vreće organskog i miješanog supstrata bila je 4. svibnja (slika 3).

Proizvođač organskog supstrata Herbafertil te miješanog supstrata je domaća tvrtka Herbafarm Magnolija d.o.o. (<http://www.herbafarm-magnolija.hr/>). Prosječan sastav organskog i miješanog supstrata prema analizi Zavoda za ishranu bilja Agronomskog fakulteta je prikazan u tablici 4. Razlika je u tome što se u miješanom supstratu nalazi i sporootpuštajuće mineralno gnojivo Osmocote exact 16:9:12+2MgO+ME trajanja 3-4 mjeseca. Biljke su posađene na razmak 120 cm između redova i 33 cm unutar reda, čime je ostvaren sklop od 2,5 biljke po m².



Slika 3. Kocke kamene vune s rajčicom na organskom supstratu (foto: R. Šetušić)

Ovisno o fazi razvoja biljke i mikroklimatskim uvjetima u zaštićenom prostoru, broj obroka fertirigacije je varirao od 6, nakon sadnje, do 24 u punoj vegetaciji. Volumen hranjive otopine po biljci je iznosio do 4,5 L na dan. Hranjiva otopina (tablica 5) je pripremana u glavnom spremniku miješanjem koncentriranih hranjivih otopina iz dva spremnika i razrijeđena vodom, prema recepturi Enzo i sur. (2001). Spremnik A je sadržavao soli KNO₃, MgSO₄, KH₂PO₄, NH₄NO₃, K₂SO₄, Fe-helat, H₃BO₃, MnSO₄, CuSO₄ i Mo₂O₂, dok je spremnik B sadržavao Ca(NO₃)₂.

Tijekom vegetacije, svakodnevno su mjereni temperatura i relativna vlaga zraka u plasteniku. Redovito su se vršile mjere njege, vezanje, omatanje stabljike (slika 4), pinciranje zaperaka te rezanje donjih listova i ostataka cvatova.

Tablica 4. Fizikalna i kemijska svojstva organskog i miješanog supstrata Herbafertil

Svojstvo	Jedinica	Deklarirana vrijednost	Utvrđena vrijednost
pH u vodi		6 - 7	6,40
EC	mS/cm		2,60
H ₂ O	%	15-20	18,00
Suha Tvar (105 °C)	%		82,00
Žareni ostatak (550 °C)	%		51,00
Organska tvar	%	35 – 45	39,00
N – ukupni	%	1,5 – 2,0	1,80
P ₂ O ₅	%	1,0 – 2,0	1,50
Cu	mg/kg		21,50
Zn	mg/kg		55,43
Cd	mg/kg		0,49
Pb	mg/kg		15,10
Ni	mg/kg		12,80
Cr	mg/kg		1,60
Hg	mg/kg		<0,01



Slika 4. Uzgoj rajčice na supstratu u zaštićenom prostoru (foto: R. Šetušić)

Tablica 5. Hranjiva otopina prema Enzo i sur. (2001)

Hranjivo	Spremnik	
	mmol L ⁻¹	mg L ⁻¹
NO ₃ ⁻	13,75	193
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25	39
SO ₄ ²⁻	3,75	120
3	8,75	17,5
K ⁺	4,25	342
Mg ²⁺	2,00	170
Ca ²⁺	2,00	48
	μmol L ⁻¹	mg L ⁻¹
Fe ³⁺	15,00	0,80
Mn ²⁺	10,00	0,55
B ³⁺	30,00	0,33
Zn ²⁺	5,00	0,33
Cu ²⁺	0,75	0,05
Mo ⁶⁺	0,50	0,05
EC – mS cm ⁻¹	2,3	
pH	5,5 – 6,2	

Berba je počela 1. srpnja, a tijekom plodonošenja koje je trajalo 45 dana, provedeno je 10 berbi. U svakoj berbi su utvrđeni broj i masa tržnih plodova, tržni prinos i udio netržnih plodova.

Statistička analiza rezultata obavljena je analizom varijance (ANOVA). Razlike između prosječnih vrijednosti su utvrđene korištenjem LSD testa na razini signifikantnosti $p \leq 0,05$.

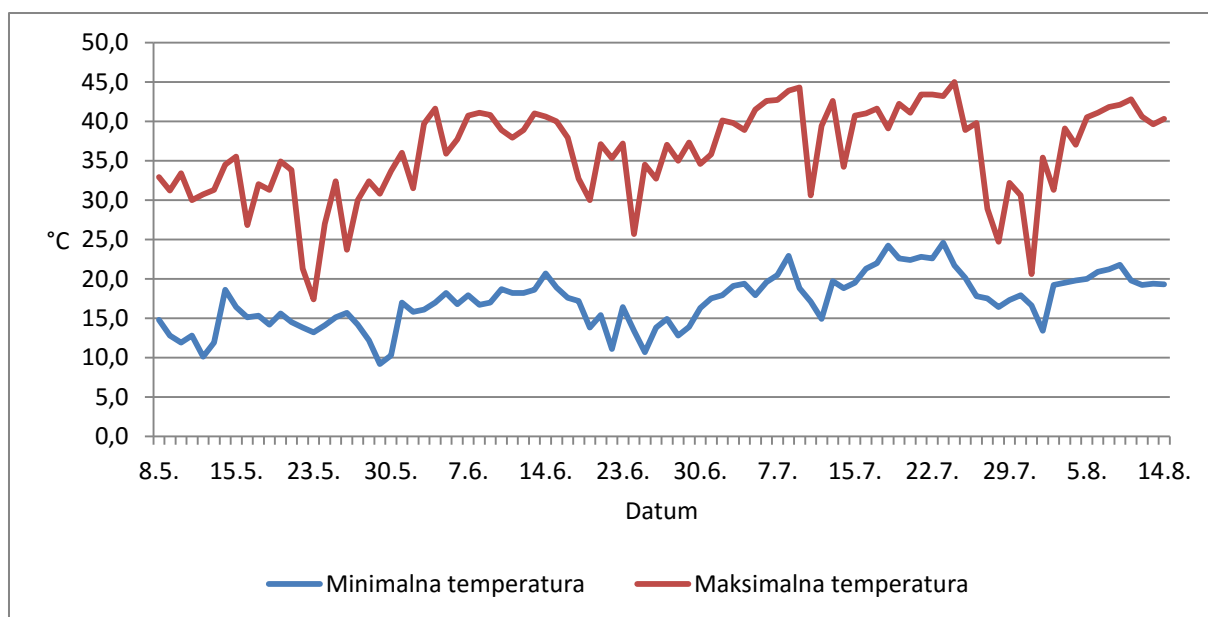
4. Rezultati rada i rasprava

4.1. Temperatura i vlaga zraka u zaštićenom prostoru

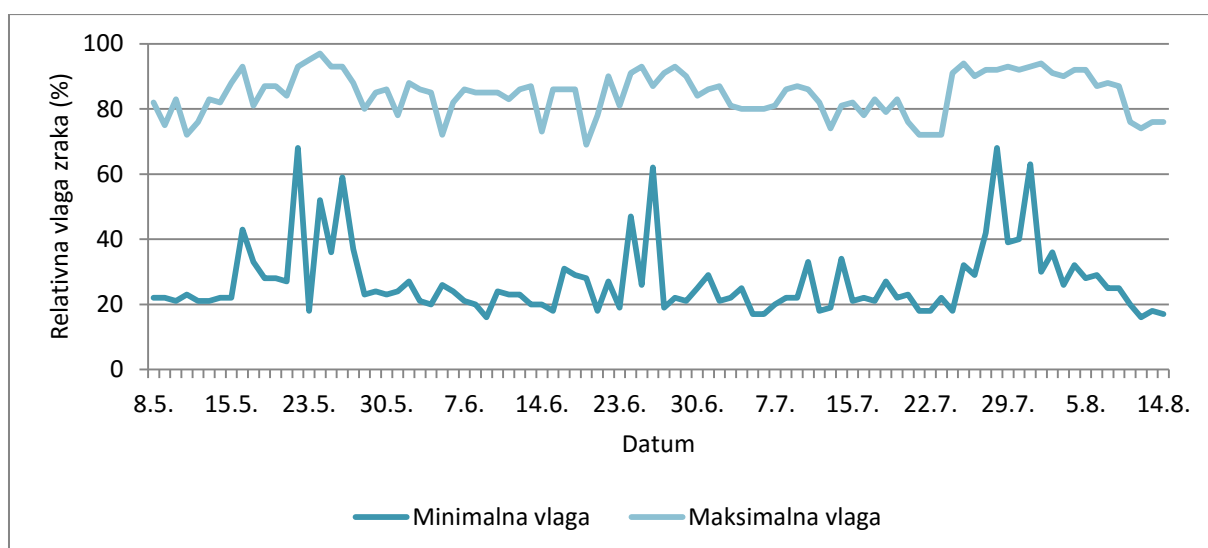
Tijekom vegetacije svakodnevno se mjerila minimalna i maksimalna temperatura (grafikon 1) i relativna vlaga zraka (grafikon 2) u zaštićenom prostoru u periodu od 8. svibnja do 14. kolovoza. Tijekom uzgojnog ciklusa rajčice prosječna minimalna temperatura iznosila je 17,2 °C, a prosječna maksimalna 36,1 °C. Najniža minimalna temperatura izmjerena je 29. svibnja i iznosila je 9,2 °C, dok je najviša minimalna od 24,6 °C izmjerena 18. srpnja. Najniža maksimalna temperatura izmjerena je 23. svibnja i iznosila je 17,4°C, dok je najviša maksimalna temperatura iznosila 45,0 °C i izmjerena je 24. srpnja.

Grafikon 2 pokazuje variranje relativne vlage zraka u plasteniku tijekom vegetacije. Prosječna minimalna relativna vlaga iznosila je 27 %, a prosječna maksimalna bila je 85 %. Najniža minimalna relativna vlaga iznosila je 16 %, a izmjerena je 9. lipnja i 12. kolovoza. Najviša minimalna relativna vlaga zraka izmjerena je 2. lipnja i iznosila je 87 %. Najniža maksimalna relativna vlaga izmjerena je 13. srpnja i iznosila je 74 %, dok je najviša iznosila 97 %, a izmjerena je 24. svibnja.

Buck (2005) je u svojem istraživanju o poboljšanju prinosa i kvalitete plodova „cherry“ rajčice u kontroliranim uvjetima naveo dnevnu temperaturu u zaštićenom prostoru $27 \pm 3,81$ °C i noćnu $23 \pm 1,96$ °C. Prosječna relativna vlaga zraka iznosila je $85 \pm 1,73$ % danju dok je noću iznosila $72 \pm 5,1$ %. U svom radu govori o važnosti temperature za rast i razvoj zdravih biljaka te navodi da temperature iznad 30 °C izazivaju zatvaranje puči kod mnogih biljaka, uključujući i rajčicu. To izaziva inhibiciju enzima što otežava normalne fiziološke procese. U svojem istraživanju u kontroliranim uvjetima je potvrdio da prilikom povećanja relativne vlage zraka dolazi do pucanja plodova, a pretpostavlja zbog vodenog disbalansa između listova i plodova. Također, navodi da nagle promjene temperature i vlage mogu rezultirati pucanjem plodova.



Grafikon 1. Minimalne i maksimalne temperature zraka tijekom istraživanja



Grafikon 2. Minimalna i maksimalna vlaga zraka tijekom istraživanja

4.2. Broj tržnih plodova

Grozdsti kultivar Fabiola razvio je značajno više tržnih plodova (74) od kultivara Amaneta (41). Sakura i Tropical su „cherry“ kultivari i između njih nisu utvrđene značajne razlike u broju tržnih plodova. Po biljci je ubrano 268, odnosno, 279 plodova. No, budući da ovaj tip kultivara razvija znatno veći broj plodova u grozdu, broj ubranih plodova je bio signifikantno veći u odnosu na grozdaste kultivare (tablica 6).

Na kamenoj svi kultivari su razvili najviše tržnih plodova. Između grozdastih kultivara je zabilježena značajna razlika u broju tržnih plodova, kultivar Fabiola je razvila u prosjeku 87 tržnih plodova po biljci, dok Amaneta 56. Najmanje plodova ubrano je na organskom supstratu. Sa svake biljke Fabiole je ubrano 65 tržna ploda, dok je s rajčice kultivara Amaneta ubran prosječno 32 ploda. Na kamenoj vuni „cherry“ kultivari su razvili značajno veći broj plodova nego na drugim supstratima i između njih nije utvrđena značajna razlika u broju tržnih plodova. Prosječno je sa svake biljke Tropical ubrano 382 tržna ploda, dok je s biljaka kultivara Sakura ubran prosječno 345 plodova. Najmanje tržnih plodova ubrano je s organskog i miješanog supstrata te razlika u broju plodova nije bila značajna.

Tablica 6. Utjecaj supstrata i sorte na broj plodova rajčice

Supstrat	Kultivar	Broj plodova po biljci	LSD
Kamena vuna		217,44 a	18,59
Organski		134,94 b	
Miješani		144,25 b	
	Amaneta	40,58 c	21,46
	Fabiola	74,08 b	
	Sakura	268,25 a	
	Tropical	279,25 a	
Kamena vuna	Amaneta	55,75 def	37,18
Kamena vuna	Fabiola	86,50 d	
Kamena vuna	Sakura	345,25 a	
Kamena vuna	Tropical	382,25 a	
Organski	Amaneta	32,25f	
Organski	Fabiola	65,25 def	
Organski	Sakura	233,50 bc	
Organski	Tropical	208,75 c	
Miješani	Amaneta	33,75 ef	
Miješani	Fabiola	70,50 de	
Miješani	Sakura	226,00 bc	
Miješani	Tropical	246,75 c	

Tzortzakis i Economakis (2008) su istraživali utjecaj različitih supstrata na prinos, masu, čvrstoću te kemijski sastav plodova grozdaste rajčice *Belladona*. Biljke rajčice su se uzgajale u vrećama volumena 16 L ispunjene supstratom, koji je prethodno bio natopljen NPK gnojivom omjera 1,44:0,25:1,00. Koristili su se sljedeći supstrati: perlit, kukuruzovina, plovuĉac (eng. *pumice*), 50 % perlita i 50 % kukuruzovine, 50 % plovuĉca i 50 % kukuruzovine. Utvrdili su da se najmanje plodova razvilo na anorganskom supstratu, a najviše na miješanom supstratu plovuĉca i kukuruzovine te na organskom supstratu što je suprotno rezultatima istraŹivanja ovog diplomskog rada.

Inden i Torres (2004) su testirali ekološki prihvatljive supstrate (mješavina perlita s ljuskama riŹe, kamena vuna, kora ĉempresa i vlakna kokosovog oraha) u uzgoju rajčice, kultivar T-148 koji razvija plodove prosjeĉne mase 40 g. Mjerili su broj plodova po etaŹi, ukupan broj plodova, ukupan prinos po biljci, postotak netrŹnih plodova i kvalitetu plodova. Iako prema LSD testu supstrat nije signifikantno utjecao na broj plodova po biljci, najviše se plodova razvilo na miješanom supstratu perlita i ljuski riŹe gdje je svaka biljka razvila oko 66,3 plodova, zatim na kamenoj vuni (65,7), kori ĉempresa (49,9) te na vlaknima kokosovog oraha (48,9). Vidljivo je kako sorta T-148 stvara podjednak broj plodova neovisno o supstratu.

Luitel i sur. (2012) su istraŹivali prinos i kvalitetu plodova razliĉitih kultivara rajčice na razliĉitim supstratima i njihovom volumenu. Od kultivara rajčice koristili su se indeterminantni „cocktail“ F₁ hibridi Campari, Temptation, Annamay i Adoration na supstratima kamene vune, vlakna kokosovih oraha i na lokalnom organskom supstratu 'Masato'. Prema rezultatima, utvrĉena je statistiĉka razlika u broju plodova ovisno o sorti rajčice, ali i o korištenom supstratu. Najveći broj plodova je zabiljeŹen kod uzgoja na kokosovim vlaknima, zatim nešto manje na kamenoj vuni, a statistiĉki najmanji na organskom supstratu. Sortiment je utjecao na ukupan broj plodova po biljci, a najmanje plodova je razvila sorta Annamay, ukupno 10,7 po biljci, dok izmeĉu ostalih sorata nije bilo statistiĉke razlike. Prema izmjeranim podacima nije bilo statistiĉke razlike u interakciji sorte i supstrata.

U istraŹivanju ovog diplomskog rada najveći broj plodova je ostvaren u uzgoju na kamenoj vuni, a zatim na organskim supstratima.

4.3. Masa tržnih plodova

Prema LSD testu, nije bilo signifikantne razlike u masi ploda ovisno o vrsti supstrata za uzgoj rajčice. Najkrupnije plodove prosječne mase 148,33 g je razvio kultivar Amaneta. Fabiola je prosječno razvila sitnije plodove, mase 123,08 g. Kod „cherry“ kultivara nije bilo signifikantne razlike u masi ploda. Prosječna masa ploda kultivara Sakura je iznosila 22,75 g, a kultivara Tropical 18,67 g. Plodovi „cherry“ kultivara, su bili značajno sitniji od plodova grozdastih kultivara (tablica 7).

Kultivar Amaneta je razvila najkrupnije plodove na organskom supstratu, u prosjeku 160 g, dok najmanje na kamenjnoj vuni te je njihova masa u prosjeku iznosila 136 g. Fabiola je razvila najkrupnije plodove na miješanom supstratu, u prosjeku 131 g. Najsitnije plodove razvila je na kamenjnoj vuni i organskom supstratu te razlika u masi plodova nije bila značajna, u prosjeku 122 g, odnosno 117 g. Neovisno o supstratu „cherry“ kultivari su razvili najsitnije plodove te razlika u masi plodova nije bila značajna (tablica 7).

Tzortzakis i Economakis (2008) pretpostavljaju da anorganski supstrat sadrži manje hranjivih tvari jer je rajčica razvila sitnije plodove, što je rezultiralo manjim prinosom. Navode da se dodatkom organske tvari popravlja bilanca hranjiva u supstratu jer su se na takvim supstratima razvili plodove veće mase. Što se tiče uzgoja na čistom organskom supstratu (kukuruzovini), u početku su se razvili veći plodovi, no s vremenom je rajčica razvijala manje plodove te pretpostavljaju da je ova pojava uvjetovana procesom razgradnje supstrata. Rezultati su suprotni istraživanju ovog diplomskog rada, gdje nije postojao značajan utjecaj supstrata na prosječnu masu plodova.

Çelikel (1999) je istraživao utjecaj različitih supstrata na prinos i masu ploda rajčice u plasteniku i stakleniku. Rajčica uzgajana na tlu predstavljala je kontrolnu varijantu. Testirani su sljedeći supstrati: mješavina treseta, vulkanskih stijena (eng. *tuff*) i komposta od gljiva (1:1:1); mješavina vulkanskih stijena i komposta od gljiva (1:1); mješavina treseta i vulkanskih stijena (1:1); vulkanske stijene; kompost od gljiva; treset; kamena vuna. Najkrupniji plodovi su se u oba zaštićena prostora razvili na mješavini treseta, vulkanskih stijena i komposta gljiva (121 g u plasteniku i 145 g u stakleniku). Na ostalim supstratima rezultati su varirali (od 108 do 135 g), što autor objašnjava različitim fizikalnim i kemijskim svojstvima supstrata.

Slično istraživanje su proveli Abak i Çelikel (1994). Za razliku od navedenog, nisu utvrdili značajan utjecaj supstrata (treset, kompost od gljiva, kamena vuna, vulkanski tuf i tlo-kontrola) na masu ploda rajčice, koja je ovisno o sezoni uzgoja bila u rasponu od 75 do 84 g, odnosno, od 69 do 79 g.

Tablica 7. Utjecaj supstrata i sorte na masu ploda rajčice

Supstrat	Sorta	Masa ploda	LSD
Kamena vuna		74,88 ns	8,86
Organski		78,94 ns	
Miješani		80,81 ns	
	Amaneta	148,33 a	13,75
	Fabiola	123,08 b	
	Sakura	22,75 c	
	Tropical	18,67 c	
Kamena vuna	Amaneta	135,75 bc	23,82
Kamena vuna	Fabiola	121,50 c	
Kamena vuna	Sakura	23,75 d	
Kamena vuna	Tropical	18,50 d	
Organski	Amaneta	160,00 a	
Organski	Fabiola	117,00 c	
Organski	Sakura	20,25 d	
Organski	Tropical	18,50 d	
Miješani	Amaneta	149,25 ab	
Miješani	Fabiola	130,75 bc	
Miješani	Sakura	24,25 d	
Miješani	Tropical	19,00 d	

Luitel i sur. (2012) su u svojim istraživanjima zaključili da postoji signifikantni utjecaj supstrata i sorte na masu ploda rajčice, no nije utvrđen utjecaj interakcije sorte i supstrata. Najkrupniji plodovi su se razvili na vlaknima kokosovog oraha (54,7 g) i na kamenoj vuni (53,4 g), a najmanji na organskom supstratu Masato gdje je prosječna masa ploda iznosila

50,4 g. Najsitnije plodove razvila je sorta Annamay s prosječnom masom ploda 36,4 g, dok razlike u masi ploda kod ostalih sorata nisu bile signifikantne.

4.4. Tržni prinos

Najveći prinos (3053 g/biljci) ostvaren je na miješanom supstratu, dok je najmanji bio na organskom supstratu (2665 g/biljci). Prema LSD testu razlike u prinosu ovisno o supstratu nisu bile signifikantne (tablica 8).

Ovisno o kultivaru, najveći prinos po biljci (3963 g) ostvaren je kod grozdastog kultivara Fabiola i bio je značajno veći od prinosa ostalih kultivara. Između ostalih kultivara nije bilo signifikantne razlike u prinosu, koji je bio u rasponu od 2200 g/biljci (Tropical) do 2622 g/biljci (Amaneta).

Na miješanom supstratu kod kultivara Fabiole je zabilježen najveći prinos, u prosjeku 4600 g po biljci, zatim na organskom supstratu gdje je prinos po biljci iznosio 3832 g, zatim na kamenoj vuni gdje je prosječno izmjereno 3458 g po biljci. Najmanji prinos ostvario je kultivar Tropical na organskom supstratu gdje je prosječan prinos po biljci iznosio 1917 g. Prinos ostalih kultivara po pitanju interakcije sa supstratom bio je u rasponu od 2770 g/biljci (Amaneta x kamena vuna) do 2335 g/biljci (Tropical x miješani supstrat).

Borowski i Nurzyński (2012) su u svojim istraživanjima proučavali utjecaj različitih supstrata na prinos grozdastog kultivara rajčice u plasteniku. Berba je provedena od svibnja do listopada. Od supstrata su koristili kamenu vunu, ostatke uljane repice, miješani supstrat uljane repice i treseta (3:1), miješani supstrat uljane repice i kore borova (3:1), slamu pšenoraži, supstrat od pšenoraži i treseta (3:1) te supstrat pšenoraži pomiješan s korom bora (3:1). Tijekom trogodišnjeg istraživanja nije utvrđen signifikantan utjecaj supstrata na prinos rajčice, koji je ovisno o godini istraživanja varirao od 13,06 do 15,65 kg/biljci.

U istraživanju Inden i Torres (2004) najveći prinos postignut je na miješanom supstratu perlita i ljuski riže (1561,8 g/biljci). Statistički podjednak prinos ostvaren je na kamenoj vuni (1459,5 g) i na kokosovim vlaknima (1057,4 g). Značajno manji prinos ostvaren je na supstratu od kore čempresa (938,3 g/biljci), što se objašnjava deficitom dušika u kori čempresa, visokim

C/N omjerom, deficitom željeza i visokom količinom mangana te sadržajem toksičnih tvari za biljku zbog lošijeg kompostiranja i zbog velikih komada kore.

Tablica 8. Utjecaj supstrata i sorte na tržišni prinos rajčice.

Supstrat	Sorta	Prinos po biljci (g)	LSD
Kamena vuna		2821,50 ns	418,50
Organski		2664,69 ns	
Miješani		3053,13 ns	
	Amaneta	2622,50 b	649,20
	Fabiola	3963,08 a	
	Sakura	2600,42 b	
	Tropical	2199,75 b	
Kamena vuna	Amaneta	2769,50 cd	839,90
Kamena vuna	Fabiola	3458,00 bc	
Kamena vuna	Sakura	2710,75 cde	
Kamena vuna	Tropical	2347,75 de	
Organski	Amaneta	2555,50 de	
Organski	Fabiola	3931,50 ab	
Organski	Sakura	2355,00 de	
Organski	Tropical	1916,75 e	
Miješani	Amaneta	2542,50 de	
Miješani	Fabiola	4599,75 a	
Miješani	Sakura	2735,50 cde	
Miješani	Tropical	2334,75 de	

Luitel i sur. (2012) su u svojim istraživanjima zaključili da postoji signifikantni utjecaj supstrata i visoko signifikantni utjecaj kultivara na prinos, no kao i u ostalim mjerenjima nije bilo statističke razlike u prinosu po pitanju interakcije sorte i supstrata. Najveći prinos je postignut na vlaknima kokosovih oraha (571,5 g/biljci), zatim na kamenoj vuni (567,8 g/biljci), a najmanji (540,7 g/biljci) na supstratu Masato. Signifikantno najmanji prinos je postignut na sorti Annamay (318,1 g/biljci), dok signifikantne razlike u prinosu između ostalih kultivara nisu postojale.

4.5. Udio netržnih plodova

Utjecaj supstrata na udio netržnih plodova nije bio signifikantan. Na organskom supstratu udio netržnih plodova je iznosio 14,2 %, dok je na kamenoj vuni i miješanom supstratu zabilježeno oko 10 % netržnih plodova.

Kod kultivara Amaneta je zabilježen najveći udio netržnih plodova (29,1 %). Između ostalih kultivara nije postojala značajna razlika u broju netržnih plodova po biljci. Najmanji udio netržnih plodova je zabilježeno kod biljaka kultivara Tropical (3,9 %), a najviše kod biljaka kultivara Sakura (7,2 %).

Kultivar Amaneta je na svim supstratima razvila najveći udio netržnih plodova. Nije zabilježena signifikantna razlika u broju netržnih plodova između supstrata na kojem se uzgajala, najviše je izmjereno na organskom supstratu (33,7 %), zatim na kamenoj vuni (28,1 %), a najmanje na miješanom supstratu (25,7 %). Između ostalih kultivara i supstrata nije zabilježena značajna razlika u broju netržnih plodova po biljci, najviše je ubrano netržnih plodova sa biljaka kultivara Fabiola na organskom supstratu (8,7 %), s najmanje sa biljaka kultivara Tropical na kamenoj vuni (1,5 %).

U istraživanju Inden i Torres (2004) na miješanom supstratu perlita i ljuski riže došlo je do pucanja 10,1% plodova, a na kamenoj vuni 11,3 %. Na vlaknima kokosovog oraha razvilo se 2,7 % napuklih plodova, dok se na 10,9 % plodova pojavila vršna trulež. Na kori čempresa nije bilo netržnih plodova. Autori tvrde da na broj netržnih plodova nije utjecala vrsta supstrata već su utjecali vanjski faktori. Pretpostavljaju da je pucanju plodova doprinijela visoka dnevna i noćna vlaga, visoka razlika u dnevnim i noćnim temperaturama te visoka temperatura i jaka svjetlost u zaštićenom prostoru (Pivot i sur., 1998). Prema Swain i sur. (1985) vršna trulež rajčice je fiziološki poremećaj kojeg izaziva smanjena količina kalcija. Na pojavu može utjecati niska koncentracija kalcija, visoka transpiracija uz pomanjkanje vode i/ili visoka vlaga zraka koja sprečava transpiraciju te opskrbu i mobilizaciju kalcija u plodu.

Utjecaj sorte i supstrata na udio netržnih plodova su proučavali Luitel i sur. (2012). Utvrdili su da sorta i interakcije sorte i supstrata ne utječe na udio netržnih plodova u ukupnom broju plodova. No, utvrđen je signifikantan utjecaj supstrata na promatrano svojstvo. Najveći postotak netržnih plodova zabilježen je na organskom supstratu Masato (61,8%), zatim na kamenoj vuni (47,5%), a najmanje na kokosovim vlaknima (43,8%). Navedeno je suprotno

istraživanju ovog diplomskog rada gdje je kultivar značajno utjecao na udio netržnih plodova, dok supstrat nije imao utjecaja.

Tablica 9. Utjecaj supstrata i sorte na broj netržnih plodova

Supstrat	Sorta	Br. netržnih plodova po biljci	LSD
Kamena vuna		10,21 ns	6,53
Organski		14,22 ns	
Miješani		10,78 ns	
	Amaneta	29,14 a	10,12
	Fabiola	6,70 b	
	Sakura	7,19 b	
	Tropical	3,92 b	
Kamena vuna	Amaneta	28,10 a	13,05
Kamena vuna	Fabiola	5,68 b	
Kamena vuna	Sakura	5,63 b	
Kamena vuna	Tropical	1,45 b	
Organski	Amaneta	33,65 a	
Organski	Fabiola	8,65 b	
Organski	Sakura	8,55 b	
Organski	Tropical	6,03 b	
Miješani	Amaneta	25,68 a	
Miješani	Fabiola	5,78 b	
Miješani	Sakura	7,40 b	
Miješani	Tropical	4,28 b	

5. Zaključci

Temeljem jednogodišnjeg istraživanja utjecaja različitih supstrata i kultivara na komponente prinosa rajčice, može se zaključiti sljedeće:

- Vrsta supstrata je značajno utjecala na broj tržnih plodova, tako da je sa biljaka uzgajanih na kamenoj vuni ubrano znatno više tržnih plodova u odnosu na organski, odnosno miješani supstrat. Na ostale komponente prinosa (masu i prinos tržnih te udio netržnih plodova) testirani supstrati nisu imali značajnog utjecaja,
- Među testiranim kultivarima utvrđene su visokosignifikante razlike za sva promatrana svojstva. Jedan od razloga je što su se kultivari razlikovali po tipu ploda: grozdasti i „cherry“. „Cherry“ kultivari su ostvarili statistički podjednake rezultate dok su se grozdasti kultivari međusobno značajno razlikovali. Kultivar Fabiola je razvio znatno veći broj tržnih plodova po biljci te ostvario viši tržni prinos, uz manji udio netržnih plodova u odnosu na kultivar Amaneta,
- Ovisno o supstratu i kultivaru kod grozdastih kultivara po biljci je ubrano od 17 do 87 plodova, mase od 117 do 160 i ostvaren tržni prinos od 2,54 do 4,60 kg/biljci. Udio netržnih plodova bio je u rasponu od 5,7 do 33,7 %. „Cherry“ kultivari su po biljci razvili između 209 i 382 tržna ploda, mase od 19 do 24 g i ostvarili tržni prinos od 1,92 do 2,35 kg/biljci. Udio netržnih plodova bio je u rasponu od 1,5 do 8,6 %,
- Uz pravilan odabir sortimenta te sastava hranjive otopine i dinamike fertirigacije, moguća je zamjena kamene vune domaćim organskim supstratom u hidroponskom uzgoju rajčice.

6. Popis literature

1. Abak, K., Çelikel, G. (1994). Comparison of some Turkish originated organic and inorganic substrates for tomato soilless culture. *Acta Hort.* 366: 423-427.
2. Abak, K., Sari, N., Paksoy, M., Kaftanoglu, O., Yeninar, H. (1995). Efficiency of bumble bees on the yield and quality of eggplant and tomato grown in unheated glasshouses. *Acta Hort.* 412: 268-274.
3. Asao, T. (2012). Hydroponics - A standard methodology for plant biological researches. InTech, Rijeka.
4. Borošić, J., Benko, B., Novak, B., Toth, N., Žutić, I., Fabek, S. (2009). Growth and yield of tomato grown on reused rockwool slabs. *Acta Hort.* 819: 221-226.
5. Borowski, E., Nurzyński, J. (2012). Effects of different growing substrates on the plant water relations and marketable fruit yield greenhouse-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Agro.* 65(3): 49-56.
6. Buck, J.S. (2005). Improvement of cherry tomato fruit yield and quality under a controlled environment. Master thesis. Department of plant sciences, The University of Arizona.
7. Bunt, A. C. (1988). Media and Mixes for Container Grown Plants. Unwin Hyman Ltd. London.
8. Bussell, W.T., Mckennie, S. (2004). Rockwool in horticulture, and its importance and sustainable use in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Hort. Sci.* 32: 29-37.
9. Çelikel, G. (1999). Effect of different substrates on yield and quality of tomato. *Acta Hort* 466: 353-356.
10. Enzo, M., Gianquinto, G., Lazzarin, R., Pimpini, F., Sambo, P. (2001). Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo. Tipografia-Garbin, Padova.
11. Euro-brod (2014).
<<http://euro-brod.hr/wp-content/uploads/2015/11/Bayer%202016%20HR.pdf>>
Pristupljeno 30. srpnja 2016.

12. Fox, R. (1994). In Search of Alternative Substrates. Practical Hydroponics & Greenhouses Issue 19. <<http://www.hydroponics.com.au/issue-19-in-search-of-alternative-substrates>> Pristupljeno 15. ožujka 2016.
13. Grodan group. Sustainable recycling - Implement sustainable end of life solutions for 100% of all materials used.
<<http://www.grodan.com/sustainability/sustainable+development+programme>>
Pristupljeno 27. veljače. 2016.
14. GSN semences (2014). <<http://www.gsn-semences.fr/index.php/nos-varietes-our-varieties/varietes-standards/book/3?page=72>> Pristupljeno 30. srpnja 2016.
15. Hadar, Y., Gorodecki, B. (1991). Suppression of germination of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in compost. Soil Biology & Biochemistry 23: 303-306.
16. Hoitink, H.A.J., Fahy, P.C. (1986). Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. Annual Review of Phytopathology. 24: 93-114.
17. Hoitink, H.A.J., Kuter, G.A. (1986). Effects of composts in growth media on soilborne pathogens. In: (Y. Chen, Y. Avnimelech, eds), The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Martinus Nijhoff publishers, Dordrecht, 289-306.
18. Inden, H., Torres, A. (2004). Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Hort 644: 205-210.
19. Jensen, M.H. (1999). Hydroponic worldwide. Acta Hort. 481: 719-729.
20. Jespersen, L.M., Willumsen, J. (1993). Production of compost in a heat composting plant and test of compost mixtures as growing media for greenhouse cultures. Acta Hort. 342: 127-142.
21. Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). Povrćarstvo. Zrinski d.d., Čakovec.
22. Luitel, B.P., Adhikari, P.B., Yoon, C.S., Kang, W.H. (2012). Yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars established at different planting bed size and growing substrates. Hort. Environ. Biotechnol. 53(2): 102-107.
23. Mandelbaum, R., Hadar, Y. (1990). Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of *Pythium aphanidermatum* in compost and peat container media. Phytopathology 80: 794-804.

24. Mandelbaum, R., Hadar, Y., Chen Y. (1988). Composting of agricultural wastes for their use as container media: effect of heat treatment on suppression of *Pythium aphanidermatum* and microbial activities in substrates containing composts. *Biological Wastes* 26: 261-274.
25. Matotan, Z. (2008). Plodovito povrće. Neon, Bjelovar.
26. Nappi, P., Barberis, R. (1993). Compost as growing medium: Chemical, physical and biological aspects. *Acta Hort.* 342: 249-256.
27. Papadopoulos, A.P. (1991). Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Publication 1865/E, Reserch station Harrow, Ontario.
28. Parađiković N., Kraljićak Ž. (2008). Zaštićeni prostori-plastenici i staklenici. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
29. Pieters, J., Assche, V. van Buekens, A. (1998). Reducing solid waste streams specific to soilless horticulture. *Hort-Technology* 8: 396-401.
30. Pivot, D., Reist, A., Gillioz, J.M., Ryser, J.P. (1998). Water quality, climatic enviroment and mineral nutrition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in closed soilless cropping system. *Acta Hort.* 150: 575-582.
31. Prasad M., Maher, M.J. (1993). Physical and chemical properties of fractionated peat. *Acta Hort.* 342: 257-264.
32. Puustjarvi, V., Roberson, R.A. (1975). Physical and chemical properties. In: *Peat in Horticulture* (D.W. Robinson, J.G.D. Lamb, eds), Academic Press Inc., New York, pp. 23-38.
33. Raviv, M. (2005). Production of high-quality composts for horticultural purposes – a mini-review. *Hort-Technology* 15: 52-72.
34. Raviv, M., Lieth, J.H. (2008). *Soilless Culture: Theory and practice*. Elsevier, London.
35. Raviv, M., Reuveni, R., Krasnovsky, A., Medina, S., Freiman, L., Bar, A. (1998). Compost as a controlling agent against fusarium wilt of sweet basil. *Acta Hort.* 469: 375-381.

36. Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., Bar-Tal, A. (2002). Substrates and their analysis. In: Hydroponics Production of Vegetables and ornamentals (D. Savvas, H. Passam, eds), Embryo Publications, Greece, 25-102.
37. Resh, M.H. (2013). Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower 7th edition. CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
38. Rubatzky, V.E., Yamaguchi, M. (1997). World vegetables: principles, production and nutritive values. Chapman & Hall, New York.
39. Smith, D.L. (1987). Rockwool in horticulture. Grower Books, London.
40. Statistics Canada (2008). Canada Census of Agriculture, Agriculture division, Horticultural Unit, Ministry of Industry. Publication 22-202-XIB, Ottawa.
41. Swain, R.W. (1985). Plant physiological disorders. ADAS Bristol: 34-45.
42. Tu, J.C., Papadopoulos, A.P., Hao, X., Zheng, J. (1999). The relationship of Pythium root rot and rhizosphere microorganisms in a closed circulating and an open system in rockwool culture of tomato. Acta Hort. 481: 577-583.
43. Tzortzakis, N.G., Economakis, C.D. (2008). Impacts of the substrate medium on tomato yield and fruit quality in soilless cultivation. Horticultural Science 35: 83-89.
44. Von Post, L. (1922). Sveriges Geologiska Undersöknings torvinventering och nogra av dess hittills vunna resultat. Svenska Mosskulturforeningens Tidskrift, Jonköping 36: 1-37.
45. Williams, K.A., Nelson, P.V. (1992). Low, controlled nutrient availability provided by organic waste materials for chysanthemum. Journal of the American Society for Hort. Sci. 117: 422-429
46. Zeleni-hit d.o.o. (2016).
<<http://www.zeleni-hit.hr/images/sampled/data/downloads/2016-Plodovito-i-lisnato.pdf>> Pristupljeno 30. Srpnja 2016.

7. Životopis autora

Ratko Šetušić	11. 04. 1989.	Varaždin
Obrazovanje:	2004 – 2008	Farmaceutski tehničar
	2009 – 2013	Sveučilišni prvostupnik inženjer hortikulture
	2013 – 2016	Magistar inženjer hortikulture
Vještine:	Poznavanje engleskog jezika, informatičke vještine, vozačka dozvola B kategorije, iskustvo u radu u laboratorijima.	
Znanstveni interesi:	Hidroponski uzgoj povrća u zaštićenim prostorima, biljna biotehnologija, ishrana bilja u zaštićenim prostorima.	
Ostali interesi:	Biološka zaštita bilja, mikologija, vinarstvo, antropologija, filozofija, glazba.	