

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Ines FARTELJ

**KARPOMETRIČNE IN BIOKEMIČNE LASTNOSTI
PARADIŽNIKA (*Lycopersicon esculentum* Mill.)
GOJENEGA Z ALTERNATIVNO HIDROPONSKO
RAZTOPINO**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2017

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Ines FARTELJ

**KARPOMETRIČNE IN BIOKEMIČNE LASTNOSTI
PARADIŽNIKA (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GOJENEGA Z
ALTERNATIVNO HIDROPONSKO RAZTOPINO**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

**CARPOMETRIC AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF
TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) GROWN WITH AN
ALTERNATIVE HYDROPONIC SOLUTION**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2017

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študija programa 2. stopnje Hortikultura. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovalaizr. prof. dr. Dragana ŽNIDARČIČ in za somentorja doc. dr. Roka MIHELIČ.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dragan ŽNIDARČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Helena ŠIRCELJ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Ines FARTELJ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du2
DK UDK 635.64:631.589.2:631.559(043.2)
KG vrtnarstvo/paradižnik/hidroponika/pridelek/karpometrične in biokemične lastnosti
AV FARTELJ, INES
SA ŽNIDARČIČ, Dragan (mentor) / MIHELIČ, Rok (somentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Magistrski študijski program 2. Stopnje, Hortikultura
LI 2017
IN KARPOMETRIČNE IN BIOKEMIČNE LASTNOSTI PARADIŽNIKA
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) GOJENEGA Z ALTERNATIVNO
HIDROPONSKO RAZTOPINO
TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP X, 40, [4] str., 16 pregl., 16 sl., 50 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (nadmorski višini 305 m; $\varphi = 46^{\circ} 3' 23''$; $\lambda = 14^{\circ} 30' 29''$) smo leta 2013 primerjali vpliv standardne hranilne raztopine po Hoagland in Arnonu in obdelanega bioplinskega digestata na karpometrične ter biokemične lastnosti paradižnika (*Lycopersicon esculentum* Mill). Predvidevali smo, da bodo rastline, gojene z raztopino digestata, rasle bujnejše, da bodo plodovi imeli večjo maso ter večjo vsebnost bioaktivnih snovi. V poskus smo vključili 3 indeterminantne tipe cepljenega paradižnika: hibrida 'Gardel F1' in 'Belle F1' ter sorto 'Novosadski jabučar', ki smo jih po naključnem vrstnem redu posadili na plošče kamene volne, postavljene v korita iz PVC plastike. Povprečne vrednosti pH v standardni hranilni raztopini so dosegale 6,2, vrednosti EC pa 1,08 dS m⁻¹. Ekvivalentne vrednosti v digestatu so bile 8,3 in 1,6 dS m⁻¹. Rastline, zalivane s hranilno raztopino, so bile višje od rastlin zalivanih z digestatom. Plodovi iz rastlin, zalivanih s hranilno raztopino, so bili statistično značilno težji, širši in višji. Paradižnik, gnojen z digestatom, je razvil številčno manj plodov. Pri sortah, zalivanih z digestatom, je bila statistično značilno večja vsebnost luteina, klorofila *a* ter tokoferola. Največ klorofila *b* je bilo pri hibridu 'Belle F1' (82,5 µg/g) na hranilni raztopini, največ likopena (689,2 µg/g) ter β-karotena (113,9 µg/g) pa pri sorti 'Novosadski jabučar' (hranilna raztopina). Zaključimo lahko, da bioplinski digestat, v primerjavi s standardno hranilno raztopino, negativno vpliva na rast in razvoj rastlin oziroma plodov ter, da ima pozitiven učinek na vsebnost nekaterih bioaktivnih snovi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2
DC UDC 635.64:631.589.2:631.559(043.2)
CX vegetable growing /tomatoes/hydroponics/yield/carpometric and biochemical properties
AU FARTELJ, Ines
AA ŽNIDARČIČ, Dragan (supervisor)/MIHELIC, Rok (co-supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Master Study Programme in Horticulture
PY 2017
TI CARPOMETRIC AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF TOMATO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) GROWN WITH AN ALTERNATIVE HYDROPONIC SOLUTION
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO IX, 40 [4] p., 16 tab., 16 fig., 50 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In 2013 we compared the influence of the standard nutrient solution with Hoagland and Arnon method and the cultivated biogas digestate on the carpometric and biochemical characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). This study was conducted on the laboratory field of the Biotechnical Faculty in Ljubljana (altitude 305 m; $\varphi = 46^{\circ} 3' 23''$; $\lambda = 14^{\circ} 30' 29''$). We included three indeterminate types of grafted tomato: hybrids 'Gardel F1' and 'Belle F1' and the variety 'Novosadski jabučar'. All three types were planted in a random order on the rock wool boards which were set in the trough made of PVC plastic. The average pH values in the standard nutrient solution reached 6.2 and the values of EC reached 1.08 dS m^{-1} . Equivalent values in the digestate were 8,3 and $1,6 \text{ dS m}^{-1}$. The plants that were irrigated with nutrient solution were, by all measurements during the growing period, statistically heavier, wider and higher. Tomato that was fertilized with digestate had the least of fruits. In the case of hybrids that were irrigated with digestate, there were statistically higher contents of lutein, chlorophyll a and tocopherol. The levels of chlorophyll b were the highest by hybrid 'Belle F1' ($82.5 \mu\text{g/g}$) on nutrient solution, and the highest levels of lutein and β -karoten were shown on the hybrid 'Novosadski jabučar' also on nutrient solution. From these results we can conclude that the influence of biogas digestate in comparison with the nutrient solution is negative on the growth and development of plants and their fruits, but that it has positive influence on the content of some bioactive compounds.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	XII
1 UVOD	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	2
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED LITERATURE	3
2.1 PARADIŽNIK (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	3
2.1.1 Pobiranje in skladiščenje	4
2.1.2 Bolezni	5
2.1.3 Škodljivci	5
2.2 HIDROPONIKA	6
2.2.1 Hranilna raztopina	6
2.2.1.1 Prevodnost hranilne raztopine	6
2.2.1.2 pH vrednost hranilne raztopine	7
2.3 BIOPLINSKI DIGESTAT IN GNOJENJE	7
2.4 POTREBE HIDROPONSKO GOJENIH PARADIŽNIKOV PO HRANILIH	8
2.5 BIOAKTIVNE SNOVI V PLODU PARADIŽNIKA	9
2.5.1 Antioksidanti	9
2.5.1.1 Tokoferol	10
2.5.2 Fotosintetski pigmenti	10
2.5.2.1 Karotenoidi	10
2.5.2.2 Klorofil	11
2.6 BARVA IN ČVRSTOST PLODOV PARADIŽNIKA	11
2.7 TRŽNE ZAHTEVE V SLOVENIJI	12
3 MATERIAL IN METODE DE LA	13
3.1 MATERIAL	13

3.1.1	Opis sort in podlag	13
3.1.2	Hranilna raztopina	14
3.1.3	Algo-bakterijsko obdelan bioplinski digestat	15
3.2	METODE DELA	16
3.2.1	Zasnova poskusa	16
3.2.2	Meritve	17
3.2.3	Senzorične lastnosti plodov	19
3.2.4	Obdelava podatkov	19
4	REZULTATI	20
4.1	VSEBNOST HRANIL V DIGESTATU ZA ZALIVANJE	20
4.2	MASA PLODOV	21
4.3	VIŠINA IN ŠIRINA PLODOV	22
4.4	ŠTEVILO PLODOV	23
4.5	VIŠINA RASTLIN	23
4.6	TRDOTA PLODOV	24
4.7	BARVA PLODOV	25
4.8	BIOKEMIČNE LASTNOSTI PLODOV	25
4.8.1	Vsebnost bioaktivnih snovi	25
4.9	KALILNI TEST	27
4.10	SENZORIČNE LASTNOSTI PLODOV	27
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	30
5.1	RAZPRAVA	30
5.2	SKLEPI	34
6	POVZETEK	35
7	VIRI	37
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razmerje hranil v različnih razvojnih stadijih paradižnika (<i>Lycopersicon esculentum</i>) dodanih s fertigacijo (kg/ha/dan) (Nzanza, 2006)	9
Preglednica 2: Količina makroelementov za pripravo hranilne raztopine (Resh, 1997)	14
Preglednica 3: Količina mikroelementov za pripravo hranilne raztopine (Resh, 1997)	15
Preglednica 4: Meritve EC in pH hranilne raztopine	15
Preglednica 5: Meritve EC in pH algno-bakterijsko predelanega bioplinskega digestata uporabljenega v poskusu	15
Preglednica 6: Kombinacije hranilne raztopine/digestata in bidestilirane vode za namen kalilnega testa ter ugotavljanja fitotoksičnosti	19
Preglednica 7: Vsebnost elementov (mg/L) v digestatu za zalivanje paradižnika	20
Preglednica 8: Povprečna obarvanost plodov (<i>L</i> , <i>a</i> , <i>b</i>) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	25
Preglednica 9: Rezultati testa fitotoksičnosti z vrtno krešo. KI (%) predstavlja indeks kalilnega testa	26
Preglednica 10: Senzorične lastnosti plodov (barva, vonj, okus in splošni vtis; 1-odlično do 5-nezadostno)	28

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Začetek cvetenja paradižnika (foto: I. Fartelj)	4
Slika 2: Sorta 'Novosadski jabučar' (levo) in hibrid 'Belle F1' (desno) (foto: I. Fartelj)	13
Slika 3: Hibrid 'Gardel F1' (levo) in cepljena podlaga 'Beaufort' (desno) (foto: I. Fartelj)	14
Slika 4: Postavitev sistema bazenov (foto: I. Fartelj)	16
Slika 5: Postavitev hidroponskega sistema (foto: I. Fartelj)	17
Slika 6: Penetrometer (levo) in kolorimeter (desno) (foto: I. Fartelj)	18
Slika 7: Kalilni test z vrtno krešo (foto: I. Fartelj)	19
Slika 8: Povprečna masa (g) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	21
Slika 9: Povprečna višina (cm) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	22
Slika 10: Povprečna širina (cm) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	22
Slika 11: Povprečno število plodov sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	23
Slika 12: Povprečna višina rastlin (cm) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	24
Slika 13: Povprečna trdota (kg/cm^2) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	24
Slika 14: Vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih ($\mu\text{g/g}$ suhe m.) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja	26
Slika 15: Senzorične lastnosti plodov (barva, vonj, okus in splošni vtis; 1-odlično do 5-nezadostno)	28

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Rezultati mase, višine, širine, trdote in števila plodov

PRILOGA B: Vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih paradižnika

1 UVOD

Naraščanje potreb po hrani sili pridelovalce v vedno večjo intenzivnost pridelave. Ob vsem tem pa se poraja vprašanje, kako z uporabo zmanjšane količine kemičnih sredstev in gnojil zagotoviti zadostno količino hrane, ki bo obenem ustrezala prehranskim standardom kakovosti ter človeku nudila bolj zdrav način prehranjevanja. Zato je potrebno v pridelovanje vlagati vse več znanja in sredstev (Parađiković, 2009).

Z izbiro primerne tehnologije gojenja in ob pravilnem ravnanju z odpadnimi materiali, lahko kmetijstvo vpliva na socialne ter ekološke vidike naše družbe.

Ena od možnih tehnologij za gojenje vrtnin (tudi paradižnika) je uporaba hidroponskih sistemov. Pri tem načinu gojenja imamo, poleg možnosti obvladovanja bolezni in škodljivcev, tudi možnost nadzorovanega dodajanja hranil v hranilno raztopino. To nam omogoča optimizacijo pridelave do te stopnje, da je pridelek primerne kakovosti in tržno zanimiv (Lešić in sod., 2002). Pri hidroponski tehniki gojenja vrtnin lahko, ob vzdrževanju visoke vlažnosti, korenine rastejo v zraku, v primeru dobrega prezračevanja v vodi ali v različnih inertnih medijih, ki ne spreminjajo svojih kemijskih lastnosti ali lastnosti drugih snovi s katerimi so v stiku (Osvald in Petrovič, 2001). Ti sistemi se v največji meri uporabljajo v zavarovanih prostorih, ki varujejo rastline pred neugodnimi vremenskimi vplivi in omogočajo nadzor nad temperaturo, vlago ali svetlobo.

Glede na povečanje interesa na področju uporabe alternativnih hranilnih raztopin za hidroponsko gojenje, v smislu zmanjšanja stroškov in tudi za zvišanje trajnosti, je potrebno pravočasno določiti možnost izkoristka tekočega (bioplinskega) digestata kot hranilni medij za hidroponsko gojenje (West in sod., 2015).

Pri gnojenju njiv se npr. vedno bolj poudarja potreba po učinkoviti rabi živinskih gnojil, da ne bi prihajalo do nepotrebnih obremenitev okolja z nitrati in smradom ter čim boljšim izkoristkom hranil, ki so na razpolago v gnojilih. V zadnjih letih se kmetom iz okolice bioplinarn pogosto ponuja ostanek iz bioplinarn – digestat, tudi za potrebe gnojenja (Salobir in Strgulec, 2015). Ta digestat bi lahko, kot alternativa klasični hranilni raztopini za hidroponsko vzgojo rastlin, predstavljal inovativno tehnološko rešitev za izrabo odpadkov bioplinarn (Mihelič, 2014). Enako, kot pri standardni hranilni raztopini, mu lahko nadzorovano dodajamo morebitno potrebna hranila.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Pri hidroponski pridelavi paradižnika (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se običajno uporablja standardna raztopina po Hoagland in Arnonu (Jakše in Kacjan Maršić, 2008). V naši raziskavi smo želeli preveriti ali bi lahko pridobili raztopino, primerno za hidroponsko gojenje paradižnika, z alno-bakterijsko obdelavo digestata iz bioplinarne.

Cilj magistrske naloge je bil primerjava učinkov standardne raztopine in raztopine alno-bakterijsko obdelanega bioplinkega digestata na karpometrične in biokemične lastnosti plodov pri treh različnih sortah paradižnika, ki smo ga gojili na hidroponski način.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Pri našem poskusu smo predvidevali, da bodo rastline, gojene v raztopini alno-bakterijsko obdelanega bioplinkega digestata, v primerjavi z rastlinami gojenimi v standardni hranilni raztopini, imele naslednje lastnosti:

- rast bo bujnejša,
- plodovi bodo imeli večjo maso,
- plodovi bodo vsebovali več bioaktivnih snovi.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 PARADIŽNIK (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Paradižnik (*Lycopersicon esculentum* Mill.) je druga najpomembnejša zelenjava na svetu, takoj za krompirjem, z letnim pridelkom 145,6 milijonov ton sveže mase (FAO, 2010). To rastlino so v Evropo prinesli iz Južne Amerike pred nekaj manj kot štirimi stoletji. V Angliji so paradižnik leta 1880 začeli gojiti pod steklom preko celotnega leta (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994). V Sloveniji se je razširil po prvi svetovni vojni, k razširitvi pa so prispevali tedanji vojaki, ki so vojaški rok opravljali v Makedoniji in Srbiji (Vardjan, 1980). V Sloveniji smo leta 2015 na 192 ha obdelovanih površin pridelali 5705 t paradižnika (Zelenjava ..., 2011).

Paradižnik uvrščamo v skupino plodovk, v družino razhudnikovk (Solanaceae) in jih, ob naših pridelovalnih razmerah, prištevamo med enoletnice. Za rastline iz skupine plodovk je značilno, da so toplotno bolj zahtevne. Ustreza jim gnojenje s hlevskim gnojem ter zahtevajo s hranili bogata in rodovitna tla. Obenem so zahtevne glede kolobarja, težave s talnimi boleznimi pa lahko zmanjšamo s cepljenjem na odporne podlage. Plodovke potrebujejo veliko vode in večjo intenziteto ter trajanje osvetlitve. Poskrbeti moramo, da relativna zračna vlaga v prostoru ni previsoka, saj bi le ta pospešila razvoj glivičnih bolezni (Bavec, 2003).

Gojenje znotraj zavarovanega prostora se precej razlikuje od gojenja na prostem. V zavarovanih prostorih lahko imamo, zaradi specifičnih lastnosti prekrival, zelo ugodne mikroklimatske razmere. Če tehniko gojenja prilagodimo sorti ali obratno, lahko v takih razmerah dobimo bolj zgodnje ter večje pridelke, ki so tudi bolj kakovostni (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Razlikujemo štiri faze rasti in razvoja paradižnika (Pavlek, 1985):

- a) od setve do vznika 5 – 6 dni
- b) od vznika do oblikovanja prvega socvetja 20 – 40 dni
- c) od oblikovanja prvega socvetja do oblikovanja prvih plodov 32 – 42 dni
- d) od oblikovanja prvih plodov do prvega pobiranja 33 – 45 dni.

Za Slovenijo je značilna zgodnja spomladanska pridelava plodov, s presajanjem sadik aprila, v neogrevanih plastenjakih. Gostota sajenja se giblje med 2 do 3 rastline/m². V kolikor je prostor ogrevan pa je rok presajanja seveda zgodnejši. Veliko naših pridelovalcev si želi preskočiti termin, ko paradižnik na tržišču dosega najnižje cene. To lahko dosežejo s kasnejšim presajanjem sadik konec maja ali v začetku junija. V tem primeru so plodovi zreli takrat, ko na tržišču količina paradižnika nekoliko upade, posledično pa se zvišajo cene. Ob takem načinu pridelave je nujna in neizogibna dekaptacija rastlin, ki omogoči hitrejše dozorevanje (Bavec, 2003).

Kakor ostale vrtnine tudi paradižnik za normalno rast in razvoj potrebuje namakanje, dognojevanje, prezračevanje v zaprtem prostoru, najpomembnejše od vsega pa je odstranjevanje zalistnikov ali pinciranje. Pinciranje je priporočljivo opravljati sproti in sicer, ko je dolžina zalistnikov nekje med 3 in 5 cm. V kolikor so na rastlini prisotni dolgi in veliki zalistniki bomo tvegali, da se bo podaljšal čas prvega zorenja plodov, obenem pa taki zalistniki jemljejo hranila celotni rastlini.

Indeterminanten paradižnik v zavarovanih prostorih napeljujemo in privezujemo na vrvice, ki so na zgornjem delu pritrjene na prečno žico. Z žicami lahko preprosto uravnavamo višino tako, da jih nekoliko popustimo. Druga možnost zniževanja višine paradižnika je odstranitev glavnega poganjka ali dekaptacija med 8. in 12. socvetjem. Indeterminanten paradižnik najbolj pogosto vzgajamo z enojnim stebлом. Razen v primeru cepljenih sadik, kjer se zaradi višje cene sadik običajno odločamo za vzgojo rastline na dveh steblih (Bavec, 2003). Pri veliki intenzivnosti rasti, ob poletni pridelavi paradižnika, potreba po ročnem delu znaša približno 33 ur na površini 100 m² (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Plodovi pri paradižniku se začnejo oblikovati, ko rastlina akumulira presežek ogljikovih hidratov, ki jih za svojo vegetativno rast več ne potrebuje. Prav tako na formiranje plodov vpliva dolžina dneva ter temperatura. Glede dolžine dneva spada paradižnik v nevtralno skupino, vendar obstajajo sorte, ki so dolgo ali kratkodnevne. Za tvorbo plodov je kritična nočna temperatura med 15 in 20 °C (Pavlek, 1985).



Slika 1: Začetek cvetenja paradižnika (foto: I. Fartelj)

2.1.1 Pobiranje in skladiščenje

Pobiranje pridelka opravimo v tehnološki zrelosti. To je takrat, ko plod dobi oranžno rdečo barvo, je čvrst ter elastičen. Tehnološka zrelost ploda traja od 1 do 4 dni in je odvisna od sorte ter temperature. V kolikor obiramo preveč zrele plodove tvegamo zmanjšano količino karotena, sladkorjev in likopena. Za oddaljen trg paradižnik pobiramo ob začetku spremembe barve na plodu. Za predelavo ali za pridobivanje semena ga obiramo v fiziološki zrelosti (Vardjan, 1980).

V obranih plodovih poteka intenzivno dihanje in porabljanje rezervnih snovi. Če ga shranjujemo v hladilniku, morajo biti peclji še zeleni (Pavlek, 1985).

V hladilnici skladiščimo pol zrele paradižnike 3 tedne na temperaturi od 12 do 15 °C ter pri 85 do 90 % relativni zračni vlagi, skoraj zrel paradižnik pa skladiščimo pri nižjih temperaturah in sicer od 8 do 10 °C in pri relativni zračni vlagi od 80 do 85 %, od sedem do 14 dni (Vardjan, 1980).

2.1.2 Bolezni

Od bakterijskih bolezni največ težav povzročata bakterijska pegavost paradižnikovih plodov in krastavost paradižnikovih plodov (*Pseudomonas syringae* pv. Tomato, *Xanthomonas compertris* pv. Visicatoria), ki okužujeta vse nadzemne dele paradižnika. Tako na listih kot tudi na steblih se pojavijo črne nekrotične pegice, iz katerih se občasno cedi sluzast bakterijski eksudat. Nekrotične pegice so obdane s svetlejším robom, okuženi listi se sušijo. Če pride do okužbe plodu se na njem sprva pojavijo temno-zelene pege, ki kmalu počrnijo in zvezdasto razpokajo. Proti boleznima se borimo tako, da za setev uporabimo zdravo in površinsko razkuženo seme, ki ga sejemo v razkužen substrat. Na okužene površine nekaj let ne sadimo paradižnika. Proti širjenju bolezni deloma pomaga tudi škropljenje z bakrovimi pripravki (Celar, 1999).

Med glivičnimi boleznimi so najpogostejše: padavica sadik, črna listna pegavost paradižnika (*Alternaria solani*), ki okužuje vse nadzemne dele rastlin, paradižnikova plesen (*Phytophthora infestans*), ki okužuje liste, stebela in plodove, verticilijska in fuzarijska uvelost paradižnika (*Verticillium dahliae*, *V. albo-atrum* in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*), siva plesen (*Botryotinia fuckeliana*), ki okuži liste, cvetove, stebela in plodove, povzroča gnitje in pokrije napadene dele s sivo klobučevinasto plesnijo (Celar, 1999).

2.1.3 Škodljivci

Pri gojenju paradižnika v zavarovanih prostorih najpogosteje srečamo naslednje škodljivce (Gomboc, 1999):

- rastlinjakov ščitkar (*Trialeurodes vaporariorum*), ki neposredno škodo povzroča s sesanjem sokov iz listov in mladega dela stebela, s čimer slabi vitalnost rastline. Proti ščitkarju škropimo v rednih presledkih z insekticidom, ki temelji na rastlinskih izvlečkih in to takoj, ko se škodljivci pojavijo;
- listne uši (*Macrosiphum euphorbiae*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Aulacorhynchus solani*) se hranijo s sesanjem rastlinskih sokov. Na mestih vboda se tkivo blede obarva, na zgornji strani lista pa so vidne blede pikice, ki se ob močnejšem napadu združujejo tako, da listi začnejo rumeneti. Ker uši skozi sifona na zadku izločajo še medeno roso, so taki listi svetleči in lepljivi. Na tej rosi so pogosto tudi glive sajavosti, ki so videti kot siva prevleka na listih. Pred ušmi se zavarujemo s prekrivali;
- navadna pršica (*Teranychus urticae*) se pogosteje pojavlja v rastlinjaki kot na prostem. Pršice sesajo rastlinske sokove. Na mestih vbodov tkivo najprej pobledi,

pozneje pa porumeni. Proti navadni pršici je učinkovito škropljenje listov z vodo in ohranjanje visoke vlažnosti.

2.2 HIDROPONIKA

V zadnjem času je razširjeno gojenje paradižnika na hidroponskih sistemih. Beseda hidroponika izvira iz grščine, kjer *hydro* pomeni voda in *ponos* delo. Predstavlja način oziroma tehniko gojenja rastlin v hranilni raztopini, z ali brez inertnega substrata. Pri tem gre za substrate, ki svojih kemijskih lastnosti in kemijskih lastnosti snovi, s katerimi so v stiku, ne spreminjajo (Petrovič, 1992). Kot substrati se uporabljajo vermikulit, kamena volna, perlit, pesek in drugi (Jensen in Collins, 1985).

Hidroponski sistemi zagotavljajo visoke pridelke in pridelovalcu omogočajo nadzor nad dodajanjem hranil glede na potrebe ter sam razvoj rastlin. Prav tako omogočajo opustitev kolobarjenja (Resh, 1997).

2.2.1 Hranilna raztopina

Hranilna raztopina predstavlja vodo in v njej raztopljene elemente, ki jih rastline potrebujejo za normalno rast in razvoj. Makro in mikroelementi v raztopini morajo biti prisotni v točno določenem razmerju. Količina hranil je odvisna od vrste rastlin, njihove faze razvoja ter okoljskih dejavnikov. Spremljati moramo kislost raztopine, katero po potrebi uravnavamo (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

Raziskave kažejo, da sestava hranilne raztopine ter vrednost električne prevodnosti (EC) vplivata, ne glede na to ali je bila rastlina gojena v zemlji ali v substratu, tudi na aromo in okus paradižnika. Višja kot je vrednost EC, bolj okusen je plod in sicer zaradi večje vsebnosti sladkorjev in kislin (Janse, 1994).

Za pripravo hranilne raztopine je pomembna tudi kakovost vode, s katero raztapljamo soli, ki vsebujejo osnovne hranilne elemente. Predvsem voda ne sme vsebovati preveč natrijevega klorida in karbonatov. Pri tem moramo biti pozorni še na lastnosti posameznih komponent (soli), da ne pride do obarjanja in kasneje do zamašitve namakalnega sistema (Osvald in Kogoj-Osvald, 2003).

2.2.1.1 Prevodnost hranilne raztopine

Z večanjem koncentracije hranil povečujemo tudi prevodnost (EC) hranilne raztopine. EC je merilo koncentracije ionov v vodi. Čista voda elektrike ne prevaja, z dodajanjem elementov kot so Ca^+ , Na^+ , Mg^+ , K^+ ,... pa lahko vplivamo na prevodnost (Resh, 2013). Prevodnost merimo s konduktometrom pri 25 °C in jo beležimo v enotah mS/cm oz. dS/m. (Mason, 1990). S pravilno izbiro koncentracije hranilne raztopine in njene EC lahko

vplivamo na kakovost pridelka. Do nedavnega so priporočali EC stopnjo od 2,0 do 2,5 dS/m, danes je priporočljiva EC vrednost med 3,0 in 4,5 dS/m. Osvald in Kogoj-Osvald (2005) pišejo, da bi naj EC bila v začetni fazi (do prvega socvetja) hidroponsko vzgojenega paradižnika 4 dS/m, kasneje pa 3 – 3,5 dS/m. Pričakuje se, da pri višji EC vrednosti dosežemo boljšo aromo, višjo vsebnost likopena, kislin, sladkorjev in hlapnih aromatičnih spojin paradižnika. Predvidevajo, da različne sorte paradižnika različno reagirajo na različne vrednosti EC v hranilni raztopini (Auerswald in sod, 1999). Auerswald in sod. (1999) so ugotovili, da so koncentracije sladkorjev in kislin v plodu paradižnika v njihovi raziskavi bile statistično značilno višje pri višjih EC vrednostih.

2.2.1.2 pH vrednost hranilne raztopine

pH skala meri kislost in bazičnost v hranilnem mediju. Skala ima razpon od 0, kar pomeni zelo kislo do 14, kar pomeni zelo bazično okolje. Večini gojenih rastlin ustreza pH med 5,8 in 6,5. pH vpliva na sposobnost rastline, da sprejme ključne (esencialne) elemente iz hranilne raztopine. Obstaja več načinov merjenja pH v hranilni raztopini. Izbira sistema je odvisna od natančnosti ter zanesljivosti v zaznavanju. Meritve pH hranilne raztopine je priporočljivo izvajati ter beležiti vsak dan. Za zniževanje pH dodajamo kisle medije, kot je žveplova kislina (H_2SO_4), za zvišanje pH pa dodajamo kalijev hidroksid (KOH), natrijev hidroksid (NaOH) in sodo bikarbono. Našteti elementi hitro in učinkovito spremenijo vrednost pH (Resh, 2013).

2.3 BIOPLINSKI DIGESTAT IN GNOJENJE

Gre za poltekoč ali tekoč material, ki prihaja kot ostanek iz bioplinarn. Je produkt razgradnje gospodinjskih odpadkov, odpadnih olj ter maščob. Promovirajo ga kot okolju prijazno gnojilo z veliko hranilnimi snovmi in minerali ter posledično kot dober nadomestek kemičnim umetnim gnojilom. Vsebuje velik delež dušika v obliki, ki je rastlinam hitreje in lažje dostopen. Je temno rjave do črne barve ter rahlega, značilnega vonja (Bioplinarna Ihan, 2017). Gnojenje z digestatom iz bioplinarn, ki se pojavlja na trgu, pri nas še vedno predstavlja novost za kmete, ki bi ga želeli uporabiti kot gnojilo. Kmetje pri ponudbi najprej opazijo, da je precej poceni ali brezplačen material, po vsebnosti hranil pa dobro primerljiv z drugimi gnojili (Salobir in Strgulec, 2015).

Pridobitev digestata (za gnojenje) v bioplinarni poteka tako, da se digestat najprej loči na gosti in tekoči del. Slednji potuje v algno-bakterijske bazene, v katerih mikroalge in bakterije zmanjšajo obremenjenost digestata. Ob tem nastane značilna količina biomase. Ta nudi možnost uporabe za gnojila, bio-goriva, krmila itd. Ko to tekočo fazo v usedalniku ločimo od algno-bakterijske biomase lahko ostanek tekočega dela vsebuje različne koncentracije hranil in ga lahko uporabimo (tudi) za hidroponsko vzgojo rastlin (Mihelič, 2014).

Vsebnost hranil v tekočem delu digestata je odvisna od uporabljenih surovin v razmerju z digestatom. V njem prevladuje amonijska oblika dušika, katera lahko predstavlja 57 – 76

% celotnega dušika. V tekočem delu digestata so prisotna tudi mikrohranila, ki so potrebna za hidroponsko vzgojo paradižnika, solate in kumar. Paradižnik je še posebej občutljiv na koncentracijo amonijaka v hidroponski raztopini. Vendar so ugotovili, da prisotnost amonijaka (kot 10 % celotnega dušika) pozitivno vpliva na pridelek paradižnika ter na izboljššan okus. Rast paradižnika se je zmanjšala kadar je bil amonijak edini vir dušika, čeprav je bil pH vzdrževan na 5,8 (West in sod., 2015).

2.4 POTREBE HIDROPONSKO GOJENIH PARADIŽNIKOV PO HRANILIH

Rastline potrebujejo 16 elementov za rast: ogljik (C), vodik (H), kisik (O), fosfor (P), kalij (K), dušik (N), žveplo (S), kalcij (Ca), železo (Fe), magnezij (Mg), bor (B), mangan (Mn), baker (Cu), cink (Zn), molibden (Mo), in klor (Cl). Ključ do uspešnega gojenja je, da zagotovimo primerne koncentracije vseh hranilnih snovi v celotnem življenjskem ciklu pridelka. Neustrezna ali večja količina katerega od hranil povzroči neučinkovito priraščanje. Prekomerne količine so lahko še posebej problematične, saj lahko poškodujejo pridelek in onesnažujejo okolje, če se gnojilo sprošča med izpiranjem sistema za dovajanje hranil. Razen C, H, in O, ki jih rastline navadno dobijo v ustreznih količinah iz zraka in vode, je ostala hranila potrebno dodajati. Potrebe po hranilih se spreminjajo med rastno dobo. V začetku rastne dobe so potrebe po hranilih majhne. Bolj ko posevek raste, bolj se potreba po njih veča; še posebej po tem, ko začno rasti plodovi (Hochmuth in Hochmuth; 2012).

V zavarovanih prostorih se pridelki paradižnika gibljejo med 150 in 250 t/ha. Ob takih količinskih razmerah je zelo pomembno, da rastlinam zagotovimo zadostno količino ter ustrezno razmerje hranil. Pri tem je izrednega pomena prehrana rastlin s kalcijem (Ca) in kalijem (K) (Bavec, 2003):

- Kalij (K) je mineralno hranilo, ki ga prištevamo med makroelemente. Znaki pomanjkanja so slabša rast, kloroze na listih v obliki lis, zvijanje, kodranje in propadanje listov. Je zelo zastopan element v zelenjavi in sadju. En izmed naravnih virov K je tudi paradižnik (Vodnik, 2001). Dumas in sod. (2003) navajajo, da kalij vpliva na hitrejšo dozorevanje plodov. Več K bi naj pomenilo bolj uniformno obarvanost. Kalij igra najpomembnejšo vlogo med vsemi dejavniki, ki vplivajo na kvaliteto paradižnika, ker je vključen v različne metabolne procese kot so: sinteza proteinov, encimska aktivnost, prehajanje skozi membrane, generiranje turgorja. V raziskavi iz Izraela so foliarno dodajali kalijev fosfat (Nutri-Vant-PeaK group: 52% P_2O_5 in 34% K_2O). Gre za počasi sproščujoče gnojilo. Že pri sami rasti se je pokazalo, da so bile rastline, tretirane s kalijevim pripravkom višje, plodovi so bili prej zreli, večja je bila vsebnost glukoze in suhe snovi. Prav tako se je povečalo število tržnih plodov (Chapagain in sod., 2004).
- Kalcij (Ca) prav tako spada med mineralna hranila in makroelemente. Znaki pomanjkanja so deformacije mladih listov, prizadeti terminalni listni deli, nekroze rastnih vršičkov, zelo omejena rast (Vodnik, 2001). Dumas in sod. (2003) navajajo, da Ca dviguje vsebnost likopena (preglednica 1).

Preglednica 1: Razmerje hranil v različnih razvojnih stadijih paradižnika (*Lycopersicon esculentum*) dodanih s fertigacijo (kg/ha/dan) (Nzanza, 2006).

Razvojni stadij	Dušik (N)	Fosfor (P ₂ O ₅)	Kalij (K ₂ O)	Kalcij (Ca)
Začetki rasti po sajenju	1	1	1	/
Do cvetenja	2,5	2,5	2,5	0,8
Cvetenje – prvi plod	3	1,5	4,5	0,8
Razvoj plodov	3	1,5	6	0,8
Zorenje/obiranje plodov	3,5	1	6	0,8

2.5 BIOAKTIVNE SNOVI V PLODU PARADIŽNIKA

So esencialne in neesencialne spojine (vitamini, polifenoli), ki jih najdemo v naravi in so del prehranske verige. (Funkcionalna..., 2014).

Sekundarni metaboliti imajo pomembno vlogo pri obrambi zelenih rastlin pred različnimi boleznimi, škodljivci in drugimi dejavniki iz okolja, ki imajo na zelene rastline stresen vpliv. Kolikšna bo količina teh snovi v samih rastlinah je pogojeno genetsko, vpliv pa imajo tudi agrotehnični ukrepi in okoljske razmere. Vse omenjene in pomembne snovi lahko poimenujemo tudi bioaktivne ali biološko aktivne molekule (Kreft in sod., 2000). Za njih velja, da imajo vpliv na zdravje človeka – spodbujanje razstrupljanja telesa, antioksidativno delovanje,... (Funkcionalna..., 2014).

2.5.1 Antioksidanti

Vsebnost antioksidantov je postala pomemben parameter kakovosti sadja in zelenjave. Aktivnost antioksidantov v sadju in zelenjavi se razlikuje glede na sorto in agronomske razmere. Pomemben vir antioksidantov, še posebej karotenoidov, je paradižnik (Kacjan-Maršič in sod., 2010). V plodovih paradižnika je največja vsebnost antioksidantov v poletnih mesecih. Višja vsebnost teh snovi v perikarpu ščiti plod pred stresnimi dejavniki (Martinez-Vaverde in sod., 2002).

Dumas in sod. (2003) navajajo, da ima temperatura vpliv na vsebnost antioksidantov v plodu paradižnika, ob tem pa so v ospredje postavili vpliv na vsebnost karotenoidov. Če se temperatura v času dozorevanja gibljejo nad 35°C, se likopen začne pretvarjati v β-karoten. Eden glavnih antioksidantov v paradižniku je likopen. Od vsebnosti tega antioksidanta je odvisna rdeča barva plodu paradižnika. Temperature pod 12 °C znatno zavirajo biosintezo likopena. Nad 32 °C pa se ta proces popolnoma ustavi.

Visok EC povzroči večje izločanje etilena, kar vpliva na zgodnje dozorevanje ter na višjo vsebnost likopena v plodu (Auerswald in sod., 1999).

Antioksidante razdelimo v dve skupini in sicer na endogene ter na eksogene. Endogene lahko naš organizem tvori sam. Obenem antioksidante delimo še na hidrofilne ali vodotopne (vitamin C in glutation) in na lipofilne, ki so topni v maščobah (karotenoidi, tokoferol, ...) (Korošec, 2000).

2.5.1.1 Tokoferol

Tokoferol spada med najpomembnejše lipofilne antioksidante. Najbolj biološko aktivna oblika tokoferola je α -tokoferol. (Kacjan in sod., 2010). Dumas in sod. (2003) so ugotovili, da se vsebnost α -tokoferola s staranjem ploda paradižnika zvišuje (iz 1,5 mg/kg v zeleni fazi na 3,2 mg/kg v rdeči fazi). β -tokoferol se s starostjo povečuje iz 0 mg/kg v zeleni fazi na 0,3 mg/kg v rdeči fazi. γ -tokoferol se s starostjo plodov paradižnika povečuje do rumene faze, v rdeči fazi pa se vsebnost zniža. Ugotovili so tudi, da je nenadno povečanje vsebnosti α -tokoferola lahko posledica razpada klorofila (Munne-Bosch in Alegre, 2000). Tokoferol je v hrani široko zastopan. Naravni viri tokoferola so različni kalčki, rastlinska olja, jajca, arašidi, mandlji,... Njegove antioksidativne lastnosti preprečujejo staranje ter odmiranje celic v človeškem organizmu. Če se več mesecev nepravilno prehranjujemo ali se naš organizem preveč izčrpa, lahko pride do pomanjkanja. Vendar do tega pojava pride pri človeku zelo redko. Običajno pri novorojencih ter bolnikih z moteno absorpcijo maščob. Priporočen dnevni vnos vitamina E znaša 8-10 mg. Vitamin E lahko olajša absorpcijo vitamina A, veliki odmerki pa delujejo nasprotno na učinke vitamina K (Medić-Šarić in Buhač, 2002).

2.5.2 Fotosintetski pigmenti

To so pigmenti, kateri sodelujejo pri absorpciji, prenosu in pretvorbi energije fotosintetsko aktivnega sevanja za potrebe asimilacije CO₂. Ker se skupine asimilacijskih pigmentov med seboj kemično razlikujejo, nastajajo razlike pri absorpciji svetlobe. Fotosintetske pigmente delimo na klorofile (klorofil a, klorofil b, c in d) in karotenoide. Karotenoide delimo še na karotene (α -karoten, β -karoten, likopen,...) in na ksantofile (lutein, zeaksantin itd.) (Vodnik, 2001).

2.5.2.1 Karotenoidi

Karotenoide uvrščamo med tetraterpene, ki jih najdemo v kloro- in kromoplastih. V kloroplastu sodelujejo pri zbiranju svetlobe, odvajanju odvečne svetlobe iz fotosistema, odstranjevanju škodljivih molekul (Šircelj, 2008).

Pri človeku se akumulirajo v jetrih, maščobnem tkivu, trebušni slinavki, nadledvičnih žlezah, retini in rumeni pegi. V naravi jih je več kot 700, v naši prehrani pa 50. Iz fiziološkega vidika preprečujejo pomanjkanje vitamina A, so antioksidativno aktivni in povečujejo imunsko aktivnost (Funkcionalna ..., 2014).

Iz nivoja rastlin je β -karoten je najpomembnejši med oranžno-rdečimi karoteni. Rumeni do rdeči so ksantofili, ki predstavljajo oksidacijski produkt karotenov (Vodnik, 2001). Betakaroten je šibak antioksidant, ki učinkovito zatira proste kisikove radikale in lahko celo zavira peroksidacijo lipidov. Epidemiološke študije kažejo povezavo med prehrano z veliko sadja in zelenjave ter zmanjšanim tveganjem razvoja raka pri človeku – še posebej raka na pljučih (Medić-Šarić in Buhač, 2002).

Likopen je rdeči pigment, ki ga najdemo v kožici in mesu paradižnika. Kakor vse karotenoide, tako tudi likopen uvrščamo med terpene. Količina likopena v plodovih paradižnika je od sorte do sorte različna (Boyer, 2005). Njegovo tvorbo zavira pretirana osvetlitev (20.000 luksov optimalna osvetlitev za paradižnik) (Dumas in sod., 2003). Ugotovili so, da na biosintezo likopena močno vplivajo dejavniki iz okolja. Predvsem dnevna temperatura zraka (optimalna 22-25 °C) in izpostavljenost soncu (Kacjan-Maršič in sod., 2010). Wu in Kubota (2008) navajata, da se vsebnost likopena lahko manipulira s količino ter intenziteto svetlobe, s koncentracijo hranil ter s slanostjo hranilne raztopine. Raziskave so pokazale, da se je koncentracija likopena v plodovih paradižnika povečala, če so rastline zalivali s hranilno raztopino z visoko vrednostjo EC – 4,8 dS/m v primerjavi s tistimi rastlinami, ki so prejele hranilno raztopino z EC 2,4 dS/m. Rastline so gojili na hidroponski način.

Likopen igra pomembno vlogo pri zmanjševanju srčno žilnih bolezni in tumorjev na prebavilih.

2.5.2.2 Klorofil

Klorofil se nahaja v tilakoidnih membranah kloroplastov, kot del žetvenega antenskega kompleksa in v reakcijskih centrih fotosistema I in II. Klorofil absorbira modri in rdeči del spektra svetlobe in prepušča zelenega, kar daje rastlinam značilno zeleno barvo (Hendry in sod., 1987). Najpomembnejša klorofila sta klorofil a in klorofil b (Vodnik, 2001). Klorofil a je modro-zeleni, klorofil b pa zeleno-rumeni (Kemija ..., 2004). Dumas in sod. (2013) navajajo, da se koncentracija klorofila a in b tekom rastne dobe znižuje. V človeškem organizmu bi naj zaviral nastanek kancerogenih nitrozaminov v telesu, ki nastajajo pri presnovi nitratov in zmanjševal tveganje za nastanek raka na jetrih (Breiholt in sod., 1995; Burns in sod., 2003).

2.6 BARVA IN ČVRSTOST PLODOV PARADIŽNIKA

Čvrstost in barva sta dva pomembna faktorja pri določanju kvalitete paradižnika. Barva je odvisna od kombinacije različnih pigmentov: likopena, β -karotena in drugih karotenoidov. Obarvanje plodov pospešuje osvetlitev medtem, ko temperatura pod 16 °C ali nad 32 °C obarvanje zavira (Černe, 1988). Ko Minolta vrednosti a^*/b^* dosežejo od 0,6 do 0,95, so plodovi primerni za prodajo (Batu, 2004).

Za končnega uporabnika oziroma kupca sta pomembna dejavnika kvalitete tekstura in barva kože. Na teksturo vpliva čvrstost mesa ter kože. Torej se stopnja čvrstosti uporablja kot pokazatelj kvalitete ploda in je pomemben dejavnik pri odločitvi za nakup. Ker je plod dovzeten za poškodbe, predstavlja veliko težavo njegovo mehčanje med shranjevanjem, transportom in zorenjem (Požrl in sod., 2010).

Če so vrednosti čvrstosti paradižnika nad 1,28 N/mm, je primeren za solato in celo za prodajo. Če so vrednosti nad 1,46 N/mm, potem so ti paradižniki zelo čvrsti in godni za transport in prodajo. 100 % tržni plodovi bi morali dosegati vrednost čvrstosti nad 1,45 N/mm (Batu, 2004).

2.7 TRŽNE ZAHTEVE V SLOVENIJI

Trg v Sloveniji zahteva srednjo do večjo maso plodov (od 160 do 220 g), ki so čvrsti. V zahodno evropskih državah pa je bolj zaželeno pridelavo drobnejših plodov (od 120 do 140 g). Te države uporabljajo sorte, ki tudi pri nas dosegajo visoke pridelke.

Pomembno je, da se dviguje ozaveščenost glede porekla pridelka ter načina pridelave. Doma pridelana hrana je bolj sveža v primerjavi s tisto, ki je že dlje časa v procesu transporta do prodajnih polic. Prav tako ima prednost ekološko pridelana zelenjava (Bavec, 2003).

Po obiranju se zorenje sadežev nadaljuje, kar lahko vodi v prehitro zrelost ter izgubo kakovosti. Posledično se omeji tudi rok uporabe. To povečuje zaskrbljenost potrošnikov glede nakupa in uživanja kvalitetnih plodov. Spremembe v čvrstosti se izražajo na zunanosti plodov (barva, oblika in občutek pri prijemu ploda).

3 MATERIAL IN METODE DELA

Poskus je potekal od 15. maja do 20. oktobra 2013 v raziskovalnem rastlinjaku (steklenjaku) in plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (nadmorski višini 305 m; $\varphi = 46^{\circ} 3' 23''$; $\lambda = 14^{\circ} 30' 29''$).

3.1 MATERIAL

3.1.1 Opis sort in podlag

V poskus so bile vključene 3 sorte cepljenega paradižnika:

- 'Novosadski jabučar' je slovenska avtohtona sorta, ki je priljubljena predvsem pri ekoloških pridelovalcih. Ima rdeče okrogle ali ploščate in debele plodove. Steblo je visoko, celotna rastlina pa precej košata. 'Novosadski jabučar' je srednje zgodnja sorta, katere plodovi so zelo dobrega, rahlo kislega okusa. Masa plodov se giblje med 150 in 200 g in so primerni za svežo uporabo. Vegetacijski čas te sorte traja 120 dni. V mesecu februarju ali marcu ga lahko sejemo v zaprte prostore. Ko je nevarnost slane mimo, ga lahko presadimo na prosto na sadilno razdaljo 50 x 80 cm. Čas obiranja pridelka je od začetka avgusta do septembra (Paradižnik ..., 2015);
- 'Belle F1' je zgodnji hibrid, ki za pridelavo ni preveč zahteven. Plodovi so okrogli, precej izenačeni in dosegajo maso med 180 in 220 g. Sijoči plodovi, ki se odlično skladiščijo, so obarvani intenzivno rdeče. Rastlina omogoča uravnoteženo nastavljanje novih plodov tudi v stresnem obdobju. Povprečna višina plodov znaša 5,9 cm, širina 8,1 cm ter masa 265 g. Zaradi odličnih lastnosti je najbolj iskan hibrid na slovenskem trgu (Bavec, 2003);



Slika 2: Sorta 'Novosadski jabučar' (levo) in hibrid 'Belle F1' (desno) (foto: I. Fartelj)

- 'Gardel F1' spada med debeloplodne, mesnate paradižnike. Plodovi so zelo dobre kvalitete ter odlični za svežo uporabo. So okrogle oblike in nekoliko sploščeni. Odlikuje jih dobra čvrstost ter širok spekter odpornosti na bolezni. V tehnološki zrelosti se kožica obarva škrlatno rdeče, plodovi pa pridobijo med 190 in 220. Habitus rastline je bujen, razdalja med internodiji pa kratka (Katalog ..., 2010);
- 'Beaufort': rastline so srednje bujne rasti in primerne kot podlaga cepljenim paradižnikom ter jajčevcem. Podlaga je primerna za gojenje v tleh (zemlji) kakor tudi v inertnih substratih (kamena volna) (Bavec, 2003).



Slika 3: Hibrid 'Gardel F1' (levo) in cepljena podlaga 'Beaufort' (desno) (foto: I. Fartelj)

3.1.2 Hranilna raztopina

Rastline smo dnevno oskrbovali s hranilno raztopino, pripravljeno po metodi Hoaglanda in Arnona (Resh, 1997). Iz preglednic 2 in 3 je razvidno kateri makro in mikro elementi ter v kakšni količini so zajeti v standardni hranilni raztopini.

Preglednica 2: Količina makroelementov za pripravo hranilne raztopine (Resh, 1997)

Makroelementi			Koncentracija makroelementov (mg/L)						
Soli	g/1000 l	za 3000 l	N-NO ₃	N-NH ₄	PO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ²⁻
K(NO ₃) ₂	505,5	1.516,5	84			195			
KH ₂ PO ₄	136	408				39			
Ca(NO ₃) ₂	654,7	1.964,1	112		31		160		
NH ₄ NO ₃	80	240	14	14					
MgSO ₄ *7H ₂ O	486,5	1.460						48	64
Skupno (mg/L)			210	14	31	160	160	48	64

Preglednica 3: Količina mikroelementov za pripravo hranilne raztopine (Resh, 1997)

Mikroelementi			Koncentracija makroelementov (µg/L)					
Soli	mg/L	za 10.000 l	Mn	Zn	B	Cu	Mo	Fe
H ₃ BO ₃	1,9	19			330			
MnSO ₄	2,2	22	550					
ZnSO ₄	1,4	14		327				
CuSO ₄	0,19	1,9				48		
Mo klorid	0,12	1,2					48	
Fe kelat	17	170						840

Ob vsakem pobiranju plodov smo hranilni raztopini izmerili elektroprevodnost (EC), ki je v povprečju znašala 1,08 dS m⁻¹ in vrednost pH, ki je v povprečju znašal 6,2 (preglednica 4).

Preglednica 4: Meritve EC in pH hranilne raztopine

Datum	5. 7.	12. 7.	16. 7.	25. 7.	3. 8.	16. 8.	5. 9.	Povprečje
EC (dS m ⁻¹)	1,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,2	1,2	1,08
pH	6,6	6,6	6,6	6,0	5,8	5,9	5,9	6,2

3.1.3 Algo-bakterijsko obdelan bioplinski digestat

Digestat predstavlja poltekoč ali tekoč material kot ostanek bioplinarn. Bioplinski digestat se v bioplinarni na separatorju loči na tekoči in gosti del. Za naš poskus smo uporabili tekoči del digestata, ki smo ga algo-bakterijsko obdelali za namen zmanjšanja obremenjenosti digestata. Pri simulativnem poskusu v rastlinjaku smo tekoči del digestata dovajali v t.i. algo-bakterijske bazene (Slika 4). Tu je zrasla algo-bakterijska biomasa. Tako predelan digestat in algo-bakterijska biomasa sta se ločila v usedalniku. Biomasa je ostala na dnu usedalnika, tekoča faza pa je odtekla. Za slednjo velja, da vsebuje hranila, katera smo želeli izkoristiti kot alternativno 'hidroponsko' raztopino pri vzgoji paradižnika. (Mihelič, 2014).

Tudi v predelanem bioplinskem digestatu, ki smo ga uporabili za zalivanje, smo ob obiranju plodov merili elektroprevodnost (EC) in vrednost pH (preglednica 5).

Preglednica 5: Meritve EC in pH algo-bakterijsko predelanega bioplinskega digestata uporabljenega v poskusu

Datum	5. 7.	12. 7.	16. 7.	25. 7.	3. 8.	16. 8.	5. 9.	Povprečje
EC (dS m ⁻¹)	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,7	1,6
pH	8,3	8,3	8,4	8,3	8,0	8,5	8,3	8,3

pH je bil med trajanjem poskusa previsok (povprečje pH = 8,3). V raztopini za vzgojo paradižnika mora biti pH v območju 5,8-6,2 (Resh, 2013).

EC pa je bil med trajanjem poskusa nizek, vendar konstanten. Priporočljiva vrednost je med 3,0 in 3,5 dS/m (Osvald in Kogoj-Osvald, 2005).

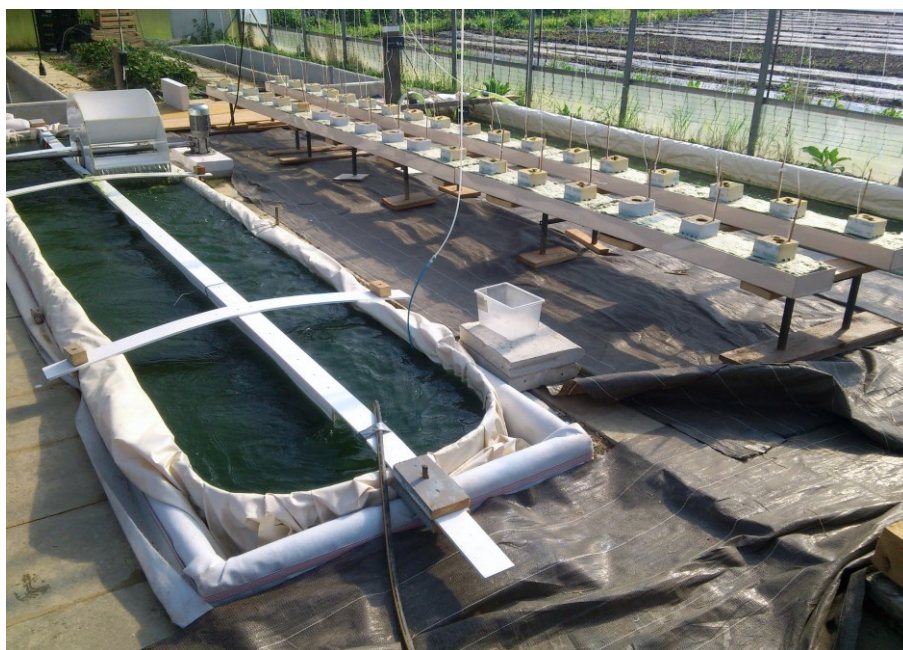
3.2 METODE DELA

3.2.1 Zasnova poskusa

Rastline smo po naključnem vrstnem redu posadili na plošče kamene volne, ki so bile postavljene v korita iz PVC ('juvidur') plastike. Uporabili smo 12 korit velikosti 20 x 10 x 120 cm. V vsako od korit smo posadili po 3 sadike cepljenega paradižnika (slika 4).

Prvo polovico rastlin smo zalivali s standardno hranilno raztopino po Hoagland in Arnon, drugo polovico pa z obdelanim digestatom iz bioplinarne. Zalivanje smo opravljali ročno vsak dan. Točna količina zalivanja ni bila določena. Odmerki hranilne raztopine in digestata so bili dodani v prebitku tako, da je del odtekel iz gojitvenega substrata. Količina dnevnih odmerkov se je gibala okrog 1L/korito.

Digestat z dodanimi algami smo hranili v algnem bazenu velikosti 6 x 1 x 0,25 m aktivne globine za rast alg, v katerega je bilo nameščeno mlinsko kolo (premer 0,8 m), ki je tekočo maso ves čas mešalo. Digestat smo v algni bazen črpali iz shranjevalnega kontejnerja s pomočjo črpalke, ki omogoča nastavitev pretoka.



Slika 4: Postavitev sistema bazenov (foto: I. Fartelj)

Rastlin nismo zalivali neposredno z mešanico iz bazena. Bazen je bil opremljen s sedimentorjem, ki je z natego povezan z bazenom. Uporabili smo sedimentacijsko posodo iz pleksi stekla. Natega dovaja tekočino iz bazena, kjer se v tekočem digestatu goji alge, v sedimentor. S potopno črpalko smo prečrpali tekoči del iz sedimentorja (brez usedline) v posodo, iz katere smo nato zajemali digestat za namen hidroponske vzgoje paradižnika (zalivanje paradižnikov) (slika 5).



Slika 5: Postavitev hidroponskega sistema (foto: I. Fartelj)

Pridelek smo pobirali od 17. 07. 2013 do 23. 10. 2013. Ob koncu smo zabeležili 12 pobiranj pridelka.

3.2.2 Meritve

Po vsakem obiranju smo plodove najprej prešteli in stehtali na kuhinjski tehtnici. Za tem smo vsakemu posebej, s pomočjo kljunastega pomičnega merila, izmerili širino ter višino. Med rastno dobo smo 6-krat vsaki rastlini izmerili tudi višino stebela.

Ob koncu poskusa smo ocenili karpometrične in biokemične lastnosti plodov.

Za merjenje trdote plodov smo uporabili napravo imenovano penetrometer (Digital Force gauge, DFG 50) z 11-mm debelo ravno konico iz nerjavečega železa. Ob merjenju trdote smo podatke beležili v enotah kg/cm^2 (kPa). Pred meritvijo smo na izbranih mestih najprej odrezali kožico. Nato smo na vsakem plodu po ekvatorialni ravnini opravili tri meritve ter izračunali povprečje.



Slika 6: Penetrometer (levo) in kolorimeter (desno) (foto: I. Fartelj)

Barvo smo merili s kolorimetrom Minolta CR 300 Chroma (Minolta Co., Osaka, Japonska), na dveh različnih in naključno izbranih mestih svežega ploda. Obarvanost sadeža je izražena z L^* , a^* in b^* barvnimi koordinatami (CIELAB). Kolorimeter je bil pred uporabo kalibriran z belo standardno kalibracijsko podlago ($Y = 93.9$, $x = 0.3134$, $y = 0.3208$). Oznake L^* , a^* in b^* pomenijo:

- L^* svetlost pomeni temno/svetlo skalo (0 = črna, 100 = bela) in predstavlja relativno svetlost barv,
- b^* predstavlja intenziteto rumene/modre barve (bolj negativno število je proti modri in bolj pozitivno proti rumeni),
- a^* intenzivnost rdeče/zelene barve (razteza se od -60 do +60, pri čemer a^* negativni predstavlja bolj zeleno barvo, pozitivni a^* pa rdečo barvo).

Razmerje a^*/b^* nam pokaže spremembo obarvanosti plodov in določa zrelostni razred plodov (Batu, 2004).

Analizo digestata so izvedli na Kmetijskem inštitutu Ljubljana (preglednica 14).

Karotenoidi in tokoferol so bili analizirani na Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo, fiziologijo rastlin in informatiko po metodi, ki so jo opisali Kacjan-Maršič in sod. (2010).

Med potekom poskusa smo izvedli test fitotoksičnosti oziroma kalilni test z vrtno krešo (*Lepidium sativum* L.). Uporabili smo različne razredčitve hranilne raztopine ter digestata v kombinaciji z destilirano vodo. Za kontrolo smo uporabili 100 % destilirano vodo. V elermajerice smo položili filter papir, nanj aplicirali po točno 10 semen vrtnee kreše ter različne, v naprej določene kombinacije koncentracij hranilne raztopine in vode ter digestata in vode (preglednica 6). Po dveh dneh smo prešteli količino skaljenih semen, izmerili dolžino korenin ter izračunali kalilni kvocient po formuli:

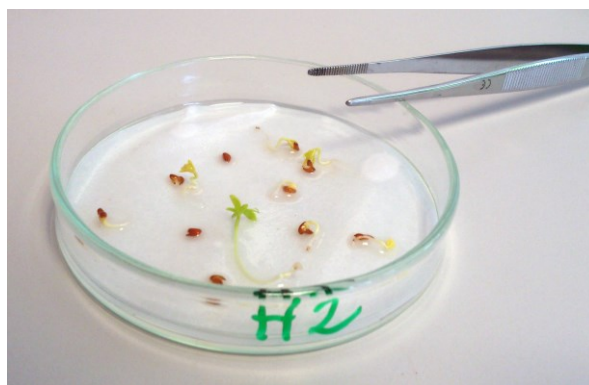
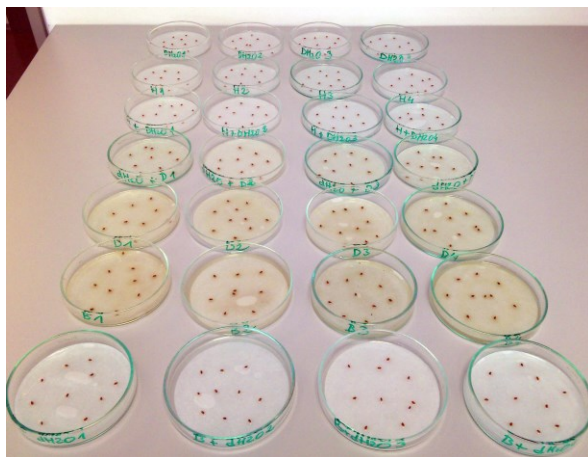
$KI = ((\text{povp. število vzklitih} / \text{povp. število vzklitih kontrola}) * (\text{povp. dolžina korenin} / \text{povp. dolžina korenin kontrola})) * 100 (\%)$.

Vrednost KI predstavlja indeks kalilnega testa. Mihelič (2014) navaja, da je KI nad 80% sprejemljiv za neposreden stik hranilne raztopine s koreninami rastlin.

Preglednica 6: Kombinacije hranilne raztopine/digestata in bidestilirane vode za namen kalilnega testa ter ugotavljanja fitotoksičnosti

50 % hranilna raztopina + 50 % dH ₂ O
100 % hranilna raztopina
3 % digestat iz bazena + 97 % dH ₂ O
100 % digestat iz bazena
50 % digestat za zalivanje + 50 % dH ₂ O
100 % digestat za zalivanje
100 % destilirana voda (kontrola)

*Digestat iz bazena: digestat, ki še ni bil ločen na tekoči in gosti del v sedimentorju. Digestat za zalivanje: digestat iz sedimentorja brez gostega dela za namen hidroponske vzgoje paradižnika.



Slika 7: Kalilni test z vrtno krešo (foto: Ines Fartelj)

3.2.3 Senzorične lastnosti plodov

V fazi tehnološke zrelosti smo obrali plodove vsake sorte iz obeh načinov zalivanja. Plodove smo narezali na enakomerno velike krahle ter jih položili na krožnike. Na njih smo dodali oznake za sorto paradižnika ter način zalivanja (skrito pred ocenjevalci). Vsak od desetih ocenjevalcev je po naključnem vrstnem redu preizkusil plod ter ga ocenil s številko. Ocenjevali so barvo, vonj, okus ter splošni vtis od številke 1 do 5, kjer je 1 pomenilo odlično ter 5 nezadostno oceno. Na koncu smo zbrali še splošna mnenja teh ljudi.

3.2.4 Obdelava podatkov

Pridobljene podatke smo ustrezno tabelarično uredili v programu MS Excel 2007 ter pripravili tudi grafični prikaz. Za statistično analizo smo uporabili grafični vmesnik R Commander.

4 REZULTATI

4.1 VSEBNOST HRANIL V DIGESTATU ZA ZALIVANJE

Iz preglednice 7 je razvidno, da je vsebnost hranil v digestatu, ki smo ga uporabljali za zalivanje, ves čas nihala. Najbolj izstopa povečanje vsebnosti mineralnega dušika. Ob prvem merjenju je bila vrednost dušika 10 mg/L, pozneje pa je narasla na 122 mg/L. To je še vedno manj, kakor v hranilni raztopini, kjer vsebnost NO_3^- znaša skupno 210 mg/L. Hidroponsko vzgojen paradižnik potrebuje od 5. socvetja naprej tega elementa 150-200 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Znatno se je zmanjšala vsebnost natrija (Na) in kalija (K) ter tudi kalcija (Ca) in magnezija (Mg).

Preglednica 7: Vsebnost elementov (mg/L) v digestatu za zalivanje paradižnika

Vsebnost elementa (mg/L)	Datum		
	16. 7	2. 8.	2. 9.
NO_3^-	10	122	100
NH_4^+	1,7	1,4	0,5
Ca	77,55	52,1	53,5
Mg	68,6	43,6	20,5
Na	698	302	ni analize
K	574	207,6	ni analize
Cu	0,03	0,05	ni analize
Mn	0,03	0	ni analize
Fe	0,68	0,14	<0,001
Ni	0,05	0	ni analize
Cd	<0,002	0	ni analize
Pb	<0,1	0	ni analize
Zn	0,13	0,04	ni analize

V primerjavi s hranilno raztopino, je redki del digestata v času meritev vseboval še:

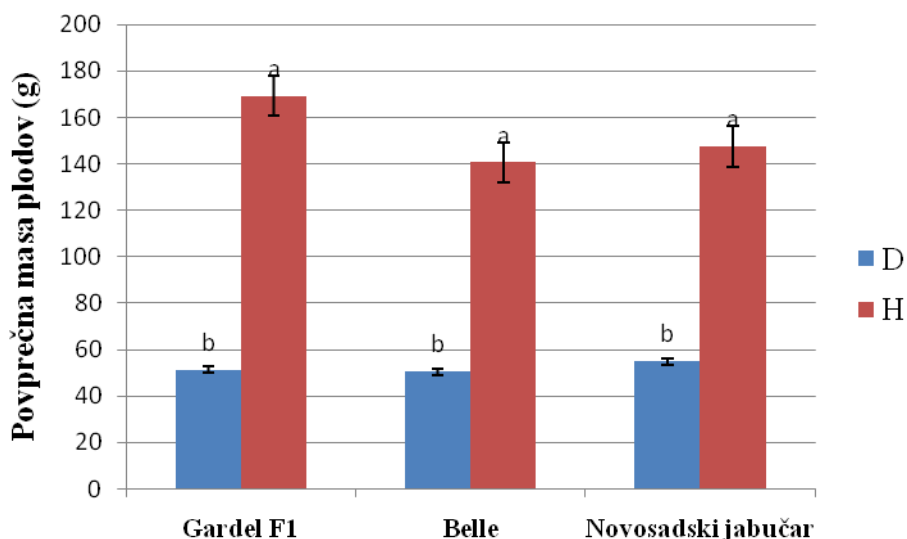
- manjšo količino NH_4^+ ,
- manjšo količino kalcija (Ca). Hidroponsko vzgojen paradižnik ga potrebuje 150 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Tako je kalcija bilo le polovica potrebne vsebnosti,
- vsebnost magnezija (Mg) je na začetku bila nekoliko previsoka (68,6 mg/L) napram priporočilom, ki so od 40-50 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Ob zadnji meritvi je bila vsebnost prenizka,
- kalija (K) je bilo v redkem delu digestata ob prvi meritvi znatno preveč (574 mg/L). V hranilni raztopini ga je 160 mg/L, priporoča pa se ga med 120 in 150 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012),
- digestat je vseboval veliko natrija (Na: 698 mg/L, kasneje 302 mg/L), v standardno hranilno raztopino pa Na ni bil dodan.

Vsebnost vseh mikroelemntov je bila, v primerjavi s hranilno raztopino, znatno prenizka. Za hidroponsko vzgojo paradižnika se priporoča 0,2 mg/L bakra (Cu) na začetku ter 0,8 mg/L Cu po fazi 2. socvetja. Mangana (Mn) se priporoča 40-50 mg/L, železa (Fe) 2,8 mg/L, cinka (Zn) 0,3 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012).

4.2 MASA PLODOV

Iz slike 8 lahko razberemo statistično značilne razlike v masi plodov glede na način zalivanja (digestat oziroma standardna hranilna raztopina). Med sortami rastlin, ki so bile zalivane na enak način, statistično značilnih razlik ni bilo. Pri obeh načinih zalivanja so imeli plodovi sorte 'Belle' najmanjšo maso (50,54 g oziroma 140,60 g). Največjo maso so dosegli plodovi na rastlinah sorte 'Gardel F1' (169,30 g), ki so bile zalivane s hranilno raztopino. Pri rastlinah, zalivanih z digestatom, so največjo maso dosegali plodovi sorte 'Novosadski jabučar' (55,01 g).

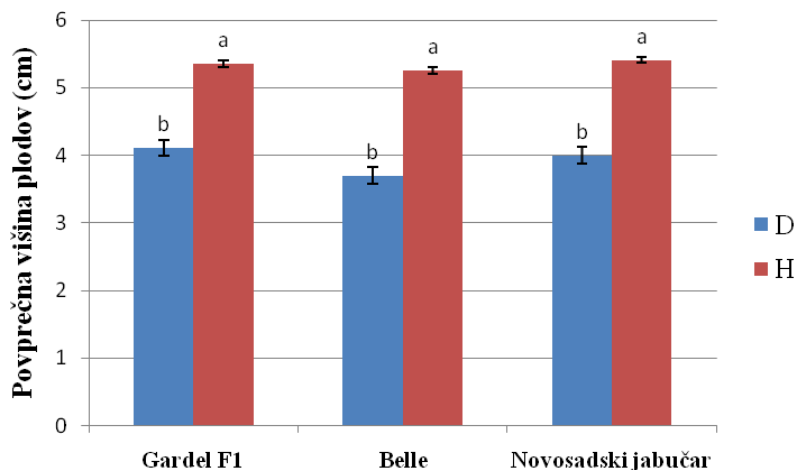
Preračunano na ha bi z dodatkom standardne hranilne raztopine pridelali med 42 in 45 t plodov/ha v treh mesecih, medtem ko bi z raztopino digestata v istem obdobju imeli hektarski pridelek med 6 in 9 t. Opomba za izračun hektarskega pridelka: v vsaki banjici so rastle po 3 rastline. Vsaka je zasedala 0,08 m² oziroma 8 L. Med dvema banjicama je bilo 70 cm praznega prostora. Tako so rastline bile razporejene 30 x 70 cm = 3,33 x 1,43 rastlin/m² = 47600 rastlin/ha (Mihelič, 2014).



Slika 8: Povprečna masa (g) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

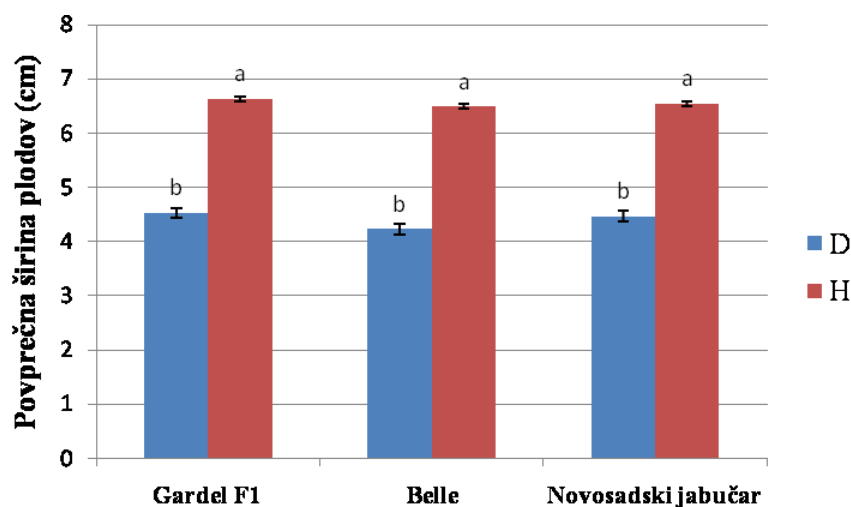
4.3 VIŠINA IN ŠIRINA PLODOV

Iz slike 9 lahko vidimo statistično značilne razlike v višini in širini plodov glede na način zalivanja (digestat ali hranilna raztopina). Med sortami, ki so bile zalivane na enak način, statistično značilnih razlik ni moč zaznati. Rastline sorte 'Belle' so imele pri obeh načinih zalivanja po višini v povprečju najnižje plodove (3,70 cm oziroma 5,25 cm). Pri zalivanju z digestatom pa so bili po višini najvišji plodovi sorte 'Gardel' F1' (4,11 cm), pri zalivanju s hranilno raztopino pa plodovi sorte 'Novosadski jabučar' (5,41 cm).



Slika 9: Povprečna višina (cm) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

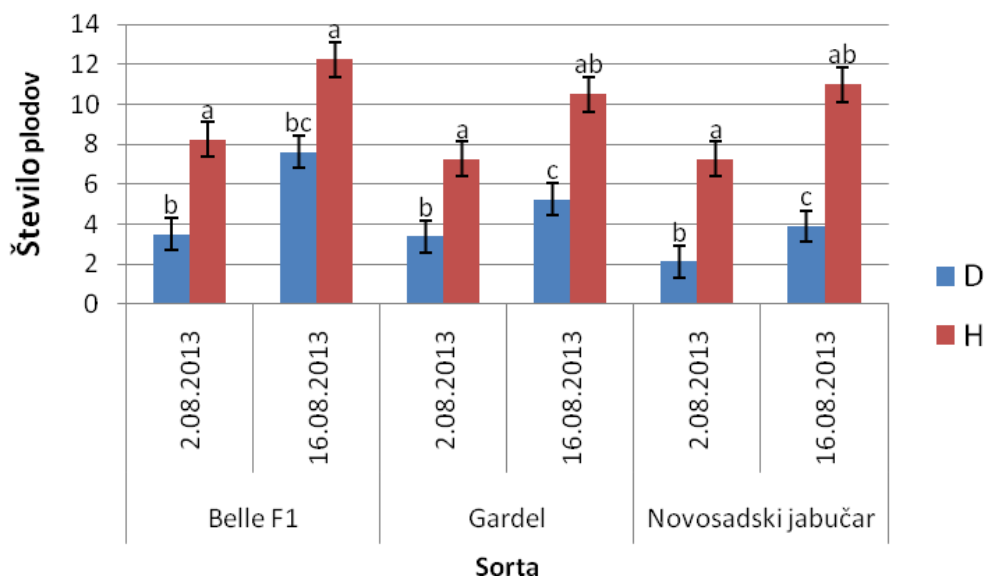
Iz slike 10 je razvidno, da so rastline sorte 'Belle' pri obeh načinih zalivanja imele po širini najožje plodove (4,23 cm in 6,49 cm). Plodovi sorte 'Gardel F1' so v obeh primerih zalivanja dosegli največjo širino (4,53,cm in 6,64 cm), ki smo jo dokazali tudi s statistično analizo.



Slika 10: Povprečna širina (cm) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

4.4 ŠTEVILO PLODOV

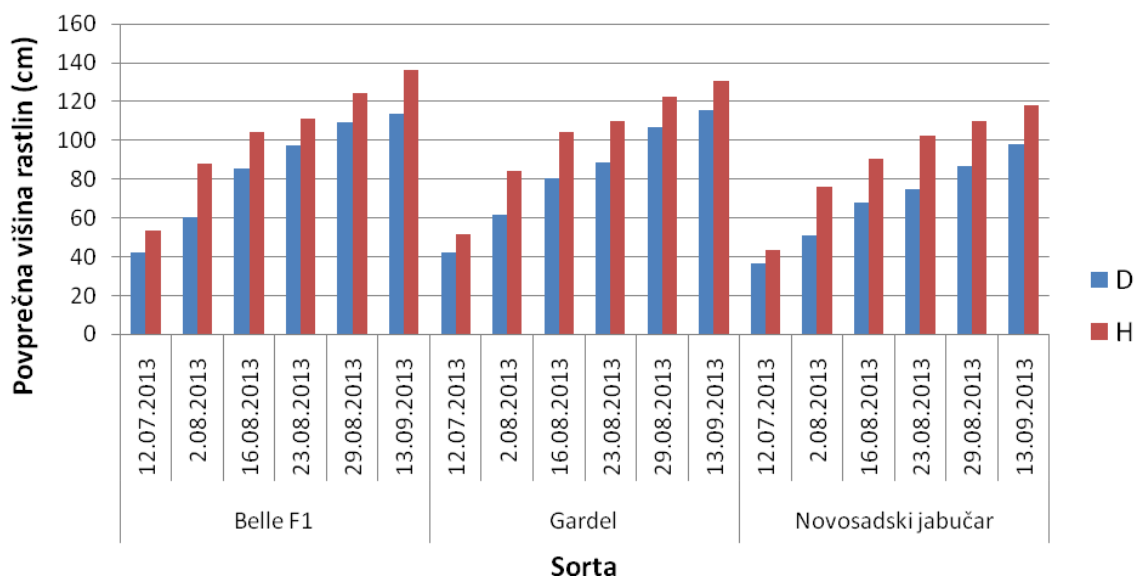
Iz slike 11 je razvidno, da je paradižnik, gnojen z digestatom, napravil manj plodov kakor tisti, ki smo ga zalivali s standardno hranilno raztopino. V obeh primerih se je v obdobju med 02. 08. 2013 in 16. 08. 2013 število plodov povečalo. Prav tako je v obeh primerih v istem obdobju največ plodov razvila sorta 'Belle' (3,75 in 5,00 plodov na digestatu ter 8,25 in 12,25 na hranilni raztopini).



Slika 11: Povprečno število plodov sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

4.5 VIŠINA RASTLIN

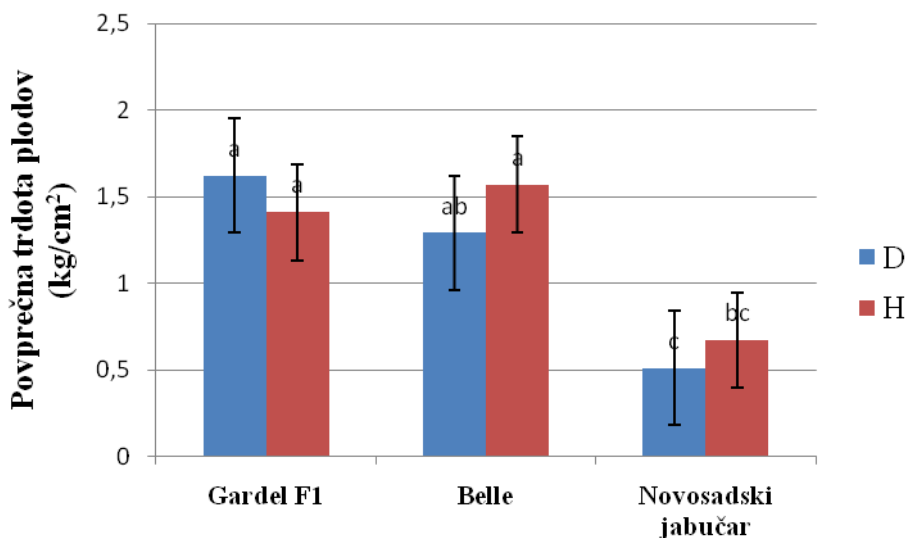
Iz slike 12 je razvidno, da so rastline, ki so bile zalivane s standardno hranilno raztopino, rasle hitreje od tistih, zalivanih z digestatom. Razlika v višini rastlin je bila prisotna vse do konca vrednotenja oziroma do zaključka poskusa.



Slika 12: Povprečna višina rastlin (cm) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

4.6 TRDOTA PLODOV

Slika 13 prikazuje, da se trdota, ki je ena od pglavitnih kazalnikov kakovosti paradižnika, plodov sort 'Gardel F1' ($1,62 \text{ kg/cm}^2$) na digestatu ter 'Gardel F1' ($1,41 \text{ kg/cm}^2$) in 'Belle' ($1,57 \text{ kg/cm}^2$) na hranilni raztopini statistično med seboj ni razlikovala. V obeh primerih zalivanja so najmanjšo trdoto dosegli plodovi sorte 'Novosadski jabučar' ($0,51 \text{ kg/cm}^2$ in $0,67 \text{ kg/cm}^2$).



Slika 13: Povprečna trdota (kg/cm^2) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

4.7 BARVA PLODOV

Med vsemi tremi sortami, pri obeh načinih zalivanja, statistično značilnih razlik v svetlosti kože oziroma v parametru L^* ni bilo (preglednica 8). Najsvetlejšo kožo so imeli plodovi sorte 'Gardel F1' (vrednost 45,82), zalivani z digestatom. Kot najtemnejši so se izkazali plodovi sorte 'Novosadski jabučar' (vrednost 42,05), prav tako zalivani z digestatom (preglednica 8).

Preglednica 8: Povprečna obarvanost plodov (L , a , b) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja

Zalivanje	Sorta	L^*	a^*	b^*
Digestat	'Gardel F1'	45,82 ± 2,51 a	30,98 ± 4,44 a	28,17 ± 0,95 a
	'Belle'	44,61 ± 0,86 a	29,52 ± 2,17 a	29,16 ± 0,95 a
	'Novosadski jabučar'	42,05 ± 6,09 a	28,40 ± 3,56 a	28,74 ± 3,21 a
Hranilna raztopina	'Gardel F1'	44,64 ± 3,81 a	27,04 ± 1,84 a	28,66 ± 1,87 a
	'Belle'	42,83 ± 1,21 a	28,84 ± 2,22 a	27,85 ± 1,19 a
	'Novosadski jabučar'	43,55 ± 0,79 a	28,33 ± 1,87 a	28,22 ± 0,71 a

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostmi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja.

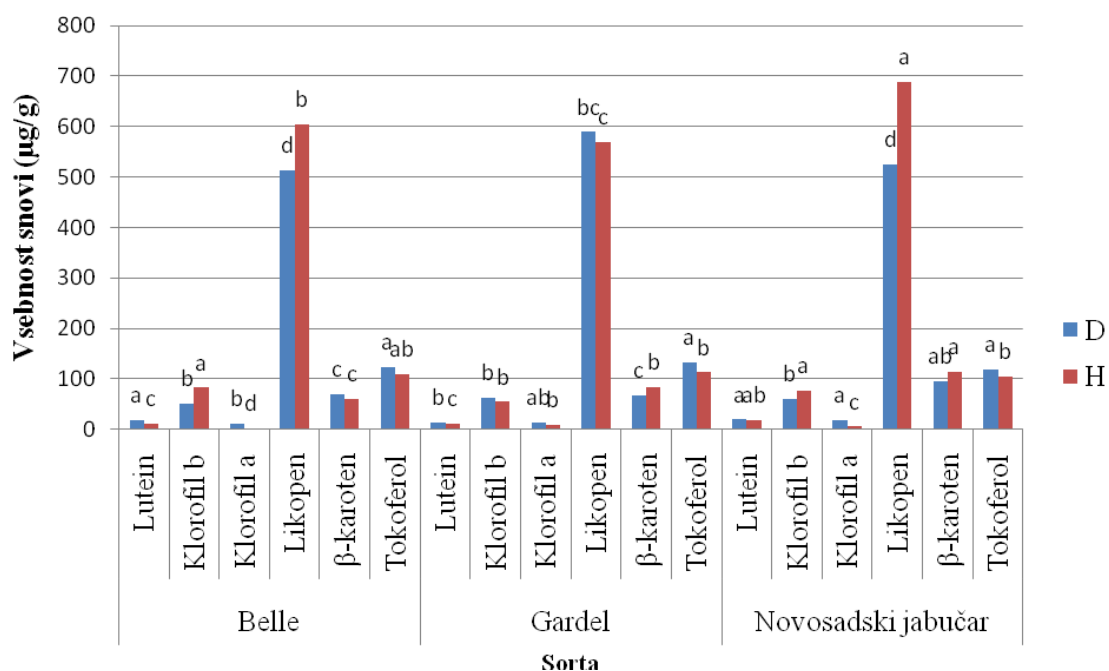
Med vsemi tremi sortami, pri obeh načinih zalivanja, statistično značilnih razlik v parametru a oziroma intenzivnosti rdeče barve ni bilo. Z zelo majhnimi odstopanji so najintenzivnejšo rdečo barvo imeli plodovi sorte 'Gardel F1' (vrednost 30,98) zalivani z digestatom. Najšibkejšo intenziteto obarvanosti pa smo zaznali sorti 'Gardel F1' (vrednost 27,04), zalivani s standardno hranilno raztopino. Vse vrednosti parametra a so bile pozitivne kar nam pove, da zelenih plodov ni bilo (preglednica 8).

Med vsemi tremi sortami, pri obeh načinih zalivanja, statistično značilnih razlik v parametru b oziroma intenzivnosti rumene in modre barve nismo zaznali. Izmerjeni parametri so se gibal med vrednostmi 29,16 ('Belle' na digestatu) ter 27,85 (sorte 'Belle' na hranilni raztopini) (preglednica 8).

4.8 BIOKEMIČNE LASTNOSTI PLODOV

4.8.1 Vsebnost bioaktivnih snovi

Kot lahko vidimo iz slike 14 so imele vse sorte paradižnika, ne glede na način dognojevanja, največjo vsebnost likopena. Značilno večje vrednosti sta imela hibrid 'Belle F1' (604,1 µg/g) in sorta 'NS jabučar' (689,2 µg/g), ki smo jima dodajali standardno hranilno raztopino. Nasprotno, pa smo pri hibridu 'Gardel F1' izmerili večje vrednosti tega barvila v plodovih iz digestata (589,1 µg/g).



Slika 14: Vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih (µg/g suhe m.) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja. Legenda: D-digestat, H-standardna hranilna raztopina.

Do podobnih rezultatov smo prišli tudi pri klorofilu *b*. Značilno večje vrednosti sta namreč imela hibrid 'Belle F1' (82,5 µg/g) in sorta 'NS jabučar' (76,2 µg/g), ki smo ju zalivali s standardno hranilno raztopino. Pri hibridu 'Gardel F1' pa nismo dokazali značilnih razlik med obema raztopinama (61,8 µg/g na digestatu in 54,7 µg/g na hranilni raztopini).

Ne glede na to, da so bile absolutne vrednosti za klorofil *a* relativno nizke, pa so imeli plodovi vseh sort iz digestata večje vrednosti v primerjavi s hranilno raztopino. Podobno so tudi vsi plodovi, gojeni v digestatu, imeli večje vrednosti luteina.

Značilno večjo vsebnost β-karotena sta imela hibrid 'Gardel F1' (83,7 µg/g) in sorta 'NS jabučar' (113,9 µg/g), ki smo jima dodajali standardno hranilno raztopino. Pri hibridu 'Belle F1' pa statistična analiza ni pokazala značilnih razlik med raztopinama.

Digestat je dobro vplival na vsebnost vitamina E v plodu. Vse sorte so se namreč pozitivno odzvale na to obliko raztopine oziroma so imele večjo vsebnost vitamina E v primerjavi s sortami iz standardne hranilne raztopine.

4.9 KALILNI TEST

Iz preglednice 9 je razvidno, da je prisotnost 100% digestata za zalivanje, s katerim smo zalivali rastline, negativno vplivala na kalivost semen vrtno kreše. V kolikor je digestatu za zalivanje bilo dodane 50% bidestilirane vode (redčitev 1:100), se je fitotoksičnost zmanjšala. Število vzkaljenih semen je naraslo na 3 od 10, KI vrednost pa je znašala 33,46%. Vendar še vedno premalo, da bi rastline lahko svojo rast opravljale nemoteno. Mihelič (2014) namreč navaja, da šele vrednost $KI > 80\%$ zagotavlja ne-fitotoksične razmere oz. ne ovira rasti rastlinskih korenin.

Preglednica 9: Rezultati testa fitotoksičnosti z vrtno krešo. KI (%) predstavlja indeks kalilnega testa.

Vzorec	Število vzniklih semen	Dolžina korenin (mm)	KI (%)
50% hranilna raztopina + 50% dH ₂ O	7	9,49	100
100 % hranilna raztopina	5,75	8,41	85,13
3 % digestat iz bazena + 97 % dH ₂ O	1,75	3,25	10,02
100 % digestat iz bazena	0	0	0
50 % digestat za zalivanje + 50 % dH ₂ O	3	6,3	33,46
100 % digestat za zalivanje	0	0	0
100 % destilirana voda (kontrola)	6,25	9,08	100

4.10 SENZORIČNE LASTNOSTI PLODOV

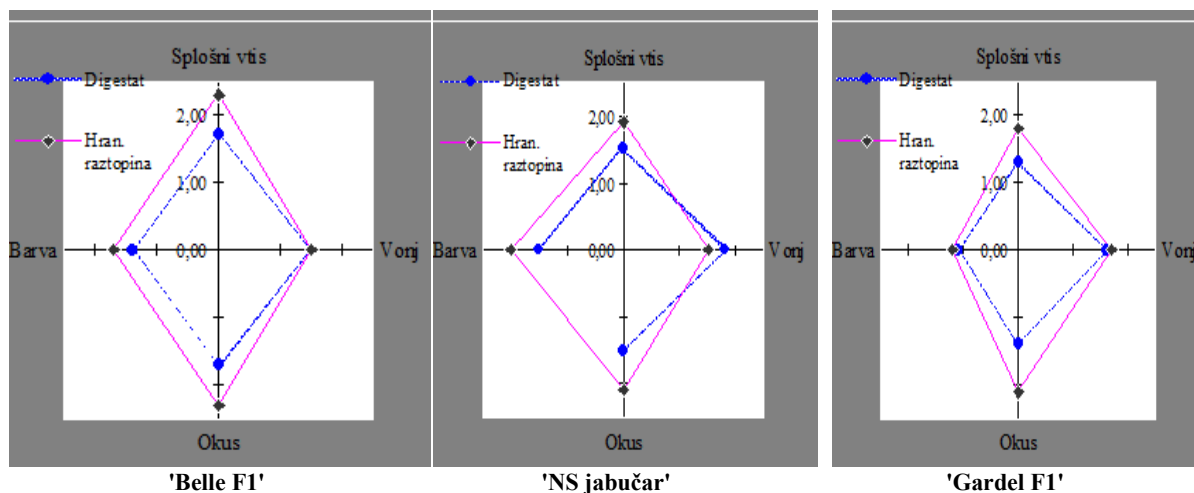
Test senzorične analize plodov je potekal v laboratoriju Katedre za pedologijo in varstvo okolja. Rezultati so podani v preglednici 10 in na sliki 15. Degustacijsko komisijo (panel) je sestavljalo 10 ocenjevalcev. Zanimalo nas je ali ocenjevalci zaznajo razliko med sortami paradižnika oskrbovanih z različnima raztopinama.

Preglednica 10: Senzorične lastnosti plodov (barva, vonj, okus in splošni vtis; 1-odlično do 5-nezadostno)

Sorta/Zalivanje	Barva	Vonj	Okus	Splošni vtis
<i>'Belle F1'</i>				
Digestat	1,4 ± 0,2 b	1,5 ± 0,3 a	1,7 ± 0,2 b	1,7 ± 0,2 b
Hran. raztopina	1,7 ± 0,1 ab	1,5 ± 0,2 a	2,3 ± 0,4 a	2,3 ± 0,2 a
<i>'NS jabučar'</i>				
Digestat	1,5 ± 0,2 b	1,8 ± 0,4 a	1,5 ± 0,3 b	1,5 ± 0,2 bc
Hran. raztopina	2,0 ± 0,2 a	1,5 ± 0,5 a	2,1 ± 0,2 a	1,9 ± 0,3 ab
<i>'Gardel F1'</i>				
Digestat	1,1 ± 0,2 c	1,6 ± 0,4 a	1,4 ± 0,4 b	1,3 ± 0,1 c
Hran. raztopina	1,2 ± 0,1 c	1,7 ± 0,4 a	2,1 ± 0,3 a	1,8 ± 0,3 ab

Iz preglednice 10 je razvidno, da so plodovi hibrida 'Belle F1', zalivanega z digestatom, prejeli boljšo oceno glede barve, okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja. Plodovi sorte 'Novosadski jabučar', zalivane z digestatom, so prejeli boljšo oceno glede barve, okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja. Plodovi hibrida 'Gardel F1', zalivanega z digestatom, so od ocenjevalcev prejeli boljšo oceno glede okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi barve in vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja. Na splošno so najboljše oceno glede barve in okusa prejeli plodovi hibrida 'Gardel F1' iz digestata.

Večino lastnosti označenih vzorcev smo ocenili s pomočjo analitičnega senzoričnega testa, ki je vseboval ocene od 1 (optimalno izražena senzorična lastnost) do 5 (slabo izražena senzorična lastnost).



Slika 15: Senzorične lastnosti plodov (barva, vonj, okus in splošni vtis; 1-odlično do 5-nezadostno)

Splošno mnenje ocenjevalcev lahko strnemo:

- sorta 'Novosadski jabučar' ima primerno tanko kožico. Kljub nekoliko kislemu priokusu je iz senzoričnega stališča primerna za pridelavo na hidroponskih sistemih;
- hibrid 'Gardel F1' ima svojstveno čvrstost in strukturo in primerno tanko kožico. Ta hibrid je bil pri vseh ocenjevalcih najboljše ocenjen;
- hibrid 'Belle F1' ima predebelo kožico in ne glede na vrsto raztopine, preveč voden okus. Ocenjevalci so bili nad plodovi tega hibrida najmanj navdušeni.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Paradižnik (*Lycopersicon esculentum* Mill.) je enoletna, v ugodnih razmerah pa tudi večletna rastlina. V svetovnem merilu je ta plodovka, ki na leto uspeva kar na treh milijonih hektarov in ga pridelamo več kot 80 milijonov ton, najpomembnejša vrtnina. Prideluje se zaradi svežih plodov, ki jih pobiramo v fiziološki ali tehnološki zrelosti. Ti se uporabljajo vse od svežih do mnogih predelanih oblik. Za tako raznovrstno rabo, morajo biti plodovi paradižnika primerne kakovosti. Slednja pa med potrošniki ni več ovrednotena samo z videzom plodov, ampak tudi z njihovo biokemijsko sestavo (Parađiković, 2009).

Paradižnik pridelujemo, v skladu z različnimi smernicami in tehnološkimi navodili, na različne načine. Vsak od načinov gojenja ima svoje značilnosti, predvsem pa se načini razlikujejo v uporabi različnih vrst gnojil in rastnih substratov za gojenje, kot tudi sredstev za varstvo rastlin. Uporaba različnih vrst in količin gnojilnih odmerkov vpliva ne samo na rast in razvoj rastlin, ampak tudi na količino pridelka in na kakovostne parametre, s katerimi je opredeljena prehranska oziroma senzorična vrednost pridelka (Kerin, 1993).

Primerno kakovost plodov lahko dosežemo s pravilno izbiro primernih sort rastlin in s primerno tehniko gojenja. Ker živimo v času, ko z intenziviranjem vrtnarske pridelave v rastlinjaki prihaja do tako močne degradacije tal, da ta postanejo z leti tako uničena, da pridelava na njih ni več možna, se vse bolj zatekamo k alternativnim načinom vrtnarske pridelave. Ena od teh je hidroponika. Najpomembnejše pri tem sistemu je, da imamo popoln nadzor nad hranili od setve do spravila, prav tako pa imamo tudi intenzivnejšo pridelavo v primerjavi s klasičnim načinom gojenja. Pri hidroponski pridelavi paradižnika se običajno uporablja standardna raztopina po Hoagland in Arnonu (Jakše in Kacjan Maršič, 2008). V naši raziskavi smo želeli preveriti ali bi lahko pridobili raztopino, primerno za hidroponsko gojenje paradižnika, z algno-bakterijsko obdelavo digestata iz bioplinarne. Zato je bil osnovni cilj naše naloge primerjava učinkov standardne raztopine in raztopine algno-bakterijsko obdelanega bioplinkega digestata na karpometrične in biokemične lastnosti plodov pri treh različnih sortah paradižnika, ki smo ga gojili na hidroponski način.

Zalivanje je potekalo vsak dan, ročno. Odmerki hranilne raztopine in digestata so bili dodani v prebitku tako, da je del odtekel iz gojitvenega substrata. Količina odmerkov se je gibala okrog 1L/korito. V rastlinjaku je temperatura v najbolj vročih dneh, narasla tudi do 40°C. V takih razmerah smo morali dodati več vode. Za morebitno ponovno izvedbo poskusa bi bilo priporočljivo urediti avtomatsko namakanje. Vendar bi bilo potrebno biti pazljiv v primeru zalivanja z redkim delom digestata. V kolikor bi cevke bile pretanke in/ali prozorne, bi lahko prišlo do nalaganja alg na steno cevk ter posledično do zamašitve.

Analiza mase plodov je pokazala, da so vse tri sorte, gnojene s standardno hranilno raztopino, dosegale večjo maso plodov v primerjavi s sortami, gnojenimi z digestatom. Največjo maso so dosegli plodovi na rastlinah hibrida 'Gardel F1' (169,30 g), ki so bile zalivane s hranilno raztopino. Hipotetično bi na ta način pridelali med 42 in 45 t plodov/ha v treh mesecih. Medtem, ko bi z raztopino digestata v istem obdobju imeli hektarski pridelek med 6 in 9 t. Vzrok za manjši pridelek pri rastlinah, zalivanih z raztopino digestata, bi lahko bil v neprimerni in nezadostni vsebnosti makro- in mikroelementov ali v fitotoksičnosti obdelanega digestata.

Rastline, zalivane z algalno-bakterijsko obdelanim digestatom, so skozi celotno obdobje trajanja poskusa rasle počasneje ter imele manjše plodove v primerjavi z rastlinami, zalivanimi s standardno raztopino. V obdelanem digestatu je namreč bilo malo mineralnega dušika (na začetku samo 10 mg/L). Verjetno so ga za svojo rast porabile alge. Iz tega sklepamo, da alge in paradižnik tekmujejo za ista hranila in v našem poskusu prirast alg negativno vpliva na rast in razvoj paradižnika.

Najmanjšo trdoto so dosegli plodovi sorte 'Novosadski jabučar' in sicer 0,51 kg/cm² na digestatu in 0,67 kg/cm² na hranilni raztopini. Ti plodovi niso primerni za prodajo ali transport, ker bi se zaradi premajhne čvrstosti med transportom in shranjevanjem mehčali. Za transport in prodajo bi bili dobri plodovi sorte 'Gardel F1', zalivani z digestatom (1,62 kg/cm²) ter 'Belle', zalivani s hranilno raztopino (1,57 kg/cm²). Plodovi sort 'Belle' iz digestata ter 'Gardel F1' iz hranilne raztopine, bi bili primerni za pripravo solat.

Vrsta hranilne raztopine ni vplivala na obarvanost plodov pri posameznih sortah. Na obarvanost plodov paradižnika odločilno vpliva vsebnost likopena in β -karotena, ki je bila v plodovih, pri obeh medijih zalivanja, primerljiva. Vsebnost likopena pri plodovih iz hranilne raztopine se je gibala med 567 in 689 μ g/g s.m. ter pri plodovih iz digestata med 512 in 589 μ g/g s.m. (odvisno od sorte). Vsebnost β -karotena pri plodovih iz hranilne raztopine je bila med 59,6 in 113,9 μ g/g s.m. ter pri plodovih iz digestata med 67,4 in 95,1 μ g/g s.m. (odvisno od sorte).

Hidroponsko vzgojen paradižnik, od 5. socvetja naprej, potrebuje 150-200 mg/L mineralnega dušika (NO_3^-) (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Rastline, ki smo jih zalivali s standardno hranilno raztopino, so rasle bistveno hitreje v primerjavi z rastlinami zalivanimi z digestatom. Možen vzrok za to je mineralni dušik, ki ga je bilo na začetku v digestatu manj kakor v hranilni raztopini. Dušik je namreč najpomembnejši element v prehrani rastlin, katerega sprejemajo v nitratni ali amonijski obliki (NO_3^- ali NH_4^+) (Mineralne..., 2017). Kljub temu, da je koncentracija nitrata v digestatu vmes narasla na 100 do 122 mg/L, vizualno ni bilo moč opaziti razlike v hitrosti ali bujnosti rasti rastlin, zalivanih s tem medijem. Rast ter nastavek cvetov/plodov na rastlinah, zalivanih z digestatom, sta bila enakomerna skozi celoten čas poskusa.

Znatno se je zmanjšala tudi vsebnost natrija (Na) in kalija (K) ter tudi kalcija (Ca) in magnezija (Mg) v digestatu. Hidroponsko vzgojen paradižnik potrebuje 150 mg/L Ca, (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Tako je kalcija bilo le polovica potrebne vrednosti. Vsebnost magnezija (Mg) je na začetku bila nekoliko previsoka (68,6 mg/L) v primerjavi s priporočili, ki so od 40-50 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012). Ob zadnji meritvi je bila vsebnost Mg prenizka. Kalija (K) je bilo v redkem delu digestata ob prvi meritvi znatno preveč (574 mg/L). Priporoča se ga med 120 in 150 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012).

Vsebnost vseh mikroelementov je bila, v primerjavi s hranilno raztopino in na podlagi priporočil, znatno prenizka. Za hidroponsko vzgojo paradižnika se priporoča 0,2 mg/L bakra (Cu) na začetku ter 0,8 mg/L Cu po fazi 2. socvetja. Mangana (Mn) se priporoča 40-50 mg/L, železa (Fe) 2,8 mg/L, cinka (Zn) 0,3 mg/L (Hochmuth in Hochmuth, 2012).

Meritve bioaktivnih snovi so vključevale analize klorofila *a*, klorofila *b*, luteina, likopena, β -karotena in tokoferolov. Vse našteje snovi sodijo med pomembnejše antioksidante saj zavirajo razvoj mnogih kroničnih bolezni, ki jih povzročajo prosti radikali v telesu. Po mnenju Velioglu in sod. (1998) je količina antioksidantov v pridelkih odvisna od vrste rastline, ekoloških razmer in od agrotehničnih dejavnikov. Vse tri sorte paradižnika so, ne glede na vrsto raztopine, od vseh bioaktivnih snovi, vsebovale največ likopena. Največje vrednosti smo izmerili pri hibridu 'Belle F1' ($689,2 \pm 46,8 \mu\text{g/g}$ suhe m.) in sorti 'NS jabučar' ($689,2 \pm 46,8 \mu\text{g/g}$ suhe m.), ki smo jima dodajali standardno hranilno raztopino. Nasprotno pa so imeli plodovi hibrida 'Gardel F1' ($589,1 \pm 32,4 \mu\text{g/g}$ suhe m.) večje vrednosti tega barvila v plodovih iz digestata ($589,1 \pm 32,4 \mu\text{g/g}$ suhe m.) kot v plodovih iz hranilne raztopine ($568,5 \pm 27,1 \mu\text{g/g}$ suhe m.). Tudi druge raziskave potrjujejo, da likopen v zrelem paradižniku predstavlja od 80 do 90 % vseh karotenoidov (Kacjan-Maršič, in sod., 2011).

Druga najbolj zastopana bioaktivna snov v plodovih je bil tokoferol. V našem poskusu so vse tri sorte paradižnika vsebovale značilno večje vsebnosti tokoferola v plodovih zalivanih z raztopino digestata.

Pri β -karotenu, razen pri hibridu 'Gardel F1', kjer so bile vrednosti pri plodovih iz hranilne raztopine večje, nismo zaznali pomembnejših razlik med obema raztopinama. Glede klorofila *b* so bile izmerjene vrednosti večje pri plodovih iz hranilne raztopine pri hibridu 'Belle F1' in pri sorti 'NS jabučar'. Pri hibridu 'Gardel F1' pa smo značilno večje vrednosti dobili pri plodovih zalivanih s hranilno raztopino.

Vsebnost luteina je bila nekoliko nižja pri rastlinah, zalivanih s hranilno raztopino.

Glede vsebnosti β -karotena in likopena menimo, da bi bile količine lahko še višje, v kolikor temperature v rastlinjaku ne bi presegale 35 °C. Dumas in sod. (2003) namreč navajajo, da če se temperature v času dozorevanja gibljejo nad 35 °C, se likopen začne pretvarjati v β -karoten. V poletnih mesecih pa je temperatura v rastlinjaku, kjer se je izvajal poskus, narasla tudi do 40 °C.

Dumas in sod. (2003) še navajajo, da pomanjkanje kalija (K) zmanjšuje sintezo karotenoidov, še posebej likopena. Vsebnosti K v digestatu ob zadnji meritvi žal nismo izvedli. V kolikor ga je bilo morda manj od priporočenih 200 mg/L od 5. socvetja naprej (Mihelič, 2014), bi to lahko vplivalo na nižjo vsebnost likopena v plodovih sort 'Belle F1' ter 'Novosadski jabučar', zalivanih z digestatom. Glede na to, da je vsebnost kalija v raztopini digestata med prvima meritvama močno padla, je slednje lahko močno verjetna domneva.

Plodovi hibrida 'Belle F1', zalivanega z digestatom, so od ocenjevalcev prejeli boljšo oceno glede barve, okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja.

Plodovi sorte 'Novosadski jabučar', zalivane z digestatom, so od ocenjevalcev prejeli boljšo oceno glede barve, okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja.

Plodovi hibrida 'Gardel F1', zalivanega z digestatom, so od ocenjevalcev prejeli boljšo oceno glede okusa in splošnega vtisa v primerjavi s tistimi iz hranilne raztopine. Pri ocenitvi barve in vonja ni bilo statistično značilne razlike med načini zalivanja.

Plodovi hibrida 'Gardel F1', zalivanega z raztopino digestata, so bili pri vseh ocenjevalcih najboljše ocenjeni glede barve, okusa in splošnega vtisa.

V raztopinah za vzgojo paradižnika bi pH moral biti v območju med 5,8 in 6,2. Digestat, ki smo ga uporabili za zalivanje rastlin, je imel pH vrednost bistveno previsoko (8,3). EC vrednost obeh medijev za zalivanje je bila nizka (1,8 dS/m na hranilni raztopini in 1,6 dS/m pri digestatu) v primerjavi z vrednostmi, ki jih priporočajo drugi avtorji (Wu in sod., 2008). Za morebitne nadaljnje poskuse bi bilo priporočljivo merjenje pH ter EC tudi v rastnem mediju. Tako bi lahko ugotavljali še morebitno slanost, ki lahko prizadene razvoj rastlin, saj povzroči toksičnost, osmotski stres, zavira sprejem nekaterih ionov, spremeni razmerje nekaterih ionov ter povzroči osmotski stres (Resh, 1997; Lešić in sod., 2004). Za slana tla opredeljujejo tla z EC nad 4 dS/m (Larcher, 2003).

Kalilni test je pokazal, da je razredčena hranilna raztopina dala boljši učinek na kalitev kakor 100 % hranilna raztopina. Digestat za zalivanje je na kalivost semen vplival negativno, ne glede na to, če smo ga redčili z bidestilirano vodo. Negativen vpliv na kalivost bi lahko pripisali fitotoksičnosti uporabljenega digestata. V prvi fazi razgradnje organskih snovi v digestatu lahko namreč pride do kopičenja lahko hlapnih maščobnih kislin (ocetna, propionska, maslena), amonijaka, etilen oksida, fenolov, merkaptanov,..., ki delujejo fitotoksično. Te snovi se ob nadaljnji aerobni razgradnji razgradijo in tako fitotoksičnost izgine. Fitotoksičnost lahko zmanjšamo na biološki način s pomočjo bakterij. Te lahko razgradijo sestavine na CO₂, vodo in hranilne snovi (Biološko..., 2017). Toksičnost amonijaka lahko v nekaterih primerih ublažimo tudi z vzdrževanjem konstantne stopnje pH ali z dodajanjem nitrata (West in sod., 2015).

5.2 SKLEPI

Na podlagi primerjave začetnih delovnih hipotez ter dobljenih rezultatov poskusa lahko sklenemo:

- ❖ Predelan redki del digestata iz bioplinarne, ki smo ga ločili od algno-bakterijske biomase in ga uporabili kot alternativno gnojilo za gojenje paradižnika ima, v primerjavi s standardno hranilno raztopino, slabši vpliv na rast rastlin paradižnika, gojenega v hidroponskem sistemu. Rastline, vzgojene z digestatom, rastejo počasneje in so na splošno nižje od tistih, vzgojenih s standardno hranilno raztopino.
- ❖ Uporabljen digestat, v primerjavi s standardno hranilno raztopino, slabo vpliva na pridelek paradižnika, gojenega na hidroponski način. V raziskavi je bil pridelek paradižnika, ki smo ga zalivali z digestatom, 7x manjši od tistega iz standardne hranilne raztopine.
- ❖ Zalivanje rastlin z raztopino digestata pozitivno vpliva na vsebnost vitamina E, luteina ter klorofila *a* v plodovih v primerjavi s standardno hranilno raztopino.
- ❖ Na podlagi kalilnega testa sklepamo, da digestat iz bioplinarne, zaradi prenizke stopnje uspešne kalitve, ni najbolj primeren za proizvodnjo večjih količin paradižnika.
- ❖ Senzorični test je pokazal, da je raztopina digestata imela pozitiven vpliv na barvo in okus plodov paradižnika.

6 POVZETEK

V nalogi smo želeli preučiti vpliv gnojenja s standardno hranilno raztopino, pripravljeno po recepturi Hoagland in Arnona in z raztopino predelanega digestata iz bioplinarne na karpometrične in biokemične lastnosti paradižnika (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Poskus je potekal od 15. maja do 20. oktobra 2013 v raziskovalnem rastlinjaku (steklenjaku) in plastenjaku na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (nadmorski višini 305 m; $\varphi = 46^{\circ} 3' 23''$; $\lambda = 14^{\circ} 30' 29''$). V hidroponski poskus, smo vključili tri sorte cepljenega paradižnika: 'Novosadski jabučar', 'Belle F1' in 'Gardel F1', ki smo jih posadili na plošče kamene volne, postavljene v korita iz juvidur plastike. Polovico rastlin smo zalivali s standardno hranilno raztopino po Hoagland in Arnonu, polovico pa aljno-bakterijsko predelanim digestatom iz bioplinarne. Zalivanje smo opravljali ročno vsak dan.

V obeh medijih smo spremljali konduktivnost (EC) in pH vrednost ter analizirali vsebnosti hranil v digestatu. Vrednost pH v standardni hranilni raztopini je v povprečju dosegala 6,2, v raztopini digestata pa 8,3. Povprečna vrednost EC v standardni raztopini je bila nekoliko nižja ($1,08 \text{ dS m}^{-1}$) v primerjavi z digestatom ($1,6 \text{ dS m}^{-1}$). Vsebnost hranil v digestatu je ves čas nihala; najbolj je izstopalo povečanje vsebnosti mineralnega dušika.

Med rastno dobo smo spremljali rast rastlin, ob pobiranju pridelka pa smo prešteli, izmerili višino in širino ter stekali plodove ter jim določili trdoto in barvo. Izbranim vzorcem smo izmerili vsebnost nitarta in nitrita ter določili vsebnost nekaterih bioaktivnih snovi (klorofila *a*, klorofila *b*, luteina, likopena, β -karotena in tokoferol).

Rastline, zalivane s standardno hranilno raztopino, so bile ob vseh meritvah višje in so rasle bistveno hitreje in tistih, zalivanih z raztopino digestata. Plodovi rastlin, zalivanih s standardno hranilno raztopino, so dosegali večjo maso od tistih na digestatu. Tako so največjo maso dosegli plodovi hibrida 'Gardel F1' (169,30 g), katerih rastline smo zalivali s hranilno raztopino, najlažji pa so bili plodovi hibrida 'Belle' iz digestata (50,54 g). Plodovi rastlin, ki smo jih zalivali s hranilno raztopino so bili številčnejši (največ plodov smo našli pri hibridu 'Belle'), dosegali so tudi večjo višino ter širino.

Hibrid 'Gardel F1', zalivan z digestatom, je pokazal primerno trdoto plodov, to je $1,62 \text{ kg/cm}^2$. Močno sta se mu približala hibrida iz hranilne raztopine in sicer 'Belle F1' ($1,57 \text{ kg/cm}^2$) ter 'Gardel F1' ($1,41 \text{ kg/cm}^2$). Dober rezultat glede čvrstosti je imel tudi hibrid 'Belle F1' iz digestata ($1,23 \text{ kg/cm}^2$).

V barvi kože, pri obeh medijih zalivanja, do razlik ni prihajalo.

Pri vseh treh sortah paradižnika, zalivanih z digestatom, se je pokazala večja vsebnost luteina, klorofila *a* ter vitamina E v primerjavi s tistimi na hranilni raztopini. Največ klorofila *b* je bilo izmerjenega pri hibridu 'Belle F1' na hranilni raztopini ($82,5 \text{ }\mu\text{g/g}$).

največ likopena (689,25 µg/g) ter β -karotena (113, 97 µg/g) pa pri sorti 'Novosadski jabučar' zalivani s standardno hranilno raztopino.

7 VIRI

- Auerswald H., Schwarz D., Kornelson C., Krumbein A., Brückner B. 1999. Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae*, 82: 227-242
- Bavec M. 2003. Tehnika pridelovanja zelenjadnic. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 58 str.
- Batu A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 61: 471-475
- Biološko razgradljivi izdelki – bolj prijazni do okolja.
http://si.cleanright.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=1785&Itemid=1491. 18.05.2017.
- Bioplinarna Ihan.
https://www.petrol.si/sites/www.petrol.si/files/attachment/petrol_bioplinarna.pdf. 17.05.2017
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.
- Breiholt V., Hendricks J., Pereira C., Arbogast D., Bailey G. 1995. Dietary chlorophyllins is a potent inhibitor of aflatoxin B1 hepatocarcinogenesis in rainbow trout. *Cancer Research*, 55(1): 57-62
- Burns J., Fraser P.D., Bramley P.M. 2003. Identification of carotenoids tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. *Phytochemistry*, 62: 939-947
- Celar F. 1999. Bolezni paradižnika, paprike in jajčevca. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 5: 242-247
- Chapagain B.P., Wiesman Z. 2004. Effect of Nutri-Vant-PeaK foliar spray on plant development, yield, and fruit quality in greenhouse tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 102: 177-188
- Černe M. 1988. Plodovke Ljubljana, Kmečki glas: 128 str.
- Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., Grolier P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83: 369-382
- FAO 2010.
<http://www.fao.org/> (02. Feb. 2017)
- Funkcionalna živila in bioaktivne snovi.
http://kliniknaprehrana.si/wp-content/uploads/2014/02/5_PoklarFunkcionalna-zivila-Portoroz-17-11-2013.pdf
- Gomboc S. 1999. Škodljivci paradižnika, paprike in jajčevca. *Sodobno kmetijstvo*, 32, 5: 248-251

- Hendry G. A. F., Houghton J. D., Brown S. 1987. The degradation of chlorophyll-a biological enigma. *New Phytologist*, 107: 255-302
- Hochmuth G. J., Hochmuth R. C. 2012. Nutrient solution formulation for hydroponic (Perlite, Rockwool, NFT) tomatoes in Florida. HS796, series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Jakše M., Kacjan-Maršič N. 2008. Pridelava zelenjave na plavajočem sistemu. V: *Novi izzivi v poljedelstvu 2008*. Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 208-215
- Janse J. 1994. Geschmacksbeurteilung von Tomaten. *Gemüse*, 3: 201-203
- Jensen M., Collins W. L. 1985. Hydroponic vegetable production. *Horticultural Reviews*, 7: 484-552
- Kacjan-Maršič N., Demšar L., Abram V., Novak M., Vidrih R. 2011. Quality parameters and total phenolic content in tomato fruits regarding cultivar and microclimatic conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 185-194
- Kacjan-Maršič N., Šircelj H., Kastelec D. 2010. Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. *Journal Agricultural and Food chemistry*, 58: 390-397
- Kerin D. 1993. Vse o zelenjavi. Maribor, Založba Obzorje Maribor: 72 str.
- Katalog za profesionalne pridelovalce vrtnin in cvetlic. 2010. http://www.semenarna.si/tl_files/Aktualno/datoteke/9katalog%20za%20trzne%20pridelovalce_2010_web.pdf
- Kemija. Leksikon. Temeljni pojmo organske in anorganske kemije od elementov, snovi, spojin, reakcij, formul, instrumentov do periodnega sistema in zakonov. 2004. Tržič, Založba: 442 str.
- Korošec L. 2000. Prosti radikali in vloga antioksidantov v bioloških sistemih. V: *Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000*. Portorož, 26. in 27. oktobra. Žlender B., Gašperlin L. (ur) Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-21
- Kreft I., Škrabanja V., Bonafaccia G. 2000. Temelji prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. V: *Antioksidanti v živilstvu: 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000*. Portorož, 26. In 27. Oktober. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta Oddelek za živilstvo: 33-37
- Larcher W. 2003. *Physiological plant ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4th edition. Berlin, Springer-Verlag: 513 str.
- Lešić R., Borošić J., Buturac I., Čustić M., Poljak M., Romić D. 2002. *Povrčarstvo*. Čakovec, Zrinski: 576 str.
- Lešić R., Borošić J., Buturac I., Herak-Čustić M., Poljak M., Romić D. 2004. *Povrčarstvo*. II. Dopunjeno izdanje. Čakovec, Zrinski: 656 str.

- Martinez-Valverde I., Periago M.J., Provan G., Chesson A. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity, in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 323-330
- Mason J. 1990. Commercial hydroponics. Kenthurst, Kangaroo Press: 170 str.
- Medić-Šarić M., Buhač I., 2002. Vitamini in minerali. Ptuj, In obs medicus, d.o.o.: 342 str.
- Mihelič R. 2014. Učinkovita obdelava digestata s tehnološkim, energetskim in ekonomskim vidikom. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja: 67 str.
- Mineralne oblike dušika.
http://www.kis.si/Mineralne_oblike_dusika/ (04. feb. 2017).
- Munne-Bosch S., Alegre K. 2000. The xanthophyll cycle is induced by light irrespective to water status in field-grown lavender (*Lavandula stoechas*) plants. Physiologia Plantarum, 108: 118-128
- Nzanza B. 2006. Yield and quality of tomato as influenced by differential Ca, Mg, and K nutrition. Department of Plant Production and Soil Science. Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of Pretoria: 103 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1994. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. Ljubljana, Kmečki glas: 126 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 2005. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 255 str.
- Osvald J., Petrovič N. 2001. Hidroponika. Sodobno kmetijstvo, 34, 1: 15-17
- Paradižnik Novosadski jabučar (*Lycopersicon lycopersicum* L.). 2015.
<http://www.semenarna.si/podrobnosti-artikla-avtohtone-in-udomacene-sorte/category/avtohtone-in-udomacene-sorte/article/paradiznik-novosadski-jabucar>
(20. avg. 2015)
- Parađiković N. 2009. Opće i specialno povrćarstvo. Osijek, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera: 430-434
- Pavlek P. 1985. Specialno povrćarstvo. Zagreb: 384 str.
- Petrovič N. 1992. Poročilo o raziskavi hidroponskih sistemov in substrata "Agrotervol" za podjetje Termo – Škofja Loka. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 9 str.
- Požrl T., Žnidarčič D., Kopjar M., Hribar J., Simčič M. 2010. Change of textural properties of tomatoes due to storage and storage temperatures. International Journal of Food, Agriculture & Environment, 8, 2: 292-296
- Resh H.M. 1997. Hydroponic food production. 5th ed. Woodbridge Press Publ. Co., Santa Barbara California: 527 str.
- Resh H.M. 2013. Hobby hydroponics. Second Edition. CRC Press: 135 str.

- Salobir G., Strgulec M. 2015. Dopustno gnojenje z ostanki bioplinarn.
<file:///C:/Users/Ines/Desktop/BTC%20Campus/raba%20digestata.pdf>
- Šircelj H. 2008. Karotenoidi v fotosinteznem aparatu in odziv na stres. *Acta agriculturae*, 91, 1: 271-282
- Šircelj H., Batič F. 2007. Evaluation of selected nutritional factors in *Aposeris foetida* (L.) Less. during the harvesting period. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 81: 121-125
- Vardjan F. 1980. Vrtno zelenjadarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 293 str.
- Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L., Oomah B. D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 4113-4117
- Vodnik D. 2001. Fiziologija rastlin (Praktične vaje). Univerzitetni študij kmetijstvoagronomija, Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 56 str.
- West M. H., Ramsden J.S., Othman M. 2015. Options for the use of quality digestate in horticulture and other new markets. The University of Nottingham.
<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Hydroponics%20Technical%20report%20-%20Notts.pdf>
- Wu M., Kubota C. 2008. Effect of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Scientia Horticulturae*, 116: 122-129
- Zelenjava. 2011.
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo_Promocija_SI_kmetijstva/Pregled_trga_zelenjave.pdf (12. jan. 2016)

ZAHVALA

Za pomoč pri uspešno dokončanem vsebinskem in praktičnem delu magistrske naloge gre zahvala mentorju prof. dr. Draganu ŽNIDARČIČ, so-mentorju doc. dr. Roku MIHELIČ, recenzentki doc. dr. Heleni ŠIRCELJ ter predsedniku komisije prof. dr. Gregorju OSTERC.

Za pomoč pri statističnih analizah se posebej zahvaljujem študentskemu kolegu Davidu Župevc.

Za podporo in nasvete hvala tudi mojemu partnerju, Leonidi Logar ter vsem prijateljem, s katerimi sem imela možnost preživeti čudovita in nepozabna leta študija.

PRILOGA A

Rezultati mase, višine, širine, trdote in števila plodov

Priloga A1: Povprečna masa (g) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja.

Zalivanje	Sorta	Povprečna masa plodov (g)*
Digestat	'Gardel F1'	51,36 ± 9,51 b
	'Belle'	50,54 ± 19,34 b
	'Novosadski jabučar'	55,01 ± 13,91 b
Hranilna raztopina	'Gardel F1'	169,30 ± 31,36 a
	'Belle'	140,60 ± 26,08 a
	'Novosadski jabučar'	147,50 ± 42,12 a

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostnimi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja.

Priloga A2: Povprečna višina/širina (cm) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja.

Zalivanje	Sorta	Povprečna višina plodov (cm)*	Povprečna širina plodov (cm)*
Digestat	'Gardel F1'	4,11 ± 0,25 b	4,53 ± 0,32 b
	'Belle'	3,70 ± 0,66 b	4,23 ± 0,69 b
	'Novosadski jabučar'	4,00 ± 0,47 b	4,47 ± 0,50 b
Hranilna raztopina	'Gardel F1'	5,35 ± 0,40 a	6,64 ± 0,76 a
	'Belle'	5,25 ± 0,39 a	6,49 ± 0,44 a
	'Novosadski jabučar'	5,41 ± 0,19 a	6,54 ± 0,84 a

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostnimi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja.

Priloga A3: Povprečno število plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja.

Zalivanje	Sorta	Datum pobiranja	
		02. 08. 2013*	16. 08. 2013*
Digestat	'Gardel F1'	3,00 ± 0,81 b	5,00 ± 0,82 c
	'Belle'	3,75 ± 0,95 b	7,75 ± 0,95 bc
	'Novosadski jabučar'	2,50 ± 0,57 b	4,00 ± 0,81 c
Hranilna raztopina	'Gardel F1'	7,25 ± 0,95 a	10,50 ± 1,91 ab
	'Belle'	8,25 ± 1,25 a	12,25 ± 4,71 a
	'Novosadski jabučar'	7,25 ± 1,50 a	11,00 ± 3,16 ab

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostnimi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja

Priloga A4: Povprečna trdota (kg/cm^2) plodov (s standardnim odklonom) sort 'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja.

Zalivanje	Sorta	Povprečna trdota plodov (kg/cm^2)*
Digestat	'Gardel F1'	1,62 ± 0,54 a
	'Belle'	1,29 ± 0,48 ab
	'Novosadski jabučar'	0,51 ± 0,26 c
Hranilna raztopina	'Gardel F1'	1,41 ± 0,37 a
	'Belle'	1,57 ± 0,45 a
	'Novosadski jabučar'	0,67 ± 0,04 bc

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostnimi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja

PRILOGA B

Vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih paradižnika

Vsebnost bioaktivnih snovi v plodovih ($\mu\text{g/g}$ suhe m.) (s standardnim odklonom) sort
'Gardel F1', 'Belle F1' in 'Novosadski jabučar' glede na način gnojenja

Sorta/Zalivanje	Lutein	Klorofil <i>b</i>	Klorofil <i>a</i>	Likopen	β -karoten	Tokoferol
<i>'Belle F1'</i>						
Digestat	19,1 $\pm$ 2,1 a	51,3 $\pm$ 6,2 b	11,6 $\pm$ 2,4 b	512,9 $\pm$ 35,2 d	69,5 $\pm$ 9,3 c	123,3 $\pm$ 8,2 a
Hran. raztopina	12,3 $\pm$ 6,8 c	82,5 $\pm$ 4,7 a	2,6 $\pm$ 0,4 d	604,1 $\pm$ 37,5 b	59,6 $\pm$ 10,2 c	109,4 $\pm$ 5,6 ab
<i>'NS jabučar'</i>						
Digestat	19,4 $\pm$ 1,8 a	60,4 $\pm$ 6,4 b	17,8 $\pm$ 3,4 a	524,3 $\pm$ 25,6 d	95,1 $\pm$ 8,5 ab	118,8 $\pm$ 9,4 a
Hran. raztopina	17,5 $\pm$ 1,6 ab	76,2 $\pm$ 5,3 a	5,5 $\pm$ 1,1 c	689,2 $\pm$ 46,8 a	113,9 $\pm$ 12,3 a	104,5 $\pm$ 6,2 b
<i>'Gardel F1'</i>						
Digestat	14,5 $\pm$ 1,2 b	61,8 $\pm$ 4,5 b	14,3 $\pm$ 3,5 ab	589,1 $\pm$ 32,4 bc	67,4 $\pm$ 8,6 c	132,6 $\pm$ 10,8 a
Hran. raztopina	12,2 $\pm$ 0,8 c	54,7 $\pm$ 5,8 b	8,2 $\pm$ 1,7 b	568,5 $\pm$ 27,1 c	83,7 $\pm$ 7,2 b	112,9 $\pm$ 6,4 b

*Podatki so prikazani s povprečnimi vrednostnimi s standardnim odklonom in črke prikazujejo različne statistične razrede pri 95% intervalu zaupanja.

