

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Maša MICULINIĆ TROŠT

**VPLIV GNOJENJA IN DODATNE OSVETLITVE
MED RASTJO UŽITNEGA TOLŠČAKA (*Portulaca
sativa* L.) NA VSEBNOST BIOAKTIVNIH
KOMPONENT**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Maša MICULINIĆ TROŠT

**VPLIV GNOJENJA IN DODATNE OSVETLITVE MED RASTJO
UŽITNEGA TOLŠČAKA (*Portulaca sativa* L.) NA VSEBNOST
BIOAKTIVNIH KOMPONENT**

MAGISTRSKO DELO

**IMPACT OF FERTILIZATION AND ADDITIONAL ILLUMINATION
DURING GROWTH OF EDIBLE PURSLANE (*Portulaca sativa* L.) ON
THE CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS**

MASTER OF SCIENCE THESIS

Ljubljana, 2016

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 15.12.2015 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja živilstva.

Mentor: prof. dr. Rajko VIDRIH

Somentorica: prof. dr. Nina KACJAN MARŠIĆ

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Nataša ŠEGATIN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Članica: doc. dr. Valentina USENIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Tatjana UNUK
Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Maša MICULINIĆ TROŠT

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	UDK 635.46:631.81+631.23(043)=163.6 navadni tolščak/ <i>Portulaca sativa</i> L./bioaktivne snovi/pigmenti/fenolne spojine/
KG	maščobne kisline/antioksidativni potencial/tokoferol/svetilka/ LED/HPS/dodatek dušika
AV	MICULINIĆ TROŠT, Maša, univ.dipl.inž.agr.
SA	VIDRIH, Rajko (mentor)/KACJAN MARŠIČ, Nina (somentorica)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje živilstva
LI	2016
IN	VPLIV GNOJENJA IN DODATNE OSVETLITVE MED RASTJO UŽITNEGA TOLŠČAKA (<i>Portulaca sativa</i> L.) NA VSEBNOST BIOAKTIVNIH KOMPONENT
TD	Magistrsko delo
OP	VI, 68 str., 13 pregl., 7 sl., 97 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen magistrske naloge je bil ugotoviti, kako svetloba iz različnih virov (LED in HPS svetilka) ter količina dušika (80 in 160 kg N/ha), vplivata na količino pridelka in na vsebnost bioaktivnih komponent (fenolnih spojin, maščobnih kislin, pigmentov, tokoferola, skupnega antioksidativnega potenciala) v rastlinah užitnega tolščaka (<i>Portulaca sativa</i> L.). V rastlinjaku Biotehniške fakultete smo postavili lončni poskus v 4 ponovitvah. Seme užitnega tolščaka (<i>Portulaca sativa</i> L.) smo direktno posejali v substrat v lonce (Ø 16 cm) in po 8 tednih pobrali rastline z enkratno rezjo. Izmerili smo maso svežih rastlin in nato rastlinski material zamrznili v tekočem dušiku do izvedbe kemijskih analiz. Statistična analiza je pokazala, da interakcija vpliva svetlobe in količine dušika ni statistično značilna za količino pridelka. Značilno več pridelka smo ugotovili pri rastlinah pod LED svetilko ($1,38 \pm 0,05 \text{ kg/m}^2$) pri obeh količinah dodanega dušika. Značilno večji pridelek smo ugotovili v primeru gnojenja s 160 kg N/ha ($1,35 \pm 0,07 \text{ kg/m}^2$) pri obeh vrstah svetilk. HPS svetilka značilno vpliva na višjo vsebnost skupnih fenolov glede na količino dodanega dušika. Značilno večja vrednost skupnega antioksidativnega potenciala je bila izmerjena pri HPS svetilki in manjši količini dodanega dušika. Na vsebnost posameznih maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka, niti tip svetilke, niti različna količina dodanega dušika ni imela statistično značilnega vpliva. Užitni tolščak vsebuje več nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z nasičenimi. Med izmerjenimi nenasičenimi maščobnimi kislinami je največ α -linolenske kisline (od $9,9 \pm 3,0 \text{ mg/100 g}$ do $11,8 \pm 4,5 \text{ mg/100 g}$) in linolne kisline (od $2,8 \pm 0,7 \text{ mg/100 g}$ do $6,2 \pm 0,3 \text{ mg/100 g}$). Rezultati kažejo, da rastline užitnega tolščaka vsebujejo najmanj stearinske kisline (od $0,8 \pm 0,3 \text{ mg/100 g}$ do $1,3 \pm 2,5 \text{ mg/100 g}$). Glavna dejavnika nimata značilnega vpliva na vsebnost posameznih ksantofilov, klorofila b, α -karotena in α -tokoferola. Gnojenje z 80 kg N/ha značilno vpliva na višjo vsebnost klorofila a pri obeh vrstah svetilk. LED svetilka značilno vpliva na višjo vsebnost β -karotena ($557,5 \pm 82,0 \text{ } \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 80 kg N/ha in $515,0 \pm 44,5 \text{ } \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 160 kg N/ha) in γ -tokoferola ($10,6 \pm 6,8 \text{ } \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 80 kg N/ha in $6,1 \pm 5,0 \text{ } \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 160 kg N/ha) pri obeh količinah dodanega dušika.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md
 DC UDC 635.46:631.81+631.23(043)=163.6
 common purslane/*Portulaca sativa* L./bioactive compounds/pigments/
 CX phenolics/fatty acids/antioxidant potential/tocopherol/light impact/LED/HPS/
 additional fertilization/nitrogen
 AU MICULINIĆ TROŠT, Maša
 AA VIDRIH, Rajko (supervisor) / KACJAN MARŠIĆ, Nina (co-advisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological
 and Biotechnical Sciences, Field: Food Science and Technology
 PY 2016
 TI IMPACT OF FERTILIZATION AND ADDITIONAL ILLUMINATION
 DURING GROWTH OF EDIBLE PURSLANE (*Portulaca sativa* L.) ON THE
 CONTENT OF BIOACTIVE COMPOUNDS
 DT Master of science thesis
 NO VI, 68 p., 13 tab., 7 fig., 97 ref.
 LA sl
 AL sl/en

AB The purpose of the master's thesis was to find out how light from different sources (LED and HPS lamp) and the amount of nitrogen (80 and 160 kg N/ha), effects yield and the content of bioactive compounds (phenolic compounds, fatty acids, pigments, tocopherol and total antioxidant potential) in plants of edible purslane (*Portulaca sativa* L.). The experiment was carried out in the greenhouse of Biotechnical Faculty in pots in 4 repetitions. Seeds of edible purslane were seeded directly into the substrate in pots (Ø 16 cm) and were picked up after 8 weeks with a single pruning. The mass of fresh plants was recorded. The plant material was frozen in liquid nitrogen and stored till chemical analyses. Statistical analysis showed no statistically significant impact of interaction of main factors (light type and the quantity of added nitrogen). The type of lamp and the amount of added nitrogen had a significant impact on crop; higher yields had plants that exposed to LED light ($1.38 \pm 0.05 \text{ kg/m}^2$). Fertilization with 160 kg N/ha significantly increased the yield ($1.35 \pm 0.07 \text{ kg/m}^2$) under both light types. HPS lamps significantly increased the content of total phenolics regarding to the amount of added nitrogen. The total antioxidant potential was significantly higher in plants under HPS lamp and fertilized with 80 kg N/ha. There was no impact of the main factors on the fatty acids content in plants. Edible purslane contain more unsaturated fatty acids compared to saturated. It contains more α -linolenic acid (from $9.9 \pm 3.0 \text{ mg/100 g}$ and $11.8 \pm 4.5 \text{ mg/100 g}$) and linoleic acid ($2.8 \pm 0.7 \text{ mg/100 g}$ to $6.2 \pm 0.3 \text{ mg/100 g}$) and less stearic acid ($0.8 \pm 0.3 \text{ mg/100 g}$ to $1.3 \pm 2.5 \text{ mg/100 g}$). Nor the type of lamp, neither different amount of added nitrogen has statistically significant effect on the amount of individual xanthophylls, chlorophyll b, α -carotene and α -tocopherol. Fertilization with 80 kg N/ha significantly increased the concentration of chlorophyll a in both light types. LED lamp significantly increased the content of β -carotene ($557.5 \pm 82.0 \text{ }\mu\text{g/g}$ dry weight at 80 kg N/ha and $515.0 \pm 44.5 \text{ }\mu\text{g/g}$ dry weight at 160 kg N/ha) and γ -tocopherol ($10.6 \pm 6.8 \text{ }\mu\text{g/g}$ dry weight at 80 kg N/ha and $6.1 \pm 5.0 \text{ }\mu\text{g/g}$ dry weight in at 160 kg N/ha) in both nitrogen amount.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key word documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 CILJ RAZISKAVE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	3
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 UŽITNI TOLŠČAK (<i>Portulaca sativa</i> L.)	4
2.1.1 Izvor, botanična opredelitev, poimenovanje in uporaba	4
2.1.2 Morfološke značilnosti užitnega tolščaka	6
2.1.3 Pridelovalne razmere	6
2.2 VPLIV GNOJENJA Z DUŠIKOM NA RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK RASTLIN	6
2.3 VPLIV SVETLOBE NA RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK RASTLIN	8
2.4 POMEN BIOAKTIVNIH KOMPONENT	11
2.4.1 Pigmenti	11
2.4.1.1 Karotenoidi	12
2.4.1.2 Klorofili	13
2.4.2 Antioksidanti	14
2.4.2.1 Fenoli	15
2.4.2.1.1 Pomen fenolnih spojin	16
2.4.2.2 Vitamin E (α -tokoferol, γ -tokoferol)	17
2.4.3 Maščobne kisline	18

2.4.3.1	Nasičene maščobne kisline	19
2.4.3.2	Nenasičene maščobne kisline	20
3	MATERIAL IN METODE DELE	23
3.1	NAČRT POSKUSA	23
3.2	METODE DELE	25
3.2.1	Analiza bioaktivnih komponent	25
3.2.1.1	Skupni fenoli	25
3.2.1.2	Antioksidativni potencial	26
3.2.1.3	Višje maščobne kisline	27
3.2.1.4	Pigmenti	28
3.2.1.5	Tokoferol	30
3.2.1.6	Statistična obdelava podatkov	32
4	REZULTATI	33
4.1	PRIDELEK RASTLIN UŽITNEGA TOLŠČAKA GLEDE NA KOLIČINO GNOJENJA IN VRSTO SVETILKE	33
4.2	VSEBNOST BIOAKTIVNIH KOMPONENT GLEDE NA KOLIČINO DUŠIKA IN VRSTO SVETILKE	34
4.2.1	Vsebnost skupnih fenolov (mg_{GA}/100 g)	34
4.2.2	Skupni antioksidativni potencial	35
4.2.3	Vsebnost maščobnih kislin	36
4.2.3.1	Vsebnost maščobnih kislin, izražena v mg/100 g rastlin užitnega tolščaka	36
4.2.3.2	Vsebnost maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka izražene kot utežni odstotek glede na vsoto vseh analiziranih maščobnih kislin	37
4.2.4	Vsebnost karotenoidov	39
4.2.4.1	Vsebnost ksantofilov	39
4.2.4.2	Vsebnost klorofilov	40
4.2.4.3	Vsebnost karotenov	41
4.2.5	Vsebnost α- in γ-tokoferola	42
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	44
5.1	RAZPRAVA	44

5.1.1	Vpliv svetlobe in gnojenja na količino pridelka	44
5.1.2	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost skupnih fenolov	46
5.1.3	Vpliv svetlobe in gnojenja na antioksidativni potencial	47
5.1.4	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost maščobnih kislin	48
5.1.5	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost ksantofilov	49
5.1.6	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost klorofilov	51
5.1.7	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost karotenov	52
5.1.8	Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost α- in γ-tokoferola	53
5.2	SKLEPI	54
6	POVZETEK	55
6.1	SUMMARY	56
7	VIRI	59

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sistematična razdelitev užitnega tolščaka (<i>Portulaca sativa</i> L.) (Simopolous in sod., 1992).	5
Preglednica 2: Prikaz jakosti fotosintetske svetlobe na razdalji 170 cm od vira osvetlitve do gojenih rastlin (Bučinel, 2011).	11
Preglednica 3: Nasičene maščobne kisline in njihov fiziološki učinek na človeško telo (Salobir, 2001)	20
Preglednica 4: Nenasičene maščobne kisline in njihov fiziološki učinek na človeško telo (Salobir, 2001)	20
Preglednica 5: Povprečna masa rastlin užitnega tolščaka (kg/m^2) in njena standardna napaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	33
Preglednica 6: Vsebnost skupnih fenolov ($\text{mg}_{\text{GA}}/100 \text{ g}$) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	35
Preglednica 7: Vrednosti skupnega antioksidativnega potenciala, AOP ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino gnojenja z dušikom in vrsto svetilke. ..	35
Preglednica 8: Vsebnost maščobnih kislin ($\text{mg}/100 \text{ g}$) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	36
Preglednica 9: Utežni odstotek maščobnih kislin glede na vsoto vseh analiziranih (%) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	38
Preglednica 10: Vsebnost ksantofilov (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	39
Preglednica 11: Vsebnost klorofila a in b (v mg/g suhe mase) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	41
Preglednica 12: Vsebnost α - in β -karotena (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	42
Preglednica 13: Vsebnost α - in γ -tokoferola (v $\mu\text{g/g}$ suhe mase) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Rastlina užitnega tolščaka (<i>Portulaca sativa</i> L.) (Thomé, 1885)	6
Slika 2: Sistematična razdelitev fotosintetskih pigmentov.....	12
Slika 3: Prikaz absorpcijskega spektra klorofilov a in b v odvisnosti od valovne dolžine svetlobe (Vodnik, 2012)	14
Slika 4: Struktura fenola – aromatični obroč z eno hidroksilno skupino (Boyer, 2002).....	15
Slika 5: Prikaz strukturne formule tokoferolov - α in γ -tokoferol (Bramley in sod., 2000)	17
Slika 6: Umeritvena krivulja za galno kislino	26
Slika 7: Pridelek užitnega tolščaka (kg/m^2) (povprečje \pm SN) dosvetljevanega z LED in HPS svetilko in gnojenega z 80 in 160 kg N/ha.....	34

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

HPLC	Tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
HPS	Visokotlačna natrijeva sijalka (High Pressure Sodium lamp)
LED	LED svetilka (Light-Emitting Diode)
N 80	Gnojenje z odmerkom 80 kg N/ha
N160	Gnojenje z odmerkom 160 kg N/ha

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Zelenjava je bogat vir antioksidantov, kot so polifenoli in nekateri vitamini, pa tudi mineralov in prehranskih vlaknin, ki ugodno vplivajo na zdravje ljudi (Sulaiman in sod., 2011). Vključevanje sadja in zelenjave v vsakodnevno prehrano zmanjšuje možnosti nastanka sodobnih civilizacijskih bolezni, kot so rak in kardiovaskularne bolezni (Faller in Fialho, 2010; Pellegrini in sod., 2003). Pozitivne in varovalne učinke za človekovo zdravje imajo predvsem nekateri vitamini, karotenoidi, polifenoli in tokoferoli, pa tudi maščobne kisline in vlaknine (Stratil in sod., 2006).

Užitni tolščak (*Portulaca sativa* L.) svetovna zdravstvena organizacija (WHO - World Health Organization) uvršča med rastline z ugodnim učinkom na zdravje, saj vsebuje (Lim in Quah, 2007):

- omega-3 maščobne kisline,
- antioksidante – fenolne spojine,
- prehransko vlaknino - sluzi,
- vitamine C, E in β -karoten,
- elemente - kalij in kalcij.

Zaradi velike vsebnosti fenolnih spojin in vitaminov pripisujemo užitnemu tolščaku, da varuje organizem pred škodljivimi radikali, za katere je znano, da lahko povzročajo celo rakava obolenja (Faller in Fialho, 2010). Za omega-3 maščobne kisline, predvsem α -linolensko kislino je značilno, da lajša simptome vnetnih bolezni in preprečuje srčno-žilna obolenja ter vpliva na nivo holesterola in krvni tlak (Sanhueza Catalan in sod., 2015). Visoka vsebnost kalija naj bi vplivala na sposobnost sproščanja gladkih mišic v telesu, zato užitni tolščak uporabljajo tudi kot obkladek za blaženje mišičnih krčev. Sluzi v rastlinskem tkivu užitnega tolščaka blažijo okužbe želodca in črevesja ter vnetja sečil (Lim in Quah, 2007). Chan in sod. (2000) užitnemu tolščaku pripisujejo tudi analgetični in protivnetni učinek.

Pridelovanje zelenjave v izvensezonskem času je vezano na gojenje rastlin v zavarovanem prostoru, najpogosteje v rastlinjaku ali tunelu. Če je pridelovanje vezano na jesensko – zimsko obdobje, je potrebno rastlinam z dosvetljevanjem ustvariti primerne rastne razmere. Najpogosteje se za dosvetljevanje uporabljajo visokotlačne natrijeve svetilke (High Pressure Sodium lamp – HPS), metal halogenske svetilke in fluorescentne svetilke (Bavec, 1998). Zaradi številnih prednosti, se za dosvetljevanje vse bolj uveljavlja uporaba LED diod, ki se odlikujejo predvsem v učinkovitosti pretvorbe električne v svetlobno energijo in možnosti prilagoditve spektralne sestave potrebam rastlin (Dorais, 2003).

Pravilno gnojenje je eden izmed kriterijev zdrave in okolju prijazne pridelave hrane. Če želimo zagotoviti načrtovano količino in kakovost pridelka in hkrati zmanjšati nevarnost onesnaženja okolja, mora biti gnojenje usklajeno s fiziološkimi potrebami gojenih rastlin in rastnimi razmerami. Med makrohranili je za vegetativno rast rastlin najpomembnejši dušik, predvsem njegova nitratna oblika, ki ima pomembno vlogo pri sintezi proteinov, nukleinskih kislin, klorofila in rastnih hormonov (Kaymak, 2013). Pravilno dognojevanje z dušikom poveča količino pridelka, hkrati pa negativno vpliva na njegovo kakovost (Gangolli in sod., 1994).

1.2 CILJ RAZISKAVE

Namen magistrske naloge je bil, na osnovi analize vsebnosti bioaktivnih komponent in količine pridelka, ovrednotiti odziv rastlin užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) na različno osvetlitev in različno količino dodanega dušika.

Zanimalo nas je, kako se spremeni kakovost rastlin užitnega tolščaka glede na dosvetljevanje z LED svetilko oziroma visokotlačno natrijevo svetilko (HPS). Hkrati smo želeli ugotoviti, kakšen vpliv ima dognojevanje z dušikom (v količinah 80 in 160 kg/ha) na vsebnost nekaterih bioaktivnih komponent iz vrste pigmentov (neoksantin, violaksantin, anteroksantin, lutein, zeaksantin, klorofil b, klorofil a, α -karoten, β -karoten), vitaminov E (α -tokoferol, γ -tokoferol), maščobnih kislin ter na vsebnost skupnih fenolov in skupni antioksidativni potencial.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Postavili smo naslednje delovne hipoteze:

- povečana količina dušika (160 kg N/ha) bo značilno povečala količino pridelka užitnega tolščaka;
- povečana količina dušika (160 kg/ha) bo značilno spremenila vsebnost bioaktivnih komponent v pridelku užitnega tolščaka;
- količina pridelka užitnega tolščaka se bo značilno razlikovala glede na vir dosvetljevanja (LED in HPS);
- vsebnost bioaktivnih komponent v rastlinah užitnega tolščaka bo značilno različna glede na vir dosvetljevanja (LED in HPS).

2 PREGLED OBJAV

2.1 UŽITNI TOLŠČAK (*Portulaca sativa* L.)

2.1.1 Izvor, botanična opredelitev, poimenovanje in uporaba

Tolščaki so v svetu zelo razširjeni, izvirajo iz Kitajske in Indije, kjer se uporabljajo predvsem kot začimba in zelenjava. Danes je užitni tolščak razširjen skoraj po celem svetu, predvsem pa v toplejših krajih ZDA, južne Amerike in Afrike, v Aziji ter Avstraliji, kjer raste predvsem na rahlo propustnih tleh (Simopolous in sod., 1992). V Sloveniji raste običajno kot samonikla rastlina, predvsem v peščeni zemlji, sicer pa ga lahko gojimo tudi kot listno zelenjavo.

Znano je, da začimbe in zelišča ugodno vplivajo na zdravje človeka. Ena izmed takih rastlin je tudi užitni tolščak (*Portulaca sativa* L.), ki spada v družino tolščakovk (Portulacaceae) (Preglednica 1). Užitni tolščak v številnih kulturah štejejo za plevel, vendar je v prehrani ljudi pomemben zaradi svojih zdravilnih in hranljivih lastnosti (Uddin in sod., 2009).

V različnih državah užitni tolščak poimenujejo povsem različno. Francozi užitni tolščak poimenujejo 'pourpier', Mehičani pa 'verdolaga'. V angleščini je znan kot 'purslane', 'purslave', 'pursley', v španščini in katalonščini kot 'buglosa', 'hierba grasa', 'pocelana', 'tarfela', 'peplide', v Argentini ga poznajo kot 'flor de un dia'. Portugalci ga poimenujejo 'beldroega', Kitajci pa 'ma-chi-xian'. Poznan pa je še pod vrsto drugih imen, kot so 'pigweed', 'postelijn', 'munyeroo', 'Cuban spinach', 'miner's salad', 'little hogweed', 'pussle', itd. (Wright, 2012).

Preglednica 1: Sistematična razdelitev užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) (Simopolous in sod., 1992).

Kraljestvo	Plantae	Rastline
Podkraljestvo	Tracheobionta	vaskularne rastline (cevnice)
Oddelek	Spermatophyta	semenke
Deblo	Magnoliophyta	kritosemenke
Razred	Magnoliopsida	enobrazdaste dvokaličnice
Podrazred	Caryophyllidae	klinčnice
Red	Caryophyllales	klinčkovci
Družina	Portulacaceae	tolščakovke
Rod	<i>Portulaca</i>	
Vrsta	<i>oleracea</i>	
Podvrsta	<i>sativa</i>	

Tolščaku vrste *Portulaca oleracea* L. pripisujemo sedem podvrst (Simopolous in sod., 1992):

- subsp. *granulatostellulata*,
- subsp. *nitida*,
- subsp. *oleracea*,
- subsp. *papillatostellulata*,
- subsp. *sativa*,
- subsp. *stellata*,
- subsp. *sylvestris*.

Užitni tolščak (*Portulaca sativa* L.) lahko uživamo na različne načine, saj so užitni vsi deli rastline. Uživamo ga presnega v solati, uporabljamo ga kot prikuho podobno kot špinačo, dodajamo ga juham, enolončnicam, paradižnikovi omaki, skuti ali ga umešanega z jajci spečemo v omleto. Je osvežilnega, kislega in rahlo slanega okusa. Ko užitni tolščak zacveti, dobi rastlina še bolj izrazit okus (Wright, 2012). V preteklosti so užitni tolščak gojili v bližini mravljišč, saj so opazili, da mravljična kislina, ki jo izločajo mravlje, odstranjuje zunanje parazite, užitnemu tolščaku pa daje bolj osvežilen okus (Potter in Hauser, 1974). Indijanci so uporabljali užitni tolščak pri bolečinah v očeh, ob pomanjkanju apetita pa so pili iz njega iztisnjen sok (Miners lettuce, 2015).

2.1.2 Morfološke značilnosti užitnega tolščaka

Užitni tolščak (*Portulaca sativa* L.) je mesnata rastlina z golimi zeleno-rdečimi stebli, višine od 35 do 40 cm. Listi so zeleni, celi, enostavni in izmenično nameščeni. So približno 1 cm široki in 3 cm dolgi. Stebelna lista sta dva in sta nameščena nasprotno. Cvet je radialen in dvospolen, s 4-5 časnih listov. Ima več prašnikov in več pestičev. Užitni tolščak cveti med junijem in novembrom, če ima v tleh dovolj vlage. Plod je glavica. Seme je navadno črne barve in ima lesk (Simopolous in sod., 1992).



Slika 1: Rastlina užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) (Thomé, 1885)

Figure 1: Plant of edible purslane (*Portulaca sativa* L.) (Thomé, 1885)

2.1.3 Pridelovalne razmere

Užitni tolščak (*Portulaca sativa* L.) nima velikih zahtev glede okoljskih dejavnikov, potrebuje predvsem suho in toplo podnebje ter občasno namakanje. Za gojenje užitnega tolščaka ni navedenih priporočil glede vrste substrata. V naravi kot samonikla rastlina raste v vseh tipih prsti (Wright, 2012).

2.2 VPLIV GNOJENJA Z DUŠIKOM NA RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK RASTLIN

Osnova za uspešno pridelovanje hrane in krme so rodovitna tla. Rodovitnost tal zagotavlja kroženje hranil v tleh in je odvisna od vsebnosti humusa in drugih organskih snovi ter

biološke aktivnosti tal (Repič in sod., 2005). Poleg dostopnih hranil na rodovitnost vplivajo tudi druge talne lastnosti, kot so kislost, tekstura in struktura tal (Mihelič in sod., 2010).

Dušik sodi med makro hranila, ki se poleg fosforja, kalija, kalcija in magnezija vgrajuje v rastlinska tkiva v večjih koncentracijah. Dušik je kot sestavni del beljakovin, aminokislin, nukleinskih kislin, fitohormonov in encimov nujno potreben za normalen razvoj rastlin. Ko so dostopne količine dušika v tleh premajhne, sta rast in razvoj rastlin znatno zmanjšani (Bavec in sod., 1997). Rastline ga potrebujejo več kot kateregakoli drugega elementa in čeprav ga je največ v zraku (78 % N₂), ga rastline sprejemajo skozi korenine v obliki nitratnega (NO₃⁻), delno tudi amonijevega iona (NH₄⁺). Dostopnost organsko vezanega dušika je odvisna predvsem od procesa mineralizacije (ki je povezan predvsem z aktivnostjo mikroorganizmov v tleh) in od zračnosti, vlažnosti ter od temperature tal. V procesu mineralizacije se organsko vezani dušik s pomočjo mikroorganizmov preoblikuje v amonijev ion in kasneje nitratni ion (Leskošek, 1993). Za potek procesa mineralizacije je pomembno razmerje med ogljikom in dušikom v tleh (C/N razmerje). V optimalnih razmerah je C/N razmerje okoli 10, ob pomanjkanju dušika pa je C/N razmerje tudi 20 in več. Takrat poteka mineralizaciji obraten proces – imobilizacija oziroma biološka vezava dušika (Špelič, 2013). V primeru imobilizacije ves dušik porabijo talni mikrobi, zato le-ta rastlinam ni na razpolago. Proces imobilizacije je nezaželen v času, ko rastline potrebujejo dušik, zaželen pa je v času po žetvi in pozimi, ko ni rasti. Če mineralizacija teče v obdobju ko ni odvzema dušika se v tleh nakopiči nitratni dušik. Ker je nitrat zelo dobro topen v vodi, se v presežku vode zelo hitro izpira v podtalnico, kar posledično povzroči onesnaževanje pitne vode (Mihelič in sod., 2010).

Razpoložljiva količina dostopnega dušika v tleh je odvisna od (Bavec in sod., 1997):

- količine ogljikovih organskih snovi v tleh,
- aktivnosti fiksatorjev elementarnega dušika,
- količine in sestave apliciranih organskih in mineralnih gnojil,
- dovajanja nitratov, nitritov in amonijaka iz atmosfere,
- antagonizmov med hranili,
- pH tal in izgub v plinski obliki,
- izpiranja v podtalnico,

- erozije...

Dušik vpliva predvsem na vegetativno fazo rastlin in je najbolj pomemben od začetka rasti do cvetenja. Prekomerna količina dušika podaljša vegetativno fazo rastlin in zakasni cvetenje ter poveča občutljivost na glivične bolezni, na pozebo, sušo in listne uši. Pomanjkanje dušika je vidno najprej pri starejših listih, ki se obarvajo svetlo zeleno ali rumeno, mladike so tanke in majhne, s slabo razvitimi koreninami, kar se odraža tudi pri manjšem končnem pridelku (Bavec in sod., 1997).

2.3 VPLIV SVETLOBE NA RAST, RAZVOJ IN PRIDELEK RASTLIN

Svetloba je elektromagnetno sevanje, ki ga zaznava človeško oko, z valovnimi dolžinami od približno 400 do 800 nm. V fiziki se pojem svetloba pogosto nanaša na elektromagnetna sevanja vseh valovnih dolžin. Svetloba ima tako lastnosti valovanja kot tudi lastnosti delcev, ki jih imenujemo fotoni. Fotoni predstavljajo energijo različnih valovnih dolžin. Za rastline so najpomembnejše valovne dolžine vidnega dela spektra, ki omogočijo primarno produkcijo. Pomemben vpliv ima tudi ultravijolična svetloba, ki sodeluje pri procesu fotoinhibicije in indukciji sinteze pigmentov. Svetlobno sevanje valovnih dolžin, daljših od vidne svetlobe, ima predvsem termogenetski učinek (Larcher, 2001).

Fotosinteza je odvisna od razvoja rastline. Najintenzivnejša je, ko so listi rastline polno razviti. Za fotosintezo je v listih najbolj zaslužen mezofil, kjer so nameščeni kloroplasti, napolnjeni s klorofilom. Le-ti pretvarjajo energijo sončne svetlobe v kemično (akumulacija sladkorjev), ki jo rastline porabijo za vrsto celičnih procesov (Taiz in Zeiger, 2010). Ker so ob cvetenju in razvijanju plodov v rastlini vse večje potrebe po energiji za njihov razvoj, fotosinteza postopoma narašča, in je poleg osvetlitve odvisna tudi od temperature, dostopnosti CO₂, vode in hranil (Larcher, 2001).

Fotosinteza je odvisna tudi od trajanja obsevanja ter spektralne sestave sevanja. Fotosintetsko aktivna svetloba PhAR (angl. Photosynthetic Active Radiation) je svetloba valovne dolžine med 400 in 700 nm. Predvsem pomembni pa sta modra (valovne dolžine

400 in 450 nm) in rdeča (valovne dolžine 650 nm) svetloba vidnega dela spektra, kjer je absorpcija klorofila najmočnejša (Taiz in Zeiger, 2010).

Rastline zaznavajo različne valovne dolžine svetlobe s t.i. fotoreceptorji. Ločimo 3 vrste fotoreceptorjev (Larcher, 2001):

- fitokrom,
- fotoreceptor za modro in UV A svetlobo in
- fotoreceptor za UV B svetlobo.

Fitokrom, kot najpomembnejši fotoreceptor, je odgovoren za adaptacijo rastline na svetlobo, ki poteka s pomočjo gibanja listov, kloroplastov in listnih rež. Fitokrom absorbira rdečo, v manjši meri pa tudi modro svetlobo (Arnim in Deng, 1996).

Z agronomskega vidika na fotosintezo in pridelek rastline vplivajo vsi okoljski dejavniki, s fiziološkega vidika pa so bistvenega pomena svetloba, temperatura, koncentracije ogljikovega dioksida in prevodnost listnih rež. Kateri del svetlobnega spektra doseže rastlino je odvisno od zasenčenosti (zasenčeni listi imajo manjšo fotosintetsko aktivnost) in se razlikuje glede na mesto gojenja - gojenje na prostem, kjer so rastline izpostavljene naravni osvetlitvi, ki jo omogoča sončno obsevanje oziroma gojenje v zavarovanih prostorih, kjer rastline dosvetljujemo s svetili in pri tem svetlobo nadzorujemo in uravnavamo z izborom svetil in dolžino dosvetljevanja (Taiz in Zeiger, 2010).

Celovito oskrbo z listnato zelenjavo zagotovimo z gojenjem le-te v zavarovanem prostoru, ki je v zimskih mesecih vezano na uporabo svetil, saj dolžina dneva in jakost osvetlitve ne zadoščata za normalno rast in razvoj rastlin. Za dosvetljevanje uporabljamo predvsem visokotlačne natrijeve svetilke (angl. High Pressure Sodium lamp – HPS), metal halogenske svetilke in fluorescentne svetilke (Bavec, 1998).

Pri visokotlačni natrijevi svetilki je za vir svetlobe zaslužna natrijeva linija, razlikovanje barv predmetov pod njimi pa omogoči emisija dodatnih elementov, kot je npr. živo srebro. Zaradi širokega spektra barv in nizke porabe energije so HPS svetilke zelo razširjene pri gojenju rastlin v zavarovanih prostorih (Osvald in Kogoj-Osvald, 1994).

Pojav LED tehnologije predstavlja pomemben napredek pri gojenju rastlin v zavarovanem prostoru. LED svetilka je električni vir svetlobe, ki se odlikuje predvsem v visoki učinkovitosti pretvorbe električne v svetlobno energijo, nizki masi in prostornini ter v tem, da ne segreva površine, nad katero sveti, saj ne oddaja toplote in tako ne poškoduje rastlin. Velika prednost LED svetilke pred običajnimi svetilkami za dosvetljevanje rastlin je možnost nadzora spektralne sestave in prilagoditve valovne dolžine glede na fotoreceptorno aktivnost rastline. Rastline lahko prejemajo daljše intervale svetlobe, zato rastejo hitreje in imajo bolj kakovosten pridelek (Dorais, 2003).

V primerjavi s svetlobnim spektrom HPS svetilke ima LED svetilka veliko boljši svetlobni spekter, saj oddaja predvsem svetlobo tistih valovnih dolžin, ki jih rastline najbolj izkoriščajo, t.j. modro svetlobo valovne dolžine 460 nm in rdečo svetlobo valovnih dolžin okoli 640 in 660 nm. Svetlobni spekter pri HPS svetilki ima svetlobni vrh v zeleno-rumenem delu, in sicer pri valovnih dolžinah med 570 in 620 nm, a je jakost svetlobe manjša kot v enakem območju pri LED svetilki (Fu in sod., 2012).

Pri izračunu osvetljenosti neke površine povemo, kolikšna množina fotonov (koliko molov fotonov) doseže površino enega kvadratnega metra v eni sekundi (enota $\mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$). Za fotosintezo so pomembne valovne dolžine med 400 in 700 nm. Ta del osvetljenosti imenujemo fotosintetski fotonski fluks (PPF) (Fitter in sod., 2002).

V spodnji preglednici je prikazana jakost fotosintetske svetlobe pri osvetlitvi rastlin z LED v primerjavi s HPS svetilko (Bučinel, 2011).

Preglednica 2: Prikaz jakosti fotosintetske svetlobe na razdalji 170 cm od vira osvetlitve do gojenih rastlin (Bučinel, 2011).

Table 2: Photosynthetic intensity of light in a distance of 170 cm from the light source to plants (Bučinel, 2011).

	LED (μmol) / ($\text{s} \cdot \text{m}^2$)	HPS svetilka (μmol) / ($\text{s} \cdot \text{m}^2$)
Povprečna vrednost	41,49	17,45
Standardni odklon	16,34	10,34
Maksimalna vrednost	100,14	88,24
Minimalna vrednost	2,71	2,56

Študije ugotavljajo, da svetlobne razmere (poleg genotipa rastline in temperature okolja) značilno vplivajo na sintezo bioaktivnih komponent v rastlini (Bian in sod., 2014). Palainswamy in sod. (2001) ugotavljajo višjo vsebnost omega-3 maščobnih kislin v užitemu tolaščku v primeru 8-12 urnega dosvetljevanja v primerjavi s 16- oziroma 20-urnim dosvetljevanjem. Prav tako je 8-12 urno dosvetljevanje ustrežnejše za višjo sintezo α -linolenske kisline, klorofila in proteinov.

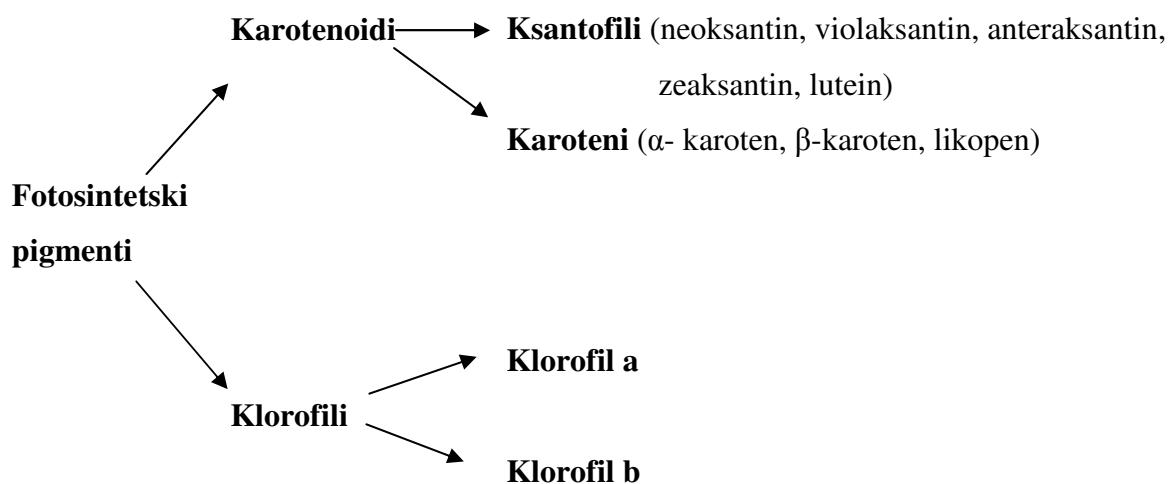
Kombinacije rdeče in modre ter zelene svetlobe imajo velik vpliv na rast in razvoj rastlin ter kakovost končnega pridelka. Kim in sod. (2004) ugotavljajo, da dodatek zelene (od 500 do 600 nm) k rdeči in modri LED osvetlitvi pozitivno vpliva na rast in razvoj rastlin, saj le-te razvijejo več biomase in s tem več pridelka. Shimokawa in sod. (2014) podrobneje navajajo skoraj dvakrat večji pridelek rastlin v primeru izmeničnega dosvetljevanja z rdečo in modro svetlobo v primerjavi s sočasnim obsevanjem.

2.4 POMEN BIOAKTIVNIH KOMPONENT

2.4.1 Pigmenti

V kloroplastih rastlinske celice so prisotni fotosintetski pigmenti, in sicer (Slika 2):

- klorofili (razmerje klorofil a : klorofil b = 4-5 : 1) in
- karotenoidi (razmerje ksantofili : karoteni = 3 : 1).



Slika 2: Sistematična razdelitev fotosintetskih pigmentov.
Figure 2: Diversification of photosynthetic pigments.

V kloroplastih je koncentracija klorofilov v primerjavi s koncentracijo karotenoidov večja, kar daje kloroplastom zeleno barvo. Jesensko rumenenje listov je posledica večje koncentracije karotenoidov. Za koncentracijo klorofilov v listih je predvsem pomembna intenziteta osvetlitve – v primeru šibke svetlobe se rastline prilagodijo z večjimi kloroplasti in večjo vsebnostjo klorofilov ter s samo lego klorofilnih zrn v celici (ob celični steni, vzporedno s površino lista in pravokotno na smer sončnih žarkov) (Šircelj, 2004).

2.4.1.1 Karotenoidi

Karotenoidi se v zelenih tkivih nahajajo v membranah kloroplastov, v rumeno, oranžno in rdeče obarvanih tkivih pa so prisotni v stromi kromoplastov, kjer služijo opravevanju in raznašanju semen in plodov. V kloroplastu zelenih tkiv igrajo pomembno vlogo pri (Rau, 1988):

- zbiranju svetlobe in odvajanju le-te iz fitosistema v primeru presežkov,
- stabilizaciji celičnih membran in
- pri odstranjevanju škodljivih molekul kisika, ki so posledica delovanja stresorjev na rastlino.

Način prilagoditve rastlin na stres se lahko pokaže kot povečanje ali kot zmanjšanje koncentracije različnih karotenoidov v rastlini. Slednje je odvisno od jakosti stresa in

prilagoditve rastline na stres. Koncentracija karotenoidov v kloroplastih se povečuje za namen preprečevanja nastanka škodljivih vrst molekul kisika. V primeru premočnega stresa se koncentracija karotenoidov močno zmanjša, saj so zaščitni karotenoidni sistemi preobremenjeni, kar privede do oksidativnih poškodb karotenoidov in posledično do njihovega zmanjšanja. Vsebnost karotenoidov je zato lahko pokazatelj različne jakosti stresa in prilagoditve rastline na stres (Šircelj, 2008).

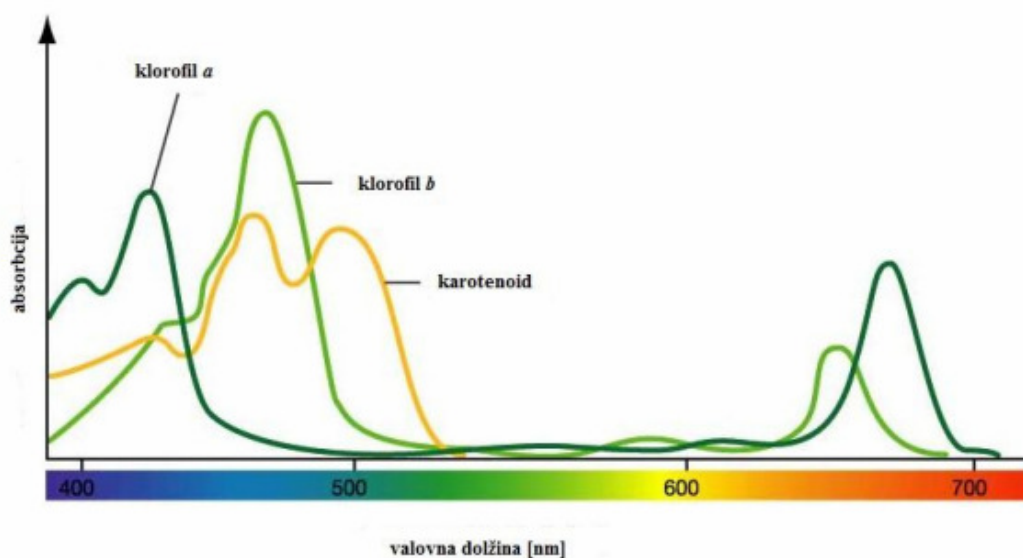
Med karotenoidi so predvsem ksantofili tisti, ki so pomembni za absorpcijo svetlobe (v valovnem območju od 400 do 500 nm - modra svetloba) in za prenos svetlobe na klorofile. Klorofil nato lahko bodisi sodeluje v fitokemičnih reakcijah ali pa to energijo odda kot toploto (Siefermann-Harms, 1987).

Karotenoidi so poleg absorpcije odgovorni tudi za odvajanje svetlobe v primeru, ko fotosintetski aparat sprejema več svetlobne energije, kakor jo uspe uporabiti pri fotosintezi. Karotenoidi odvečno svetlobo odvedejo kot toploto in na ta način preprečijo nastanek škodljivih snovi. V primeru, da je presežek svetlobe prevelik, pa karotenoidi prevzamejo funkcijo sekundarnih metabolitov (Demmig-Adams in Adams, 1996).

2.4.1.2 Klorofili

Klorofili se v tilakoidni membrani kloroplasta nahajajo v pigment-proteinskih kompleksih in sicer v reakcijskem centru fotosistema I (PSI) in fotosistema II (PSII). V antenskem kompleksu PSII je aktivnih okoli 250 molekul klorofila a in b ter tudi več molekul ksantofila, ki delujejo kot pomožni pigmenti, kar pomeni, da po absorpciji svetlobe prenesejo energijo do klorofila a, ki igra vlogo glavnega asimilacijskega pigmenta (Vodnik, 2001).

Klorofil rastlinam omogoča izkoriščanje sončne energije in njeno absorpcijo v modrem in rdečem delu spektra (Sarić, 1979), pri tem pa se klorofil a in klorofil b razlikujeta med seboj po absorpciji valovne dolžine, kot prikazuje slika 3 (Vodnik, 2012).



Slika 3: Prikaz absorpcijskega spektra klorofilov a in b v odvisnosti od valovne dolžine svetlobe (Vodnik, 2012)

Figure 3: The absorption spectrum of chlorophylls a and b depending to the wavelenght of light (Vodnik 2012)

2.4.2 Antioksidanti

Zelene rastline izkoriščajo antioksidante in druge sekundarne metabolite kot zaščito pred stresom, sevanji, težkimi kovinami, boleznimi in škodljivci ter pred oksidativnimi poškodbami, ki jih povzročajo prosti radikali (Kreft in sod., 2000). Prosti radikali so visoko reaktivne molekule ali ioni, ki imajo nesparjen elektron in nastajajo v biokemičnih reakcijah celične presnove oziroma so posledica dejavnikov okolja, kot so UV žarki in žarki gama, toplota, onesnaženje okolja itd. Prosti radikali povzročajo poškodbe celičnih struktur, vključno z nukleinskimi kislinami in geni (Korošec, 2000).

Sadje in zelenjava sta bogat vir antioksidantov. Med njimi so najpomembnejši vitamin C, vitamin E, karotenoidi, fenolne spojine in terpeni. K naštetim prištevamo več tisoč aktivnih snovi, ki prispevajo k skupnemu antioksidativnemu potencialu pridelka (Kreft in sod., 2000). Visoka vsebnost antioksidantov v pridelku pomeni dobro skladiščno sposobnost in kakovost, oziroma prehransko vrednost pridelka. Poveča se tudi primernost pridelka za predelavo, zmanjša se pojav žarkosti živil in drugih oksidativnih sprememb senzoričnih lastnosti (Vidrih in Kač, 2000).

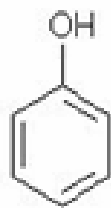
Raspor in sod. (2000) navajajo razdelitev antioksidantov v skupine:

- Primarni antioksidanti – nastajajo v organizmu. So encimi, katerih naloga je preprečevanje nastanka prostih radikalov oziroma spreminjanje prostih radikalov v stabilne molekule in s tem prekinjanje verižne reakcije avtooksidacije.
- Sekundarni antioksidanti – že nastale proste radikale nevtralizirajo na način, da reagirajo s katalizatorji oksidacije, odvzamejo kisik in razgradijo hiperoksidaze do komponent, ki niso radikali.
- Terciarni antioksidanti - nastopijo za namen popraviljanja poškodb, ki jih povzročijo prosti radikali.

Kreft in sod. (2000) navajajo razdelitev antioksidantov na endogene in eksogene, ki se razlikujejo glede na izvor. Eksogene antioksidante v telo vnašamo s hrano, endogene lahko tvori naš organizem.

2.4.2.1 Fenoli

Fenole uvrščamo v zelo obsežno in raznovrstno skupino sekundarnih metabolitov. Definiramo jih kot spojine, ki vsebujejo aromatski obroč in vsaj eno hidroksilno skupino (Slika 4). V primeru, da je vezanih več hidroksilnih skupin, jih imenujemo polifenoli.



Slika 4: Struktura fenola – aromatični obroč z eno hidroksilno skupino (Boyer, 2002)
Figure 4: Phenol structure – aromatic ring with one hydroxyl group (Boyer, 2002)

Fenolne spojine so v rastlinah pogosto vezane na sladkorje, aminokisliline, lipide in terpenoide. So sestavni del celične stene in vplivajo na njeno prepustnost za pline in vodo. Nahajajo se predvsem v vakuolah in v manjši meri tudi v medceličnini. V citoplazmi jih ni (Crozier in sod., 2006).

2.4.2.1.1 Pomen fenolnih spojin

Fenoli vplivajo na senzorične, hranilne, antimikrobne in antioksidativne lastnosti sadja in zelenjave (Swanson, 1993). Swanson (1993) jih omenja kot stresne metabolite, saj se sintetizirajo v za rastlino stresnih rastnih razmerah, kot je pomanjkanje svetlobe in vode, neprimerna temperatura in koncentracija kisika, ipd. Fenoli so pomembni za zaščito pred zunanjimi stresnimi dejavniki rastlin in za njihovo reprodukcijo. Delujejo protivnetno, protivirusno in protimikrobno. Rastlinam dajejo barvo, teksturo, vonj in okus in na ta način vplivajo na prehransko in senzorično vrednost sadja in zelenjave (Abram in Simčič, 1997). Zaradi njihovih antioksidativnih lastnosti preprečujejo prehitro staranje živil zaradi oksidacije in zmanjšujejo potrebo po dodajanju umetnih antioksidantov (Cheeson in sod., 1998). V živilstvu jih uporabljamo tudi kot naravna barvila (Abram in Simčič, 1997).

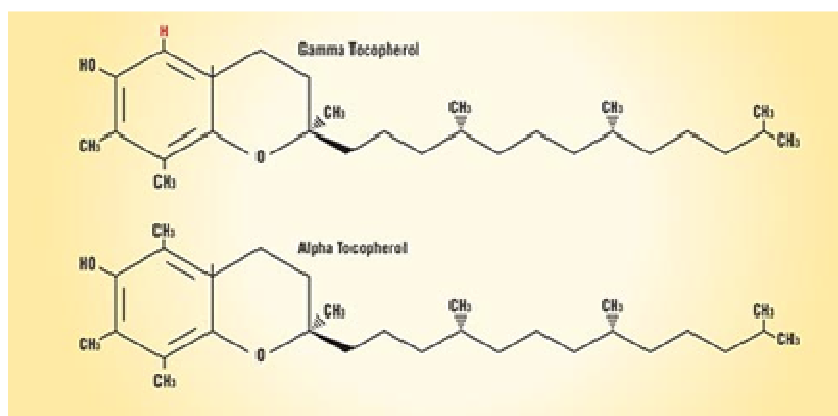
Vsebnost fenolnih spojin je različna glede na rastlinsko vrsto, sorto, rastišče, način pridelave in podnebne razmere (temperatura, količina padavin in svetloba) (Veberič, 2010). V človeški prehrani so najpomembnejše fenolne kisline, flavonoidi in tanini (Abramovič, 2011).

Prehrana bogata s fenolnimi spojinami zmanjšuje možnost nastanka srčnih in rakastih obolenj, saj fenoli po zaužitju zmanjšujejo nastajanje prostih radikalov (Cheeson in sod., 1998). Tudi Hollman in Hertog (1998) ugotavljata, da fenolne spojine inhibirajo razvoj rakastih obolenj in znižujejo možnosti nastanka žilnih obolenj zaradi oksidacije LDL holesterola. Kljub številnim študijam, ki navajajo obetavne rezultate *in vivo*, nekateri raziskovalci izpostavljajo, da je črevesna absorpcija fenolnih spojin in posledično njihova koncentracija v plazmi prenizka za uspešno delovanje v ciljnim tkivu (Hof in sod., 1998).

Zaradi reakcije fenolov z drugimi sestavinami v hrani, kot so reducirajoči sladkorji in kovine, prihaja do neželene spremembe barve med skladiščenjem oziroma predelavo sadja in zelenjave. Prav tako neželena je tvorba kompleksnih spojin, ki nastanejo med polifenoli in proteini, saj vplivajo na prebavljivost proteinov in povzročijo motnost ter nastanek sedimenta pri skladiščenju sokov (Lee, 1992).

2.4.2.2 Vitamin E (α -tokoferol, γ -tokoferol)

Vitamin E predstavlja več kemijsko med seboj podobnih spojin, ki jim je skupno to, da so metilni derivati tokola (Rudan-Tasič, 2000). Osnovna struktura vseh oblik vitamina E je hidroksilirani kromanski obroč, glede na število in položaj metilnih (CH_3) skupin na kromanskem obroču pa razlikujemo α , β , γ in δ oblike (Slika 5). Najbolj raziskana aktivna sestavina vitamina E je α -tokoferol, vse oblike pa imajo antioksidativne lastnosti (Azzi, 2007).



Slika 5: Prikaz strukturne formule tokoferolov - α in γ -tokoferol (Bramley in sod., 2000)
Figure 5: Tocopheril structure – α and γ -tocopherol (Bramley et al., 2000)

α -tokoferol je najpogosteje uporabljena oblika, predvsem kot bioaktivna komponenta v prehranskih dodatkih, in sicer v obliki acetatnih estrov. Aktivnost α -tokoferola je tako pri ljudeh kakor pri živalih zaradi njegove biološko razpoložljive oblike zelo velika v primerjavi z aktivnostjo γ -tokoferola, ki doseže le od 6 do 16 % aktivnosti α -tokoferola (Bieri in Poukka Everts, 1974), vendar se γ -tokoferol odlikuje po različnih komplementarnih učinkih, ki pripomorejo k delovanju α -tokoferola (Eitenmiller in Lee, 2004). γ -tokoferol se je izkazal v študiji Liu in sod. (2002) kot učinkovita oblika pri preprečevanju krvnih strdkov.

Ena izmed glavnih vlog vitamina E je njegovo antioksidativno delovanje. Je v maščobi topen antioksidant in igra ključno vlogo pri stabilnosti celičnih membran. Vitamin E ščiti celice pred poškodbami zaradi kisikovih prostih radikalov in produktov lipidne peroksidacije tako, da hitro reagira s prostimi radikali in jih inaktivira, še preden ti

utegnejo reagirati z maščobnimi kislinami, lipoproteini in drugimi biološko aktivnimi sestavinami, kot so vitamin A, hormoni in encimi. Na ta način vitamin E znatno prispeva pri preprečevanju civilizacijskih bolezni, saj s preprečevanjem agregacije trombocitov na stene žil preprečuje oksidacijo LDL holesterola, ki vodi v nastanek ateroskleroze in srčno-žilna obolenja. Z antioksidativnim delovanjem tudi ščiti molekule DNA, kar zmanjšuje tveganje za nastanek rakavih bolezni (Bramley in sod., 2000).

Tokoferoli se v naravi nahajajo v rastlinskih oljih. Največ α -tokoferola se nahaja v olju pšeničnih kalčkov in v sončničnem olju, največ γ -tokoferola pa se nahaja v koruznem, sojinem, repičnem in lanenem olju. Živalske maščobe vsebujejo tokoferole v manjših količinah, kljub temu, pa v hrani živalskega izvora najdemo predvsem α -tokoferol, in sicer v maščobnem tkivu (Rudan-Tasić, 2000).

2.4.3 Maščobne kisline

Maščobe so, poleg beljakovin in ogljikovih hidratov, biološko pomembne spojine, saj sodelujejo v zgradbi in presnovnih procesih vseh organizmov. Kemijsko so maščobe triacilgliceroli oziroma estri alkohola glicerola z maščobnimi kislinami. Maščobne kisline so karboksilne kisline z dolgo in nerazvejano verigo ogljikovodikov (alkilna veriga) in ravno te dajejo maščobi različne funkcionalne lastnosti (Nelson in Cox, 2005).

Dolge verige maščobnih kislin pri vezavi z glicerolom tvorijo estre monogliceridov, digliceridov in trigliceridov, pri vezavi s fosforno kislino in njenimi derivati pa tvorijo fosfolipide. S steroli sestavljajo sterolne estre, z alifatskimi alkoholi pa voske (Min in Bradley, 1992). Enostavni triacilgliceroli imajo z glicerolom estrsko vezane tri enake maščobne kisline. Večina naravnih triacilglicerolov ima vezani dve ali več različnih maščobnih kislin (Lercker in Rodriguez-Estrada, 2000).

Ker so polarne hidroksilne skupine glicerola in polarne karboksi skupine maščobnih kislin povezane v estrsko vez, so triacilgliceroli nepolarne molekule. Na slabo polarnost triacilglicerolov vplivajo tudi nepolarne alkilne verige maščobnih kislin (Nelson in Cox, 2005).

Maščobne kisline se med seboj razlikujejo glede na število ogljikovih atomov in število dvojnih vezi v verigi. Maščobne kisline klasificiramo kot popolnoma nasičene (alkilna veriga vsebuje le enojne vezi) ali nenasičene (alkilna veriga vsebuje eno ali več dvojnih vezi) (Nelson in Cox, 2005).

Maščobne kisline med seboj razlikujemo tudi glede na dolžino verige in jih tako delimo na kratko verižne (do 12 C atomov v verigi), srednje verižne (14 do 18 C atomov v verigi) ter dolgoverižne (20 do 24 C atomov v verigi). Kratko verižne maščobne kisline so najpogostejše v mleku in mlečnih izdelkih, tvorijo pa se tudi pri kisanju zelenjave in prebavi prehranskih vlaknin. Najnovejše raziskave kažejo, da so nekatere izmed njih, predvsem butanojska in propionska kislina, izredno pomembne za uravnavanje pravilnega poteka presnove. Njihovo pomanjkanje v hrani oziroma v črevesju naj bi pospeševalo pojav presnovnega sindroma. Maščobe, ki jih največ zaužijemo, pa običajno vsebujejo od 16 do 18 C atomov. Iz njih se v telesu tvorijo dolgoverižne maščobne kisline, ki so za naše življenje neobhodne (Nelson in Cox, 2005).

2.4.3.1 Nasičene maščobne kisline

Nasičene maščobne kisline, ki so v naravi najpogosteje zastopane so (Salobir, 2001):

- lavrinska kislina,
- miristinska kislina,
- palmitinska kislina,
- stearinska kislina in
- arahidinska kislina.

Nasičene maščobne kisline, v katerih so atomi ogljika med seboj povezani s stabilnimi enojnimi vezmi, imajo ravno, nerazvejano verigo, katere posledica je, da se tesneje prilegajo in imajo višjo točko tališča. Maščobe z vezanimi nasičenimi maščobnimi kisljinami so večinoma v trdnem agregatnem stanju. Nahajajo se predvsem v maščobah živalskega izbora. Nasičene maščobne kisline pospešujejo nastajanje in razvoj civilizacijskih bolezni, zato v prehrani ljudi niso zaželjene (Žnidaršič in Vidrih, 2009).

V preglednici 3 je prikazan fiziološki učinek posamezne nasičene maščobne kisline na človeško telo.

Preglednica 3: Nasičene maščobne kisline in njihov fiziološki učinek na človeško telo (Salobir, 2001)

Table 3: Saturated fatty acid and their physiological effect on the human body (Salobir, 2001)

Nasičena maščobna kislina	Oznaka	Fiziološki učinek
Lavrinska kislina	12:0	Zvišuje koncentracijo holesterola v plazmi; predvsem slabega LDL holesterola
Miristinska kislina	14:0	Do 4-krat večji vpliv na zviševanje koncentracije holesterola v plazmi v primerjavi z lavrinsko ali palmitinsko kislino.
Palmitinska kislina	16:0	Do 2-krat večji vpliv na zviševanje koncentracije holesterola v plazmi v primerjavi z lavrinsko kislino.
Stearinska kislina	18:0	Pospešuje strjevanje krvi. Ni vpliva na raven LDL holesterola v plazmi.

2.4.3.2 Nenasičene maščobne kisline

Nenasičene maščobne kisline ločimo glede na število in položaj dvojnih vezi, in sicer na:

- enkrat nenasičene maščobne kisline (katerih najbolj znan predstavnik je oleinska kislina);
- večkrat nenasičene maščobne kisline (kamor uvrščamo α -linolensko in linolno kislino, ki sta osnovi za nastanek dolgoveržnih nenasičenih maščobnih kislin);

Za naravne nenasičene maščobne kisline je značilna cis konfiguracija. Fizikalne in kemijske lastnosti posamezne nenasičene maščobne kisline so odvisne od položaja ter števila dvojnih vezi (Nelson in Cox, 2005). Fiziološki učinek nenasičenih maščobnih kislin je prikazan v preglednici 4.

Preglednica 4: Nenasičene maščobne kisline in njihov fiziološki učinek na človeško telo (Salobir, 2001)

Table 4: Unsaturated fatty acid and their physiological effect on the human body (Salobir, 2001)

Nenasičena maščobna kislina	Oznaka	Fiziološki učinek
Linolna kislina	18:2	Esencialna maščobna kislina, predstopnja arahidonske maščobne kisline
α -linolenska kislina	18:3	Esencialna maščobna kislina, predstopnja EPA in DHA
Arahidonska kislina	20:4	Predstopnja tkivnih hormonov
EPA	20:5	Predstopnja tkivnih hormonov
DHA	22:6	Sestavni del možganov, živčevja, očesne mrežnice

Maščobe zaužijemo s hrano, lahko pa se tvorijo v telesu. Nasičene maščobne kisline nastajajo z lipogenezo iz glukoze, enkrat nenasičene in večkrat nenasičene maščobne kisline pa se sintetizirajo iz nasičenih maščobnih kislin. Izjema so večkrat nenasičene maščobne kisline z določenimi pozicijami dvojnih vezi. Te so nujno potrebne v človeškem organizmu - so esencialne, kar pomeni, da jih moramo zaužiti s hrano, saj jih človeški organizem ne more proizvesti sam. Esencialne maščobne kisline so potrebne za izgradnjo in normalno delovanje celičnih membran, in so predstopnja tkivnih hormonov, ki delujejo v fizioloških procesih, sodelujejo pri regulaciji krčenja gladkih mišic, regulirajo krvni tlak in ugodno vplivajo na imunski sistem (Salobir, 2001).

Esencialne maščobne kisline spadajo med najpomembnejše maščobne kisline, saj so nujno potrebne za normalno delovanje človeškega organizma, a jih telo ne more proizvesti samo. Maščobne kisline, ki so najbolj zaželeni v prehrani (Salobir, 2001) so:

- Enkrat nenasičena oleinska kislina (18:1, *n*-9)
- Večkrat nenasičene: linolna kislina (18:2, *n*-6),
 α -linolenska kislina (18:3, *n*-3),
eikozapentaenojska kislina (20:5, *n*-3) in
dokozaheksaenojska kislina (22:6, *n*-3).

Priporočila glede dnevnega vnosa maščobnih kislin se z leti spreminjajo. Priporočeno jih je uživati uravnoteženo, kar pomeni manj nasičenih in več enkrat ali večkrat nenasičenih maščobnih kislin (Referenčne vrednosti..., 2004).

Razmerje med večkrat nenasičenimi in nasičenimi maščobnimi kislinami označujemo z oznako P/S. Ko imajo posamezne maščobe to razmerje manjše od 0,5, so manj primerne za prehrano ljudi, saj te maščobe povečujejo tveganje za razvoj kardiovaskularnih obolenj. Pri izračunu razmerja P/S je pomembno predvsem, koliko maščob živilo prispeva k obroku in s tem vpliva na razmerje maščobnih kislin glede na celoten zaužiti obrok (Salobir, 2001).

Sodobnejši način opisa primernosti zaužitih maščob v obroku predstavlja indeks aterogenosti (IA), ki bolje ocenjuje prehransko vrednost maščob in njihov vpliv na zdravje ljudi. IA konkretno upošteva vplive posameznih maščobnih kislin, ki pozitivno ali negativno vplivajo na koncentracijo holesterola v krvi. S prehranskega vidika so za

vzdrževanje zdravja primerne tiste maščobe, ki imajo vrednost IA manjšo od 0,5 (Salobir, 1997).

Simopoulos in sod. (1992) navajajo, da so v preteklosti kot varovalno prehrano upoštevali tisto, v kateri je bilo razmerje n-6 in n-3 esencialnih maščobnih kislin blizu 1,0. Mnenja o optimalnem razmerju n-6 in n-3 maščobnih kislin so si različna. To razmerje naj bi bilo od 1,0 do 4,0 glede na zdravstveno stanje posameznika (Min in Bradley, 1992).

3 MATERIAL IN METODE DE LA

3.1 NAČRT POSKUSA

Rastline užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) smo gojili v rastlinjaku Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Semena smo posejali v lonce, napolnjene z 8 l šotnega substrata (1,6 kg) (Klasmann, TS 3). Poskus smo izvedli v 4 ponovitvah. Posamezno ponovitev so predstavljale rastline v dveh loncih. V obravnavanja smo vključili 2 količini dodanega dušika in 2 tipa svetilk za dosvetljevanje, kar je skupaj 32 loncev (2 količini dušika x 2 načina dosvetljevanja x 4 ponovitve x 2 lonca/ponovitev). Šestnajst loncev smo dosvetljevali s HPS svetilko, drugih šestnajst pa z LED svetilko. Površina, kjer so bili nameščeni lonci, je bila fizično ločena s polietilensko, za svetlobo nepropustno zaveso, da svetloba enega svetila ni vplivala na svetlobo drugega svetila. Svetlobni režim dosvetljevanja je bil nastavljen na 14/10 ur, kar pomeni 14 ur dosvetljevanja in 10 ur brez dosvetljevanja. Uporabili smo LED svetilko, ki jo je za svojo raziskavo sestavil in izdelal Matej Bučinel (2011). Število LED diod je bilo izbrano na podlagi njihove izsevane moči, ki je bila enaka izsevani moči 400 W HPS svetilke. Na LED svetilki so bile LED diode valovne dolžine 460 nm (modra svetloba) in valovne dolžine 640 nm ter 660 nm (rdeča svetloba). Jakost fotosintetske svetlobe določena na razdalji 170 cm je bila $41 \mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ pri LED svetilki in $17 \mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ pri HPS svetilki

Vsem 32 loncem smo dodali gnojilni odmerek $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ in $100 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{ha}$. Od 16 loncev, ki so bili nameščeni pod vsako svetilko, smo jih osem pognojili še z gnojilnim odmerkom $80 \text{ kg N}/\text{ha}$ (Tehnološka..., 2010), drugih osem pa s $160 \text{ kg N}/\text{ha}$. Uporabili smo mineralni gnojili: ENTEC (14:7:17) in KAN (27 %). ENTEC je počasi delujoče dušikovo gnojilo, ki vsebuje zaviralce nitrifikacije (pretvorbe amonijeve v nitratno obliko dušika) in je tako dušik rastlinam na voljo dlje časa. Gnojilno normo dušika smo dosegli tako, da smo vmešali $0,458 \text{ g ENTEC}/\text{lonec}$ (za obravnavanje $80 \text{ kg N}/\text{ha}$) oz. $0,458 \text{ g ENTEC}/\text{lonec} + 0,237 \text{ g KAN}/\text{lonec}$ (za obravnavanje $160 \text{ kg N}/\text{ha}$).

Zasnova poskusa:

Svetilka LED (jakost osvetlitve 41,49 $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$)

- 8 loncev - gnojenje z 80 kg N/ha,
- 8 loncev - gnojenje z 160 kg N/ha.

Svetilka HPS (jakost osvetlitve 17,45 $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$)

- 8 loncev - gnojenje z 80 kg N/ha,
- 8 loncev - gnojenje z 160 kg N/ha.

V osmem tednu po vzniku smo rastline užitnega tolščaka prešteli, porezali in stehali ter jih takoj prestavili v prenosni hladilnik s tekočim dušikom za nadaljnje analize.

Za izračun pridelka (v kg/m^2) smo upoštevali:

- površino v loncu, v katerem so rasle rastline (\emptyset lonca je bil 16 cm, rastna površina je bila 0,0804 m^2/lonec);
- povprečno maso posamezne rastline, ki smo jo izračunali kot količnik med maso pobranih rastlin in številom pobranih rastlin v loncu;
- število rastlin/ m^2 , upoštevan sklop rastlin v našem poskusu.

Da bi preprečili izgube hranilnih snovi, smo še isti dan v laboratoriju Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete v Ljubljani, pripravili vzorce za analizo bioaktivnih komponent. Za določanje antioksidativnega potenciala, skupnih fenolov in maščobnih kislin smo v 2 % metafosforni kislini (10 mL) s homogenizatorjem ultra-turrax (Janke & Kunkel GmbH & Co) zmleli steblo in liste užitnega tolščaka (10 g) in tako pripravljene vzorce shranili na -20 °C. Za detekcijo pigmentov in tokoferolov smo vzorce še isti dan liofilizirali.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Analiza bioaktivnih komponent

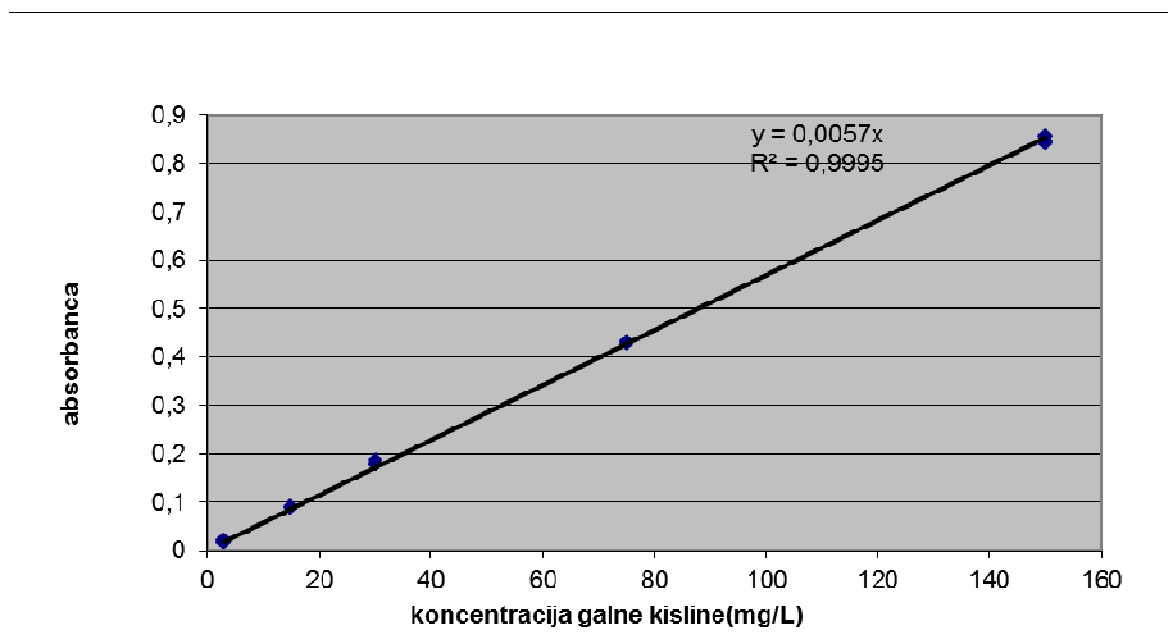
3.2.1.1 Skupni fenoli

Za pripravo vzorcev skupnih polifenolov in antioksidacijskega potenciala smo uporabili postopek, ki so ga opisali Kacjan Maršič in sod. (2011).

Skupne fenole smo določali z metodo po Singletonu in Rossiju (1965). Ekstraktu rastline užitnega tolščaka smo dodali Folin – Ciocalteujev reagent (F.C.), ki v alkalni raztopini oksidira fenolne snovi. Koncentracijo skupnih fenolnih spojin smo podali kot ekvivalentno maso galne kisline na 100 g svežega užitnega tolščaka ($\text{mg}_{\text{GA}}/100\text{g}$). Za izračun smo pripravili umeritveno krivuljo z galno kislino, ki se pogosto uporablja kot referenčna spojina za določanje skupnih fenolnih spojin (Košmerl in Kač, 2004). Vsak vzorec smo pripravili v treh paralelkah.

Predhodno v metafosforni kislini homogeniziran užitni tolščak smo centrifugirali 5 minut na 2000 obratih. Supernatant smo odpipetirali v novo, čisto epico. V 10 mL epruvete smo odpipetirali 0,2 mL ustrezno razredčenega supernatanta, 2,54 mL raztopine F.C. reagenta in 0,42 mL 20 % raztopine natrijevega karbonata (Na_2CO_3). Tako pripravljene vzorce smo premešali in pustili na sobni temperaturi 60 minut. Nato smo dodali 0,91 mL bidestilirane vode, premešali, prelili v kiveto in izmerili absorbanco pri 765 nm.

Za pripravo umeritvene krivulje smo odtehtali 10,0 mg galne kisline, jo raztopili v destilirani vodi in razredčili na 25,0 mL. Koncentracija pripravljene izhodne raztopine je bila 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Različne volumne izhodne raztopine smo razredčili na 0,2 mL ter postopali enako kot pri vzorcu. Iz povprečne vrednosti absorbance treh ponovitev in masne koncentracije galne kisline v standardnih raztopinah smo narisali umeritveno krivuljo, ki je prikazana na sliki 6. Z linearno regresijo smo določili koeficient oz. naklon premice.



Slika 6: Umeritvena krivulja za galno kislino

Figure 6: Calibration curve for gallic acid

3.2.1.2 Antioksidativni potencial

Antioksidativni potencial (AOP) smo merili s pomočjo prostega radikala DPPH (2,2-difenil-1-pikril-hidrazil), ki je modre barve in ima absorpcijski vrh pri 517 nm. Radikal DPPH reagira z antioksidanti (donorji vodika) in prehaja v reducirano obliko DPPH-H, ki je rumene barve. AOP smo podali kot tisto množino DPPH, ki zreagira z antioksidanti v 100 g svežega užitnega tolščaka ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$).

Za meritev AOP v rastlinah užitnega tolščaka smo najprej pripravili raztopino DPPH, in sicer tako, da smo 4 mg DPPH raztopili 20 mL metanola in z metanolom razredčili do vrednosti absorbance 1, izmerjene pri 517 nm. Ekstraktu užitnega tolščaka, pripravljenemu z 2 % metafosforno kislino (60 μL) smo dodali 1,5 mL raztopine DPPH. Po inkubaciji na sobni temperaturi za 15 minut smo izmerili vrednost absorbance pri 517 nm.

Na osnovi meritve absorbance slepe probe (60 μL ekstrakta in 1,5 mL metanola), vzorca in referenčne vrednosti (60 μL metanola in 1,5 mL raztopine DPPH) smo iz enačbe (1) izračunali ΔA . Iz enačb (1) in (2) smo izračunali skupni antioksidativni potencial (AOP) (3) in določili povprečje paralelk. Z enačbo (4) smo izračunali vrednost AOP v 100 g svežega užitnega tolščaka ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$).

$$\Delta A = A_{RF} - A_v + A_0 \quad \dots(1)$$

A_{RF} = absorbanca, referenčna vrednost

A_v = absorbanca vzorca

A_0 = absorbanca slepe probe

$$\eta = \Delta A * V_{RZ} / (\epsilon * l) \quad \dots(2)$$

η = množina DPPH, ki reagira z antioksidanti v reakcijski zmesi

ϵ = molarni absorpcijski koeficient DPPH (12000 (L / (mol*cm)))

V_{RZ} = volumen reakcijske zmesi (0,00156 L)

l = dolžina poti žarka skozi vzorec 1 cm

$$AOP(mmол_{DPPH}/L) = \eta / V_{eks} \quad \dots (3)$$

V_{eks} = volumen ekstrakta, uporabljen pri analizi ($60 \cdot 10^{-6}$ L)

$$AOP (mmол_{DPPH}/100 g) = AOP(mmол_{DPPH}/L) * V_{EKS} * 100 / m_{tol} \quad \dots(4)$$

V_{EKS} = volumen pripravljenega ekstrakta ($V_{EKS} = 0,020$ L)

m_{tol} = masa zatehtanega tolščaka ($m_{tol} = 10,0$ g)

3.2.1.3 Višje maščobne kisline

Maščobno kislinsko sestavo lipidov v užitem tolščaku smo določili kot metilne estre maščobnih kislin s pomočjo plinske kromatografije, po metodi, ki so jo opisali Vidrih in sod. (2009). Vsak vzorec smo pripravili v treh paralelkah. Vsebnost maščobnih kislin smo podali v mg/100 g svežega užitnega tolščaka in kot utežni odstotek glede na vsoto vseh analiziranih maščobnih kislin.

Natehtali smo 20 mg ($\pm 0,1$ mg) v 2 % metafosforni kislini homogeniziranega užitnega tolščaka in 70 mg raztopine internega standarda (C17:0) s koncentracijo 2,0 % ($\pm 0,1$ %) ter dodali 300 μ l metilen klorida (CH_2Cl_2) in 3 mL 0,5 molarne sveže pripravljene raztopine NaOH v metanolu. Zaprte epruvete smo segrevali v vodni kopeli 50 minut pri 90 °C in jih večkrat premešali. Po hitrem hlajenju v vodi smo dodali 3 mL 14 % BF_3 v metanolu in ponovno segrevali v vodni kopeli 10 minut. Raztopino smo hitro ohladili v vodi in dodali še 3 mL 10 % raztopine NaCl za povečevanje ionske jakosti (lažje ločevanje vodne in heksanske faze) ter 1,5 mL heksana. Zaradi čim boljše ekstrakcije metilnih estrov maščobnih kislin iz vodne faze v nepolaro, heksansko fazo, smo raztopino močno stresali

1 minuto. Po centrifugiranju 5 minut pri 1500 vrtljajih na minuto smo odpipetirali heksansko fazo v temne vialo in raztopino analizirali s plinsko kromatografijo. Vsebnost maščobnih kislin smo izračunali s pomočjo odzivnostnega koeficienta in koeficienta transformacije maščobne kisline v odgovarjajoči metilni ester. Ponovljivost in natančnost analitske metode ter odzivnostni koeficient za detekcijo MK smo določili z uporabo certificiranega standarda CRM 163 (Blend beef–pork fat, BCR). Retencijski časi MK so se dobro ujemali z vrednostmi standarda.

Ločevanje in detekcija sta potekali pri naslednjih pogojih:

Plinski kromatograf: Agilent Technologies 6890 N

- kolona: SUPELCO – SPB PUFA; 30 mm x 0,25 mm x 0,2 μ m
- detektor: plamensko ionizacijski (FID)
- temperatura kolone: 210 °C
- temperatura detektorja: 260 °C
- temperatura injektorja: 250 °C (split 1:100)
- tlak na injektorju: 31,6 psi
- nosilni plin: He, pretok: 1 mL/min
- pretok N₂: 45 mL/min
- pretok H₂: 40 mL/min
- pretok zraka: 450 mL/min
- volumen injiciranja: 1,0 μ L
- program za obdelavo podatkov: GC Chem Station

3.2.1.4 Pigmenti

Za določitev izbranih pigmentov v rastlinah užitnega tolščaka smo vzorce za HPLC analizo pripravili v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani po metodi, ki jo je opisal Pfeifhofer (1989):

Ekstrakcijo 0,1 g zmletih liofiliziranih listov smo opravili s 5 mL hladnega acetona. S homogenizatorjem ultra-turrax (Janke & Kunkel GmbH & Co) smo homogenizirali 20 sekund na ledu. Sledilo je 5-minutno centrifugiranje s 4200 obrati na minuto pri sobni temperaturi. Supernatant smo prefiltrirali skozi 0,45 μm filter (RC-Vliesverstarkt filter, Sartorius ag) v vzorčno stekleničko za analizo. Celoten postopek ekstrakcije smo izvedli v zatemnjenem prostoru. HPLC analizo smo naredili pod naslednjimi kromatografskimi pogoji:

- HPLC sistem: Spectra-Physics (črpalka P 4000 SpectraSystem, avtomatski vzorčevalnik AS 1000 SpectraSYSTEM)
- detektor: UV-vis Spectra Focus
- kolona: Spherisorb ODS2 5U (250 mm x 4,6 mm, 5 μm)
- predkolona: Spherisorb ODS2 5U (7,5 mm x 4,6 mm, 5 μm)
- volumen injiciranja: 20 μL
- mobilna faza: A: acetonitril/voda/metanol=100/10/5 (v/v/v)
B: aceton / etilacetat= 2/L (v/v)
- gradient: linearni gradient od 10% B do 75% B v 18 min, nato od 75 % do 70 % v 7 min in od 70 % do 100 % v 5 min
- pretok mobilne faze: 1 mL/min
- termostat kolone: Mistral tip 880, Spark Holland
- T kolone: 5°C
- T avtomatskega vzorčevalnika: 4°C
- detekcija: 440 nm
- čas analize: 30 min
- operacijski sistem: OS/2 standard ed. IBM (Syslevel 5050)

Koncentracije pigmentov smo izračunali po metodi eksterne standarda. Uporabili smo naslednje standarde: neoksantin, anteraksantin in violaksantin (proizvajalec DHI Water & Environment), lutein, α -karoten, β -karoten, klorofil a in klorofil b (Sigma), zeaksantin (Applichem). Opravili smo analizo treh paralelk, količino posameznih pigmentov smo podali v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi.

Na podlagi pridobljenih podatkov pridelka (v kg/m²) in vsebnosti karotenov (v µg/g suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotavljali tudi izkoristek obdelovalne površine na 1 m² za gojenje užitnega tolščaka kot vira za pridobivanje karotenov.

Na osnovi podatkov pridelka užitnega tolščaka (kg/m²) (preglednica 5) in vsote α- in β-karotena (µg/g suhe snovi) (preglednica 12) smo iz enačbe (5) izračunali vsoto α- in β-karotena v svežem v vzorcu. Pri tem smo upoštevali, da užitni tolščak vsebuje 92 % vode in 8 % sušine. Iz enačbe (6) smo izračunali vsebnost α- in β-karotena izraženo v mg/kg sveže snovi in z enačbo (7) določili vsebnost α- in β-karotena v svežem vzorcu užitnega tolščaka v mg/m².

$$\Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SVS}) (\mu\text{g/g sveže snovi}) = \Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SS}) (\mu\text{g/g suhe snovi}) * K \quad \dots(5)$$

Σ (α + β karoten SVS) = vsota karotenov v svežih rastlinah užitnega tolščaka

Σ (α + β karoten SS) = vsota karotenov v liofiliziranih rastlinah užitnega tolščaka

K = % sušine v rastlinah užitnega tolščaka (0,08)

$$\Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SVS}) (\mu\text{g/g}) = \Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SVS}) (\text{mg/kg}) \quad \dots(6)$$

$$\Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SVS}) (\text{mg/m}^2) = \Sigma (\alpha + \beta \text{ karoten SVS}) (\text{mg/kg}) \times \text{pridelek užitnega tolščaka (kg/m}^2) \quad \dots(7)$$

3.2.1.5 Tokoferol

Za analizo α- in γ-tokoferola, smo uporabili HPLC metodo po Wildi in Lutz (1996). Ekstrakte za analizo α- in γ-tokoferola smo pripravili v laboratoriju Katedre za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani na enak način kot ekstrakte za analizo rastlinskih pigmentov.

Kromatografski pogoji :

- HPLC sistem: Spectra-Physics (črpalka P 4000 SpectraSystem, avtomatski vzorčevalnik AS 1000 SpectraSystem)
- detektor: fluorescenčni detektor SpectraSystem FL 2000
- kolona: Spherisorb ODS2 5U (250 mm x 4,6 mm, 5 µm)

- predkolona: Spherisorb ODS2 5U (50 mm x 4,6 mm, 5 µm)
- volumen injiciranja: 20 µL
- mobilna faza: metanol
- pretok mobilne faze: 1 mL/min
- T kolone: sobna temperatura
- T avtomatskega vzorčevalnika: 4 °C
- detekcija: ekscitacija 295 nm, emisija 325 nm
- čas analize: 30 min

Koncentracije α - in γ -tokoferola smo izračunali po metodi eksterne standarda. Uporabili smo standarde α - in γ -tokoferola proizvajalca Sigma. Opravili smo analizo treh paralelk, količino posameznih pigmentov smo podali v µg/g suhe snovi.

Na podlagi pridobljenih podatkov pridelka (v kg/m²) in vsebnosti tokoferolov (v µg/g suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotavljali tudi izkoristek obdelovalne površine na 1 m² za gojenje užitnega tolščaka kot vira za pridobivanje tokoferolov.

Na osnovi podatkov pridelka užitnega tolščaka (kg/m²) (preglednica 5) in vsote α - in γ -tokoferola (µg/g suhe snovi) (preglednica 13) smo z enačbo (8) izračunali vsoto α - in γ -tokoferola v svežem v vzorcu. Pri tem smo upoštevali, da užitni tolščak vsebuje 92 % vode in 8 % sušine. Iz enačbe (9) smo izračunali vsebnost α - in γ -tokoferola izraženo v mg/kg sveže snovi in z enačbo (10) določili vsebnost α - in γ -tokoferola v svežem vzorcu užitnega tolščaka v mg/m².

$$\Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS}) (\mu\text{g/g sveže snovi}) = \Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SS}) (\mu\text{g/g suhe snovi}) * K \quad \dots(8)$$

$\Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS})$ = vsota tokoferolov v svežih rastlinah užitnega tolščaka

$\Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SS})$ = vsota tokoferolov v liofiliziranih rastlinah užitnega tolščaka

K = % sušine v rastlinah užitnega tolščaka (0,08)

$$\Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS}) (\mu\text{g/g}) = \Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS}) (\text{mg/kg}) \quad \dots(9)$$

$$\Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS}) (\text{mg/m}^2) = \Sigma (\alpha + \gamma \text{ tokoferol SVS}) (\text{mg/kg}) \times \text{pridelek užitnega tolščaka} (\text{kg/m}^2) \quad \dots(10)$$

3.2.1.6 Statistična obdelava podatkov

Podatke smo tabelarično uredili v programu Microsoft Excel XP. Tako urejene podatke smo statistično obdelali z metodo analize variance (ANOVA). Poskus o vplivu dosvetljevanja z različnima svetilkama (LED in HPS) in gnojenja z različnima količinama dušika na vsebnost izbranih bioaktivnih komponent v rastlinah užitnega tolščaka, smo obravnavali kot split-plot dvofaktorski poskus, v štirih naključnih ponovitvah. Prvi (glavni) fiksni faktor 'dosvetljevanje' je imel dva nivoja in sicer dosvetljevanje z LED svetilko in HPS svetilko, drugi fiksni faktor (sub-faktor) 'gnojenje' je imel tudi dva nivoja in sicer 80 kg N/ha in 160 kg N/ha. Statistično analizo rezultatov smo naredili z analizo variance (ANOVA) pri 95 % stopnji zaupanja v programu Statgraphics Centurion XVI. Statistično značilne razlike med obravnavanji smo ugotavljali s pomočjo testa mnogoterih primerjav (Duncanov preizkus) z upoštevanim 5 % tveganjem. Rezultati meritev so prikazani v preglednicah kot povprečne vrednosti s \pm standardno napako. Statistično značilne razlike smo označili s črkami. Obravnavanja, označena z različnimi črkami, se statistično značilno razlikujejo (a, b - za vpliv gnojenja; A, B - za vpliv svetilke). Obravnavanja, pri katerih nismo ugotovili statistično značilne razlike, so označena z isto črko.

4 REZULTATI

Na podlagi rezultatov meritev odziva rastlin užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.) glede na vrsto svetilke, ki smo uporabili za dosvetljevanje rastlin in količino dodanega dušika smo ovrednotili količino pridelka in vsebnost izbranih bioaktivnih komponent.

4.1 PRIDELEK RASTLIN UŽITNEGA TOLŠČAKA GLEDE NA KOLIČINO GNOJENJA IN VRSTO SVETILKE

Statistična analiza je pokazala, da je sta imela oba glavna dejavnika (vrsta svetilke in gnojenje) značilen vpliv na količino pridelka rastlin. Interakcija vpliva vrste svetilke in količine dodanega dušika ni bila statistično značilna.

Iz preglednice 5 in iz slike 7 je razviden večji pridelek v primeru gnojenja rastlin s 160 kg N/ha pri obeh svetilkah ($1,17 \pm 0,05 \text{ kg/m}^2$ pri HPS svetilki in $1,53 \pm 0,08 \text{ kg/m}^2$ pri LED svetilki). Značilno več pridelka smo pri obeh količinah gnojenja ugotovili pri rastlinah, osvetljenih z LED svetilko ($1,53 \pm 0,08 \text{ kg/m}^2$ pri količini dušika 160 kg N/ha in $1,24 \pm 0,03 \text{ kg/m}^2$ pri količini dušika 80 kg N/ha).

Največji pridelek so dosegle rastline, ki so bile v času rasti dosvetljevane z LED svetilko in dognojene s 160 kg N/ha (v povprečju $1,53 \pm 0,08 \text{ kg/m}^2$), najmanjši pridelek pa so imele rastline pod HPS svetilko, ki so bile dognojene z 80 kg N/ha ($1,04 \pm 0,06 \text{ kg/m}^2$).

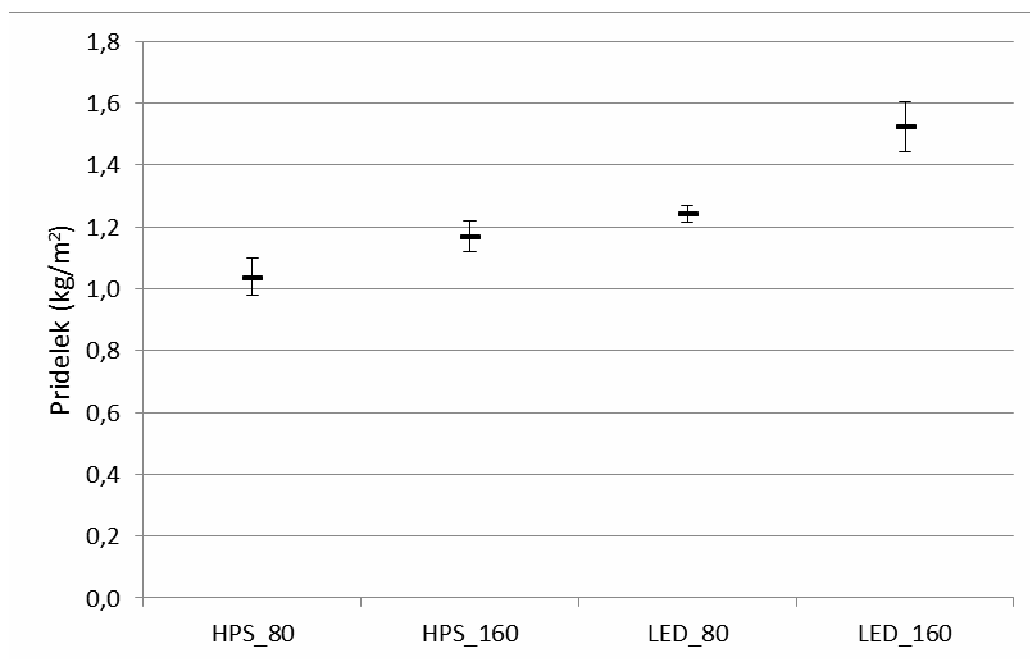
Preglednica 5: Povprečna masa rastlin užitnega tolščaka (kg/m^2) in njena standardna napaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 5: Average edible purslane weight (kg/m^2) and its standard error according to the amount and type of added nitrogen and exposure by different light type.

Svetilka/količina dušika	Pridelek rastlin (kg/m^2)	
	HPS	LED
80 kg N/ha	$1,04 \pm 0,06^{b,B}$	$1,24 \pm 0,03^{b,A}$
160 kg N/ha	$1,17 \pm 0,05^{a,B}$	$1,53 \pm 0,08^{a,A}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.



Slika 7: Pridelek užitnega tolščaka (kg/m²) (povprečje ± SN) dosvetljevanega z LED in HPS svetilko in gnojenega z 80 in 160 kg N/ha

Figure 7: The yield of edible purslane (kg/m²) (mean ± SD) under LED and HPS light and fertilized with 80 and 160 kg N/ha

4.2 VSEBNOST BIOAKTIVNIH KOMPONENT GLEDE NA KOLIČINO DUŠIKA IN VRSTO SVETILKE

4.2.1 Vsebnost skupnih fenolov (mg_{GA}/100 g)

Rezultati so pokazali, da interakcija med obravnavanima dejavnikoma (vrsta svetilke in količina dodanega dušika) ni bila statistično značilna.

Vrsta svetilke je statistično značilno vplivala na vsebnost skupnih fenolov v rastlinah užitnega tolščaka. Iz preglednice 6 je razvidno, da smo značilno večjo vsebnost skupnih fenolov ugotovili pri rastlinah pod HPS svetilko ne glede na gnojenje ($1,08 \pm 2,3$ mg_{GA}/100 g pri 80 kg N/ha in $109,8 \pm 11,5$ mg_{GA}/100 g pri 160 kg N/ha).

Različna količina gnojenja značilno ne vpliva na vsebnost skupnih fenolov v rastlinah užitnega tolščaka pri obeh svetilkah.

Preglednica 6: Vsebnost skupnih fenolov ($\text{mg}_{\text{GA}}/100 \text{ g}$) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 6: The total content of phenols ($\text{mg}_{\text{GA}}/100 \text{ g}$) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

Svetilka/količina dušika	Skupni fenoli ($\text{mg}_{\text{GA}}/100 \text{ g}$)	
	HPS	LED
80 kg N/ha	$108,1 \pm 23,0^{\text{a,A}}$	$97,8 \pm 18,2^{\text{a,B}}$
160 kg N/ha	$109,8 \pm 11,5^{\text{a,A}}$	$97,8 \pm 15,9^{\text{a,B}}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.

4.2.2 Skupni antioksidativni potencial

Rezultati analize vrednosti skupnega antioksidativnega potenciala v rastlinah užitnega tolščaka so pokazali, da interakcija med obravnavanima dejavnikoma ni bila statistično značilna. Ugotovili smo značilen vpliv vrste svetilke in gnojenja.

Kot je razvidno iz prikazanih rezultatov v preglednici 7 smo značilno večjo vrednost skupnega antioksidativnega potenciala ugotovili pri rastlinah pod HPS svetilko ($0,184 \pm 0,054 \text{ mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$ pri pri 80 kg N/ha in $0,151 \pm 0,017 \text{ mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$ pri pri 160 kg N/ha).

Značilno večja vrednost skupnega antioksidativnega potenciala je bila v primeru gnojenja rastlin z 80 kg N/ha ($0,184 \pm 0,054 \text{ mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$ pri rastlinah pod HPS svetilko in $0,155 \pm 0,030 \text{ mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$ pri rastlinah pod LED) (preglednica 7).

Preglednica 7: Vrednosti skupnega antioksidativnega potenciala, AOP ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino gnojenja z dušikom in vrsto svetilke.

Table 7: The value of total antioxidant potential, AOP ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

Svetilka/količina dušika	SKUPNI AOP ($\text{mmol}_{\text{DPPH}}/100 \text{ g}$)	
	HPS	LED
80 kg N/ha	$0,184 \pm 0,054^{\text{a,A}}$	$0,155 \pm 0,030^{\text{a,B}}$
160 kg N/ha	$0,151 \pm 0,017^{\text{b,A}}$	$0,147 \pm 0,017^{\text{b,B}}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.

4.2.3 Vsebnost maščobnih kislin

4.2.3.1 Vsebnost maščobnih kislin, izražena v mg/100 g rastlin užitnega tolščaka

Na podlagi statistične analize smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti različna količina dodanega dušika nimata značilnega vpliva na vsebnost posameznih maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka.

Iz preglednice 8 je razvidno, da užitni tolščak vsebuje več nenasičenih maščobnih kislin (α -linolenska in linolna kislina) v primerjavi z nasičenimi (palmitinska in stearinska maščobna kislina). Med izmerjenimi nenasičenimi maščobnimi kislinami je največ α -linolenske kisline (od $9,9 \pm 3,0$ mg/100 g do $11,8 \pm 4,5$ mg/100 g) in linolne kisline (od $2,8 \pm 0,7$ mg/100 g do $6,2 \pm 0,3$ mg/100 g). Rezultati prikazujejo tudi, da rastline užitnega tolščaka vsebujejo najmanj stearinske kisline (od $0,8 \pm 0,3$ mg/100 g do $1,3 \pm 2,5$ mg/100 g).

Preglednica 8: Vsebnost maščobnih kislin (mg/100 g) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 8: The value of fatty acids (mg/100 g) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

Svetilka/količina dušika	Palmitinska kislina (mg/100g)		Stearinska kislina (mg/100g)		Linolna kislina (mg/100g)		α -linolenska kislina (mg/100g)	
	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED
80 kg N/ha	$3,1 \pm 0,7^{a,A}$	$2,8 \pm 0,4^{a,A}$	$1,3 \pm 2,5^{a,A}$	$0,8 \pm 0,3^{a,A}$	$6,2 \pm 0,3^{a,A}$	$3,7 \pm 0,2^{a,A}$	$11,8 \pm 4,5^{a,A}$	$10,5 \pm 2,7^{a,A}$
160 kg N/ha	$2,8 \pm 0,8^{a,A}$	$2,8 \pm 0,7^{a,A}$	$0,8 \pm 0,7^{a,A}$	$1,1 \pm 0,9^{a,A}$	$2,8 \pm 0,6^{a,A}$	$4,7 \pm 0,5^{a,A}$	$9,9 \pm 3,0^{a,A}$	$10,4 \pm 3,5^{a,A}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.

Palmitinska kislina

Med nasičenimi maščobnimi rastlinami se nakazuje trend večje vsebnosti palmitinske kisline pri rastlinah, ki so bile med rastjo izpostavljene HPS svetilki in gnojene z 80 kg N/ha ($3,1 \pm 0,7$ mg/100 g) glede na rastline, ki so bile gnojene s 160 kg N/ha ($2,8 \pm 0,8$ mg/100 g).

Stearinska kislina

Pri rastlinah pod HPS svetilko rezultati prikazujejo trend večje vsebnosti stearinske kisline pri rastlinah, ki so bile gnojene z 80 kg N/ha ($1,3 \pm 2,5$ mg/100 g), glede na rastline, ki so

bile gnojene s 160 kg N/ha ($0,8 \pm 0,7$ mg/100 g). Obratno prikazujejo rezultati vsebnosti stearinske kisline v rastlinah pod LED svetilko – viden je trend večje vsebnosti stearinske kisline pri rastlinah, ki so bile gnojene s 160 kg N/ha ($1,1 \pm 0,9$ mg/100 g) glede na rastline, ki smo jih pognojili z 80 kg N/ha ($0,8 \pm 0,3$ mg/100 g).

Linolna kislina

Pri rastlinah pod HPS svetilko smo opazili trend povečane vsebnosti linolne kisline, v primeru dodanega odmerka 80 kg N/ha ($6,2 \pm 0,3$ mg/100 g) glede na odmerek 160 kg N/ha ($2,8 \pm 0,6$ mg/100 g). Pri rastlinah pod LED svetilko pa smo opazili trend povečane vsebnosti linolne kisline v primeru dodanega odmerka 160 kg N/ha ($4,7 \pm 0,5$ mg/100 g) glede na odmerek 80 kg N/ha ($3,7 \pm 0,2$ mg/100 g).

α -linolenska kislina

Rezultati prikazujejo trend večje vsebnosti α -linolenske kisline pri rastlinah, ki so bile gnojene z 80 kg N/ha ($11,8 \pm 4,5$ mg/100 g pri rastlinah pod HPS in $10,5 \pm 2,7$ mg/100 g pri rastlinah pod LED) v primerjavi z rastlinami, ki so bile gnojene s 160 kg N/ha ($9,9 \pm 3,0$ mg/100 g pri rastlinah pod HPS in $10,4 \pm 3,5$ mg/100 g pri rastlinah pod LED svetilko).

4.2.3.2 Vsebnost maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka izražene kot utežni odstotek glede na vsoto vseh analiziranih maščobnih kislin

Na podlagi analize rezultatov utežnega odstotka glede na vsoto vseh analiziranih maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka je razvidna tendenca večjega odstotka nenasičenih maščobnih kislin, predvsem α -linolenske kisline, katere odstotek je od $57,7 \pm 12,8$ % do $60,9 \pm 6,2$ %. Najmanjši pa je odstotek stearinske kisline (od $4,6 \pm 1,7$ % do $4,8 \pm 2,9$ %).

Preglednica 9: Utežni odstotek maščobnih kislin glede na vsoto vseh analiziranih (%) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 9: The percentage by weight of fatty acids based on the sum of all analysed (%) in edible purslane plants according to the amount of added nitrogen and the light type.

%	Palmitinska kislina		Stearinska kislina		Linolna kislina		α -linolenska kislina	
	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED
80 kg N/ha	15,5±3,4 ^{b,A}	16,5±2,7 ^{a,A}	4,6±2,8 ^{a,A}	4,6±1,7 ^{a,A}	22,2±14,5 ^{a,A}	18,0±8,0 ^{a,A}	57,7±12,8 ^{a,A}	60,9±6,2 ^{a,A}
160 kg N/ha	17,4±2,6 ^{a,A}	16,8±3,2 ^{a,A}	4,8±2,9 ^{a,A}	4,8±2,7 ^{a,A}	17,5±4,0 ^{a,A}	18,9±9,7 ^{a,A}	60,3±5,2 ^{a,A}	59,5±9,5 ^{a,A}

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke a, b glede na količino dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke

Iz prikazanih rezultatov v preglednici 9 je razvidno, da se odstotek palmitinske kisline v rastlinah užitnega tolščaka dosvetljenih s HPS svetilko statistično značilno razlikuje glede na količino dodanega dušika. Rastline, ki so bile med rastjo gnojene s 160 kg N/ha so imele statistično značilno večji odstotek palmitinske kisline ($17,4 \pm 2,6$ %) v primerjavi z rastlinami, ki so bile gnojene z enojnim odmerkom dušika (80 kg N/ha) ($15,5 \pm 3,4$ %).

Vrsta svetilke ni imela značilnega vpliva na vsebnost palmitinske kisline v rastlinah užitnega tolščaka.

Pri analizi utežnega odstotka stearinske kisline v rastlinah užitnega tolščaka rezultati prikazujejo tendenco večjega odstotka pri rastlinah, ki smo jih gnojili s 160 kg N/ha, pri obeh vrstah svetilk ($4,8 \pm 2,9$ % pri HPS svetilki in $4,8 \pm 2,7$ % pri LED svetilki), glede na rastline, gnojene z 80 kg N/ha ($4,6 \pm 2,8$ % pri HPS svetilki in $4,6 \pm 1,7$ % pri LED svetilki).

Rezultati prikazujejo tendenco največjega utežnega odstotka linolne kisline pri rastlinah tolščaka pod HPS svetilko, ki smo jih gnojili z 80 kg N/ha ($22,2 \pm 14,5$ %).

Pri analizi utežnega odstotka α -linolenske kisline v rastlinah užitnega tolščaka rezultati prikazujejo tendenco večjega odstotka pri rastlinah pod LED svetilko ($60,9 \pm 6,2$ pri 80 kg N/ha in $59,5 \pm 9,5$ pri 160 kg N/ha) v primerjavi s HPS svetilko ($57,7 \pm 12,8$ pri 80 kg N/ha in $60,3 \pm 5,2$ pri 160 kg N/ha).

4.2.4 Vsebnost karotenoidov

Na podlagi statistične analize smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti različna količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva na vsebnost posameznih karotenoidov v rastlinah užitnega tolščaka.

4.2.4.1 Vsebnost ksantofilov

Iz preglednice 10 je razvidno, da užitni tolščak v povprečju vsebuje največ luteina (od 500 ± 100 do 583 ± 67 $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) in najmanj anteraksantina (od 57 ± 21 do 69 ± 17 $\mu\text{g/g}$ suhe snovi).

Preglednica 30: Vsebnost ksantofilov (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 10: The value of xanthophylls ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

Svetilka/količina dušika	Neoksantin		Violaksantin		Anteraksantin		Lutein		Zeaksantin	
	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED	HPS	LED
80 kg N/ha	189±11 ^{a,A}	175±39 ^{a,A}	467±70 ^{a,A}	431±102 ^{a,A}	64±8 ^{a,A}	70±17 ^{a,A}	552±121 ^{a,A}	583±67 ^{a,A}	85±21 ^{a,A}	98±28 ^{a,A}
160 kg N/ha	163±35 ^{a,A}	175±19 ^{a,A}	382±144 ^{a,A}	418±72 ^{a,A}	66±10 ^{a,A}	57±21 ^{a,A}	500±100 ^{a,A}	541±57 ^{a,A}	101±17 ^{a,A}	95±29 ^{a,A}

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.

Iz preglednice 10 je razvidno, da so imele rastline užitnega tolščaka, ki so bile izpostavljene nižjemu odmerku dušika (80 kg/ha) v povprečju večje vsebnosti ksantofilov, vendar razlike niso značilne.

Vsebnost pigmentov neoksantina, violaksantina in zeaksantina je bila v povprečju večja pri rastlinah, ki so bile med rastjo osvetljene s HPS svetilko, vsebnost pigmentov anteraksantin in lutein pa pri skupini rastlin pod LED svetilko. Omenjena razlika ni statistično značilna.

Neoksantin

Tendenco največje vsebnosti neoksantina smo zabeležili pri rastlinah pod HPS svetilko, ki so bile gnojene z 80 kg N/ha (189 ± 11 $\mu\text{g/g}$ suhe mase), vendar razlika ni statistično značilna.

Violaksantin

Tendenco največje vsebnosti violaksantina smo zabeležili pri rastlinah, izpod obeh svetilk, ki so bile gnojene z 80 kg N/ha (rastline pod HPS svetilko 467 ± 70 µg/g suhe mase, rastline pod LED svetilko pa 431 ± 102 µg/g suhe mase) glede na rastline, ki smo jih gnojili s 160 kg N/ha (382 ± 144 µg/g suhe mase pod HPS svetilko in 418 ± 72 µg/g suhe mase pod LED svetilko), vendar razlika ni statistično značilna.

Anteraksantin

Rezultati nakazujejo trend največje vsebnosti anteraksantina pri rastlinah, ki so bile tekom rasti izpostavljene LED svetilki in 80 kg N/ha (70 ± 17 µg/g suhe mase) in trend najnižje vsebnosti pri rastlinah pod isto svetilko, vendar izpostavljenih 160 kg N/ha (57 ± 21 µg/g suhe mase). Omenjena razlika ni statistično značilna.

Lutein

Tendenco največje vsebnosti luteina smo zabeležili pri rastlinah, izpod obeh svetilk, ki so bile gnojene z 80 kg N/ha (rastline pod LED svetilko 583 ± 67 µg/g suhe mase; pod HPS svetilko pa 552 ± 121 µg/g suhe mase) glede na rastline, ki smo jih gnojili s 160 kg N/ha (541 ± 57 µg/g suhe mase pod LED svetilko in 500 ± 100 µg/g suhe mase pod HPS svetilko), vendar razlika ni statistično značilna.

Zeaksantin

Rezultati nakazujejo trend največje vsebnosti zeaksantina pri rastlinah, ki so bile tekom rasti izpostavljene HPS svetilki in 160 kg N/ha (101 ± 17 µg/g suhe mase) in trend najnižje vsebnosti zeaksantina pri rastlinah pod isto svetilko, vendar izpostavljene 80 kg N/ha (85 ± 21 µg/g suhe mase), vendar razlika ni statistično značilna.

4.2.4.2 Vsebnost klorofilov

Rezultati analize vsebnosti klorofila a in klorofila b v rastlinah užitnega tolščaka so pokazali, da interakcija med obravnavanima dejavnikoma ni bila statistično značilna.

Količina dodanega dušika je imela značilen vpliv na vsebnost klorofila a. Iz preglednice 11 je razvidno, da imajo rastline užitnega tolščaka, gnojene z 80 kg N/ha, ne glede na vrsto svetilke, statistično značilno večjo vsebnost klorofila a ($4,05 \pm 0,56$ mg/g suhe mase pri HPS svetilki in $3,52 \pm 0,53$ mg/g suhe mase pri LED svetilki) v primerjavi s 160 kg N/ha.

Pri analizi vsebnosti klorofila b smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva.

Preglednica 41: Vsebnost klorofila a in b (v mg/g suhe mase) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 11: The value of chlorophyll a and b (mg/g dry weight) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

mg/g suhe snovi	Klorofil a		Klorofil b	
	HPS	LED	HPS	LED
Vrsta svetilke/količina dušika				
80 kg N/ha	$4,05 \pm 0,56^{a,A}$	$3,52 \pm 0,53^{a,A}$	$1,93 \pm 0,97^{a,A}$	$1,67 \pm 0,32^{a,A}$
160 kg N/ha	$3,62 \pm 0,63^{b,A}$	$3,36 \pm 0,27^{b,A}$	$1,6 \pm 0,37^{a,A}$	$1,69 \pm 0,185^{a,A}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$), imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke

4.2.4.3 Vsebnost karotenov

Rezultati analize vsebnosti α - in β -karotena v rastlinah užitnega tolščaka so pokazali, da interakcija med obravnavanima dejavnikoma ni bila statistično značilna.

Pri analizi vsebnosti α -karotena smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva.

Rezultati so pokazali, da na vsebnost β -karotena v rastlinah tolščaka značilno vpliva le vrsta svetilke. Iz preglednice 12 je razvidno, da osvetljevanje z LED svetilko vpliva na v povprečju večjo vsebnost β -karotena ($557,5 \pm 82,0$ μ g/g suhe mase pri 80 kg N/ha in $515,0 \pm 44,5$ μ g/g suhe mase pri 160 kg N/ha) glede na HPS svetilko.

Preglednica 52: Vsebnost α - in β -karotena (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 12: The value of α - and β -caroten ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

$\mu\text{g/g}$ suhe snovi	α -karoten		β -karoten	
	HPS	LED	HPS	LED
Vrsta svetilke/količina dušika				
80 kg N/ha	$5,8 \pm 0,9^{a,A}$	$5,3 \pm 2,3^{a,A}$	$576,4 \pm 48,2^{a,A}$	$557,5 \pm 82,0^{a,B}$
160 kg N/ha	$4,5 \pm 2,7^{a,A}$	$4,6 \pm 2,0^{a,A}$	$489,8 \pm 97,4^{a,B}$	$515,0 \pm 44,5^{a,A}$

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$), imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke.

Na podlagi pridobljenih podatkov pridelka (v kg/m^2) (preglednica 5) in vsebnosti karotenov (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) (preglednica 12) v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotavljali tudi izkoristek obdelovalne površine na 1 m^2 za gojenje užitnega tolščaka kot vira za pridobivanje karotenov. Ugotovili smo, da je vsebnost karotenov na površini 1 m^2 najvišja pri rastlinah užitnega tolščaka pod LED svetilko ($54,0 \text{ mg/m}^2$ pri rastlinah gnojenih z odmerkom 80 kg N/ha in $62,4 \text{ mg/m}^2$ pri rastlinah gnojenih z odmerkom 160 kg N/ha) v primerjavi z rastlinami pod HPS svetilko ($46,6 \text{ mg/m}^2$ pri rastlinah gnojenih z odmerkom 80 kg N/ha in $47,4 \text{ mg/m}^2$ pri rastlinah gnojenih z odmerkom 160 kg N/ha).

4.2.5 Vsebnost α - in γ -tokoferola

Pri analizi vsebnosti α -tokoferola smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti različna količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva.

Rezultati so pokazali, da le vrsta svetilke statistično značilno vpliva na vsebnost γ -tokoferola v rastlinah užitnega tolščaka. Iz preglednice 13 je razvidno, da LED svetilka statistično značilno vpliva na v povprečju večjo vsebnost γ -tokoferola pri obeh koncentracijah dodanega dušika ($10,6 \pm 6,8 \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 80 kg N/ha in $6,1 \pm 5,0 \mu\text{g/g}$ suhe mase pri 160 kg N/ha).

Statistično značilno najvišjo vsebnost γ -tokoferola so imele rastline tolščaka pod svetilko LED s količino dušika 80 kg N/ha ($10,6 \pm 6,8 \mu\text{g/g}$ suhe mase).

Preglednica 63: Vsebnost α - in γ -tokoferola (v $\mu\text{g/g}$ suhe mase) v rastlinah užitnega tolščaka glede na količino dodanega dušika in vrsto svetilke.

Table 13: The value of α - in γ -tocopherol ($\mu\text{g/g}$ dry weight) in edible purslane plants according to amount of added nitrogen and exposure by different light type.

$\mu\text{g/g}$ suhe mase	α -tokoferol		γ -tokoferol	
	HPS	LED	HPS	LED
Vrsta svetilke/količina dušika				
80 kg N/ha	311,1 \pm 37,1 ^{a,A}	334,5 \pm 76,8 ^{a,A}	9,7 \pm 3,7 ^{a,B}	10,6 \pm 6,8 ^{a,A}
160 kg N/ha	274,5 \pm 58,4 ^{a,A}	299,3 \pm 84,2 ^{a,A}	6,5 \pm 3,9 ^{a,A}	6,1 \pm 5,0 ^{a,B}

HPS - osvetlitev s HPS svetilko; LED - osvetlitev z LED svetilko;

Skupine, ki se med seboj statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$) imajo v indeksu znotraj polja v preglednici različne črke – a, b za vpliv količine dodanega dušika in A,B za vpliv svetilke

Na podlagi pridobljenih podatkov pridelka (v kg/m^2) in vsebnosti tokoferolov (v $\mu\text{g/g}$ suhe snovi) v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotavljali tudi izkoristek obdelovalne površine 1 m^2 za gojenje užitnega tolščaka kot vira za pridobivanje tokoferolov. Ugotovili smo, da je vsebnost tokoferolov na površini 1 m^2 najvišja pri rastlinah užitnega tolščaka pod LED svetilko (33,12 mg/m^2 pri rastlinah gnojenih z odmerkom 80 kg N/ha in 36,6 mg/m^2 pri rastlinah gnojenih z odmerkom 160 kg N/ha) v primerjavi z rastlinami, gnojenimi pod HPS svetilko (25,7 mg/m^2 pri rastlinah gnojenih z odmerkom 80 kg N/ha in 27 mg/m^2 pri rastlinah gnojenih z odmerkom 160 kg N/ha).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Bioaktivne komponente (kot so fenolne spojine, maščobne kisline in vitamini) imajo pozitivne učinke na naše zdravje in dobro počutje (Kreft in sod., 2000). Na vsebnost bioaktivnih komponent vplivajo poleg genetskih dejavnikov tudi okoljski dejavniki, ki jih lahko v času razvoja in rasti rastlin bolj ali manj uspešno nadzorujemo. Danes se vse več listnatih zelenjadnic prideluje v zavarovanih prostorih, kjer lahko med ostalimi ravnimi razmerami nadzorujemo in prilagajamo tudi osvetlitev. Študija osvetlitve v zavarovanih prostorih (Darko in sod., 2014) ugotavlja, da LED tehnologija omogoča boljši izkoristek fotosinteze. Kostić in sod. (1991) navajajo tudi vpliv količine gnojil na maso rastlin in vsebnost bioaktivnih komponent v pridelku.

Namen magistrske naloge je bil določiti količino pridelka in vsebnost bioaktivnih komponent (fenolnih spojin, maščobnih kislin, pigmentov, tokoferola, skupnega antioksidativnega potenciala) v rastlinah užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.). Užitni tolščak je manj poznana rastlina za pridelavo rezane zelenjave in se v kulinariki uporablja kot sveža začimba. Zanimalo nas je, kako se pri gojenju v zimsko spomladanskem obdobju rastline odzovejo na različno vrsto osvetlitve (HPS in LED svetilko) in različno količino dodanega dušika (80 in 160 kg N/ha). Za LED svetilko so bile značilni maksimumi sevane svetlobe pri valovnih dolžinah 450, 640 in 660 nm z jakostjo osvetlitve na razdalji 170 cm $41 \mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ in za HPS svetilko pa interval valovnih dolžin med 570 in 620 nm z jakostjo osvetlitve $17 \mu\text{mol}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$.

5.1.1 Vpliv svetlobe in gnojenja na količino pridelka

Analiza količine pridelka rastlin užitnega tolščaka je pokazala, da je sta imela oba glavna dejavnika (vrsta svetilke in gnojenje) značilen vpliv na količino pridelka rastlin. Največji pridelek so dosegle rastline, ki so bile v času rasti dosvetljevane z LED svetilko in dognojene s 160 kg N/ha, najmanjši pridelek pa so imele rastline pod HPS svetilko, ki so bile dognojene z 80 kg N/ha. Rezultati naše raziskave potrjujejo ugotovitve o pozitivnem vplivu dosvetljevanja z LED svetilko na nadzemni del rastlin, ki jih v svoji nalogi navaja

Bučinel (2011). Primerjali so LED in HPS svetilki in ugotovili, da so imele rastline solate pod LED svetilko večjo nadzemno maso, razvile so večjo listno površino, imele so boljše razvit koreninski sistem, ki je bil močnejše vraščen v koreninsko grudo v primerjavi z rastlinami, ki so bile dosvetljevane s HPS svetilko. Pod LED svetilko so imele rastline že na oko vidno intenzivnejšo zeleno barvo, kar nakazuje višjo vsebnost klorofila v listih in s tem boljši izkoristek fotosinteze.

Tudi Lu in sod. (2012) poročajo o pozitivnem učinku dosvetljevanja z LED svetilko na rast in razvoj paradižnika, kar se je odrazilo v povečanem pridelku za 12-14 %. Avtorji navajajo, da je za večji pridelek paradižnika odgovorna predvsem rdeča in zelena svetloba. Ménard in sod. (2005) navajajo, da je za povečanje biomase in končnega pridelka paradižnika ter kumaric predvsem pomembno dosvetljevanje rastlin z modro svetlobo. Tudi Shimokawa in sod. (2014) poročajo o pozitivnem učinku LED osvetlitve na rast solate. Ugotovili so do dvakrat večji pridelek solate pri 12 urni izmenjujoči se osvetlitvi z modro in rdečo svetlobo glede na dosvetljevanje s HPS svetilko. Pozitivni vpliv izmenične rdeče-modre osvetlitve na pospešeno rast še ni povsem razjasnjen. Znano je, da sta rdeča svetloba valovnih dolžin okrog 680 nm in modra svetloba valovnih dolžin okrog 435 nm pomembni za rastline, saj imajo klorofilne molekule absorpcijski maksimum prav v tem spektralnem območju. Modra in rdeča svetloba delujeta na rast in razvoj rastlin preko fotoreceptorskih proteinov, kot so fitokrom, kriptokrom in fototropin. Fitokrom se pojavlja v rastlinah v dveh oblikah, kot receptor kratkovalovne rdeče svetlobe (666 nm) (neaktivna oblika), ki z aktivacijo signalne poti preko povratne pretvorbe v aktivno obliko fitokroma (ki absorbira dolgovalovno rdeče sevanje med 710-740 nm), nadzoruje kalitev in produkcijo semen, razbarvanje, prilagoditve na vegetacijsko senco in cvetenje. Fotoreceptorji modre svetlobe (kriptokrom, fototropin in zeaksantin) pa nadzirajo izdolževanje hipokotila, odpiranje in zapiranje listnih rež, rotacijo kloroplastov in pozicijo listov ter razvoj cvetov (Taiz and Zeiger, 2010). Pozitiven vpliv izmenjajoče rdeče in modre svetlobe na povečano rast solate ugotavljajo tudi Shimokawa in sod. (2014), ki navajajo, da je za bolj učinkovito rast in večji pridelek zaslužna interakcija rdeče in modre svetlobe.

Dušik je makrohranilo, ki vpliva na rast in razvoj rastlin, saj je sestavni element organskih molekul, kot so beljakovine, nukleinske kisline, klorofil in rastni hormoni (Leskošek, 1993). Vpliv različnih količin in oblik dušikovih gnojil na količino in kakovost pridelka užitnega tolščaka je proučeval tudi Kaymak (2013) in ugotovil, da oblika dušika v gnojilu značilno vpliva na količino pridelka. Gnojenje z amonijevim nitratom je značilno povečalo pridelek užitnega tolščaka glede na druge oblike dušikovih gnojil, kot so urea, KAN in amonijev sulfat. Vural in sod. (2000) (cit. po Kaymak, 2013) poroča, da je končni pridelek tolščaka odvisen tudi od kakovosti semena, rastnih razmer in načina varstva rastlin pred škodljivimi organizmi. Bavec (1997) navaja pomen dušika v življenjskih procesih rastline, ki v primeru slabe dostopnosti ali premajhne količine zavirajo rast in razvoj gojenih rastlin. Roškar (2013) v poskusu, ki je bil zasnovan z namenom ugotavljanja vpliva gnojenja na pridelek lanu, navaja, da večji odmerek gnojila (in ugodne rastne razmere v interakciji z rokom setve in spravila) statistično značilno vpliva na pridelek lanu. Pridelek je bil na dognojenih parcelah v povprečju za 17 % večji glede na negnojene kontrolne parcele. Podobno ugotavljajo tudi Butorac in sod. (2010), ki navajajo večji pridelek lanu v dognojenih tleh v primerjavi z negnojenimi. Ugotavljajo pa tudi korelacijo med obliko gnojil in vrsto uporabljenega substrata.

Rezultati našega poskusa potrjujejo ugotovitve predhodnih študij, saj smo v naši raziskavi zabeležili značilno največji pridelek pri rastlinah pod LED svetilko in povečani količini dodanega dušika. Predvidevamo, da je zaradi večje stimulacije rasti pod LED svetilko bil tudi izkoristek dodanega dušika boljši glede na dosvetljevanje s HPS, kar je domnevno pospešilo rast in razvoj rastlin in s tem povečalo končni pridelek užitnega tolščaka. Za celovitejši in natančnejši odgovor bi bilo potrebno s pomočjo meritve fotosintetske aktivnosti spremljati fiziološki odziv rastlin na dosvetljevanje in gnojenje.

5.1.2 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost skupnih fenolov

Na osnovi rezultatov laboratorijskih analiz ugotavljamo, da na vsebnost skupnih fenolov značilno vpliva vrsta svetilke za dosvetljevanje, medtem ko količina dodanega dušika statistično značilno ne vpliva. Do podobnih ugotovitev o neznačilnem vplivu dodanega dušika na vsebnost skupnih fenolov v pridelku rastlin poročajo tudi Riahi in Hdider (2013),

ter Samuoliené in sod. (2013), ki so proučevali vpliv različnih količin in načinov gnojenja na vsebnost biokomponent v pridelku paradižnika.

Swanson (1993) navaja fenolne spojine kot stresne metabolite, saj se sintetizirajo v za rastlino stresnih razmerah, kot so med drugim neustrezna jakost in spekter svetlobe ter temperatura. Tudi Abram in Simčič (1997) navajata, da so fenoli pomembni za zaščito pred zunanjimi stresnimi dejavniki rastlin. Naše rezultate o večji vsebnosti skupnih fenolov v rastlinah, ki so bile gojene pod HPS svetilko, lahko razložimo z ugotovitvami Bučinela (2011), ki ugotavlja, da so HPS svetilke manj primerne za dosvetljevanje rastlin, saj ogrevajo okolico in s tem prispevajo k manjši relativni vlažnosti zraka, kar poveča potrebo rastlin po vodi in s tem ustvarja za rastlino stresne razmere v času rasti.

Samuoliené in sod. (2013) v študiji nadalje ugotavljajo pomembnost valovne dolžine LED osvetlitve kot dejavnik, ki stimulira sintezo različnih sekundarnih metabolitov. Navajajo oranžno osvetlitev kot najprimernejšo osvetlitev za sintezo fenolnih spojin v listih solate. Dodatek LED oranžnih diod k HPS razsvetljavi v času rasti rastlin solate pa ni vplivala na povečanje vsebnosti fenolnih spojin v listih. Darko in sod. (2014) so s študijo dokazali široko uporabnost LED svetlobe za rast in razvoj fotosintetsko aktivnih delov rastlin. Navajajo, da lahko s spremembo jakosti sevanja in valovne dolžine pri LED osvetlitvi pomembno vplivamo na metabolizem rastlin, kar posledično vpliva na povečano kakovost rastlinske hrane z visoko vsebnostjo hranilnih snovi.

Pozitivni učinki z LED osvetlitvijo se kažejo tudi v poobiralnem obdobju in sicer v času skladiščenja pridelka, ki ga v naši raziskavi sicer nismo proučevali. V študiji so Kim in sod. (2011) ugotovili, da se je vsebnost skupnih fenolov po 4 dneh skladiščenja jagod pod LED osvetlitvijo povečala za kar 12 % v primerjavi s kontrolnim vzorcem. Podrobneje ugotavljajo, da je za povečanje vsebnosti skupnih fenolov ob skladiščenju pridelka jagod najprimernejša LED dioda valovne dolžine 470 nm.

5.1.3 Vpliv svetlobe in gnojenja na antioksidativni potencial

Na osnovi rezultatov naše raziskave ugotavljamo statistično značilne razlike vrednosti skupnega antioksidativnega potenciala v rastlinah tolščaka glede na vrsto svetilke in

količino dodanega dušika. Nižji odmerek dušika in HPS svetilka statistično značilno vplivata na višjo vrednost skupnega antioksidativnega potenciala v rastlinah tolščaka.

Antioksidativni potencial rastlin je lahko v korelaciji z vsebnostjo skupnih fenolov – to pomeni, da je antioksidativni potencial večji, kolikor več vsebuje rastlina skupnih fenolov. Poleg fenolnih spojin vsebujejo rastline tudi druge antioksidante kot so vitamini C in provitamini vitamina A, ki vplivajo na antioksidativni potencial, vendar v manjši meri kakor fenoli (Skog in Chu, 2003). Na vsebnost fenolnih spojin v pridelku radiča pa vpliva tudi količina in oblika dodanega dušika (Sinkovič in sod., 2015). Brandt in Molgaard (2001) navajata, da manjša količina dušika v tleh v rastlini spodbudi sintezo celuloze, škroba in sekundarnih metabolitov. Poleg tega je skupni antioksidativni potencial živila odvisen tudi od več drugih dejavnikov, kot so agrotehnični ukrepi kot pedoklimatske razmere ter ukrepi po obiranju (Hribar in Simčič, 2000). Navedeno potrjuje ugotovitve naše raziskave.

5.1.4 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost maščobnih kislin

Rezultati vsebnosti maščobnih kislin v našem poskusu so pokazali visoko vsebnost polinenasičenih maščobnih kislin (α -linolenske kisline in linolne kisline) in nizko vsebnosti nasičenih maščobnih kislin (palmitinske kisline in stearinske kisline) v rastlinah užitnega tolščaka. Ugotavljamo, da je tolščak odličen vir zdravju koristnih polinenasičenih maščobnih kislin, predvsem α -linolenske kisline, ki jo tudi v našem primeru užiti tolščak vsebuje največ (57–60 %).

Tudi Uddin in sod. (2014) opisujejo užiti tolščak kot enega najbogatejših virov α -linolenske kisline, ki je kot polinenasičena maščobna kislina bistvenega pomena za človeško zdravje, saj preprečuje številne bolezni srca in ožilja ter vpliva na vzdrževanje zdravega imunskega sistema. V študiji ugotavljajo, da ima tolščak 5-krat višjo vsebnost α -linolenske kisline kot npr. špinača.

Vsebnost maščobnih kislin v vrtninah je različna in odvisna od rastlinske vrste, kakor tudi okoljskih dejavnikov, predvsem svetlobe in hranil. Sinkovič in sod. (2015) v študiji o vplivu vrste gnojila na maščobno kislinsko sestavo radiča ugotavljajo značilen vpliv

gnojenja z organskimi gnojili na vsebnost posameznih maščobnih kislin ter skupnih maščob v rastlinah radiča. Rastline radiča, ki so bile v študiji gnojene z dodatkom organskega gnojila, so imele višjo vsebnost maščobnih kislin, predvsem α -linolenske kisline (od 48 do 63 % glede na sorto) in linolne kisline (od 16 do 30 % glede na sorto radiča) glede na rastline, ki so bile gnojene z mineralnimi gnojili.

Palainswamy in sod. (2000) so ugotovili, da z dodajanjem nitrata in amonijske oblike dušika v gnojilih vplivamo na vsebnost maščobnih kislin v rastlinah. V študiji navajajo, da manjši delež nitrata v gnojilu poveča vsebnost α -linolenske kisline v listih užitnega tolščaka. Rastline užitnega tolščaka, ki so bile gnojene z gnojilom v razmerju $\text{NO}_3\text{-N:NH}_4\text{-N}=0,5:0,5$, so imele enkrat večjo vsebnost α -linolenske kisline v primerjavi z listi rastlin, ki so bile gnojene z gnojilom v razmerju $\text{NO}_3\text{-N:NH}_4\text{-N}=0,75:0,25$ oziroma $\text{NO}_3\text{-N:NH}_4\text{-N}=1:0$.

Palainswamy in sod. (2001) so ugotavljali vpliv časa dosvetljevanja na vsebnost omega-3 maščobnih kislin v tolščaku. Ugotovili so, da 8-12 urno dosvetljevanje poveča sintezo α -linolenske kisline, klorofila in proteinov.

V našem poskusu ugotavljamo podobno kakor navedbe predhodnih študij. Ugotavljamo sicer, da niti vrsta svetilke niti različna količina dodanega dušika nimata značilnega vpliva na vsebnost posameznih maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka, vendar smo opazili trend večje vsebnosti nenasičenih maščobnih kislin (α -linolenske kisline in linolne kisline) pri rastlinah pod LED svetilko in količini gnojila 160 kg N/ha ter večje vsebnosti nasičenih maščobnih kislin (palmitinske kisline in stearinske kisline) pri rastlinah pod HPS svetilko in količini gnojenja 80 kg N/ha.

5.1.5 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost ksantofilov

Rezultati opravljenega poskusa niso pokazali statistično značilnega vpliva vrste svetilke in količine dodanega dušika na vsebnost ksantofilov v rastlinah užitnega tolščaka. Opazili smo le trend povečanja nekaterih barvil glede na količino dodanega dušika. Pri gnojenju z 80 kg N/ha je bila vsebnost neoksantina, violaksantina, anteraksantina in luteina večja v primerjavi z vsebnostjo v rastlinah gnojenih s 160 kg N/ha pri obeh vrstah svetilk.

Šircelj (2008) navaja, da je ena izmed pomembnejših vlog karotenoidov preprečevanje tvorbe oziroma odstranjevanje že nastalih škodljivih molekul, ki so posledica delovanja stresa na rastlino. Navaja, da je delež posameznega karotenoida odvisen od svetlobnih razmer, sinteza in posledično sestava karotenoidov pa se lahko spreminja tudi pod vplivom drugih okoljskih dejavnikov. Navaja tudi povečanje vsebnosti karotenoidov kot način prilagoditvene strategije rastline na stres, zato domnevamo, da je večja vsebnost ksantofilov v rastlinah užitnega tolščaka posledica vključitve obrambnega mehanizma rastline, ki se vključi v manj ustreznih rastihih razmerah - v našem primeru pri manjši količini dodanega dušika. O podobnih ugotovitvah poročajo tudi Demmig-Adams in Adams (1996), ki pripisujejo povečanje vsebnosti ksantofilov kot odraz prilagoditve rastlin na stresne razmere.

V našem poskusu nismo ugotovili statistično značilnih razlik v vsebnosti posameznih ksantofilov v rastlini užitnega tolščaka. Opazili smo le tendenco večje vsebnosti neoksantina in violaksantina pri HPS osvetlitvi in količini gnojenja 80 kg N/ha. Tudi Bučinel (2011) v nalogi ugotavlja, da so HPS svetilke za rastlino manj primerne, predvsem zaradi visokega segrevanja okolice, ki povzroči zmanjšanje relativne zračne vlage in s tem povezano večjo potrebo po namakanju, kar za rastlino lahko predstavlja stresno stanje.

Havaux in Niyogi (1999) so v študiji o vplivu prekomerne osvetlitve na fotosintetske pigmente pri navadnem repnjakovcu (*Arabidopsis thaliana* L.) ugotovili, da se ob prekomerni jakosti in dolžini osvetlitve v rastlinah proži varovalni mehanizem, ki ščiti tilakoidne membrane z oksidacijo violaskantina v zeaksantin. Potrdili so tudi spremembe v sestavi karotenoidov v listih kot posledico sprememb jakosti in trajanja osvetlitve.

V naši raziskavi bi lahko višjo, čeprav statistično neznačilno, vsebnost luteina in anteraksantina v rastlinah užitnega tolščaka, izpostavljenih LED svetilki pripisali boljšemu izkoristku modre svetlobe pri osvetlitvi z LED, saj sta tako lutein kakor anteraksantin modro absorbirajoča pigmenta (Mozaffarieh in sod., 2003).

5.1.6 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost klorofilov

Pri ugotavljanju vsebnosti klorofilov v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotovili, da vrsta svetilke ne vpliva na vsebnost klorofilov a in b v rastlinah užitnega tolščaka. Potrdili pa smo značilen vpliv količine dodanega dušika na vsebnost klorofila a. Manjša količina dodanega dušika (80 kg N/ha) vpliva na značilno večjo vsebnost klorofila a.

Vpliv svetlobe na vsebnost klorofila so proučevali tudi Wu in sod. (2007). Navajajo, da so največje vsebnosti klorofila izmerili pri rastlinah, ki so bile v času rasti osvetljene z modro svetlobo. Po 96 urah dosvetljevanja vsebnost klorofila ni več naraščala. Skladno s temi ugotovitvami Vodnik (2012) navaja, da klorofili dobro absorbirajo modro svetlobo, pomembna razlika med klorofilom a in b pa je v njunem absorpcijskem spektru. Klorofil a ima absorpcijski maksimum pri 430 nm, klorofil b pa pri 460 nm.

LED svetilka se odlikuje po tem, da lahko pri njej natančno izberemo svetlobni spekter tistih valovnih dolžin, ki jih rastline najbolj potrebujejo za učinkovito fotosintezo (Fu in sod., 2012). Bučinel (2011) na osnovi študije, kjer je ugotavljal učinkovitost LED osvetlitve na gojenje solate navaja, da je povprečna vrednost fotosintetske svetlobe pri LED svetilki skoraj 2,5-krat večja od povprečja HPS svetilke. Ugotavlja tudi negativno lastnost LED svetilke, in sicer nihanja fotosintetske svetlobe, ki so 1,5-krat večja kakor pri HPS svetilki.

Rezultati analize vsebnosti klorofilov v rastlini užitnega tolščaka poskusa niso v skladu z našo hipotezo in navedbami predhodno omenjenih študij. Pričakovali smo višjo vsebnost klorofilov v rastlinah pod LED svetilko in pri povečani količini dodanega dušika, saj vemo, da je dušik sestavni element klorofilne molekule (Taiz in Zeiger, 2010). Sklepamo, da je za razvoj klorofilov v rastlinah užitnega tolščaka potrebno proučiti, katere valovne dolžine in kateri časovni interval LED osvetlitve ustreza tolščaku. Rezultate našega poskusa lahko tudi interpretiramo z ugotovitvami Bučinela (2011), ki na podlagi študije o vplivu LED svetilke na rast in razvoj solate ugotavlja ozek vpadni kot svetlobe LED diod, kar omejuje ustrezno razporejenost svetlobe na rastline, ki rastejo pod njo.

Kostić in sod. (1991) navajajo, da se rastline zelo hitro odzovejo na pomanjkanje oziroma presežke hranil v tleh, predvsem dušika. Pri pomanjkanju dušika zaostaja rast rastlin, le-te se slabo razraščajo, generativna faza nastopi predčasno, kar ima za posledico slabo razvite rastline in majhen pridelek. Če pa je dušika preveč, rastline zrastejo prehitro, postanejo mlahave in lahko poležejo. Zmanjša se njihova odpornost na bolezni in škodljivce. Vučko (2009) dodaja, da se v primeru manjšega odmerka gnojil, t.j. počasnejše rasti, fotosintezna energija bolje izkoristi v prid sinteze bioaktivnih komponent kakor v primeru presežkov gnojil, ko je vegetativna rast prehitra, fotosintezna energija pa izkoriščena predvsem za rast makromolekul. Rezultate vsebnosti klorofila a iz našega poskusa lahko interpretiramo z zgoraj zapisanimi ugotovitvami Kostić in sod. (1991) ter Vučko (2009). Sklepamo, da je večja vsebnost klorofila a v primeru nižjega odmerka gnojila posledica boljšega izkoristka fotosintezne energije.

5.1.7 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost karotenov

Ugotovili smo, da količina dodanega dušika ne vpliva na vsebnost α - in β -karotena v rastlinah užitnega tolščaka, potrdili pa smo značilen vpliv LED svetilke na povečano vsebnost β -karotena.

Samuoliené in sod. (2013) v študiji bioaktivnih komponent v listih solate navajajo, da zamenjava standardne HPS žarnice z modro ali zeleno LED diodo poveča vsebnost karotenov. V rastlinah ki so bile v fazi rasti osvetljene z dodatkom zelene LED svetlobe (valovne dolžine 505 nm), je bila vsebnost α -karotena večja za kar 33,3 %, v primerjavi z rastlinami, gojenimi pod HPS svetilko. Wu in sod. (2007) navajajo večje vsebnosti β -karotena v tistih sadikah graha, ki so bile v fazi rasti gojene pod LED svetilkami. Ugotavljajo tudi, da je največja vsebnost β -karotena v rastlinah, gojenih z dodatkom rdeče svetlobe. Rezultati našega poskusa potrjujejo zgornje navedbe. LED svetilka značilno poveča vsebnost β -karotena v rastlinah užitnega tolščaka.

Navedb Kostić in sod. (1991) o hitrem odzivu rastlin na pomanjkanje oziroma presežke hranil, predvsem dušika v tleh ter navedb Riahi in Hdider (2013) glede večje vsebnosti bioaktivnih komponent v rastlini paradižnika v primeru manjšega odmerka hranil dodanih

z organskimi gnojili, naši rezultati ne potrjujejo. Ugotavljamo, da večja količina dodanega dušika nima značilnega vpliva na količino karotenov v rastlinah užitnega tolščaka.

5.1.8 Vpliv svetlobe in gnojenja na vsebnost α - in γ -tokoferola

Na podlagi analize rezultatov vsebnosti bioaktivnih komponent v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotovili, da količina dodanega dušika ne vpliva na vsebnost α - in γ -tokoferola, značilen pa je vpliv vrste svetilke. LED svetilka statistično značilno vpliva na v povprečju večjo vsebnost γ -tokoferola pri obeh koncentracijah gnojenja.

Samuoliené in sod. (2013) v študiji bioaktivnih komponent v listih solate navajajo, da zamenjava standardne HPS žarnice z modro ali zeleno LED diodo doprinese k večji vsebnosti tokoferolov. V rastlinah, ki so bile v fazi rasti osvetljene z dodatkom modre LED svetlobe (455 nm), je bila vsebnost α -tokoferola večja za kar 41,2 % , γ -tokoferola pa za 13,2 % v primerjavi z rastlinami gojene pod HPS razsvetljavo. Vsebnost tokoferolov po 96 urah osvetljevanja ni več naraščala.

Tudi mi smo predvidevali, da bo sinteza tokoferolov večja v rastlinah užitnega tolščaka, ki smo jih tekom rasti izpostavili LED diodi, za katero vemo, da oddaja pretežno svetlobo tistih valovnih dolžin, ki jih rastline najbolj potrebujejo za uspešno fotosintezo (Fu in sod., 2012), v našem primeru svetlobo 455 nm (modro), 625 in 660 nm (rdečo) (Bučinel, 2011). Vendar pa Lin in sod. (2013), ki so ugotavljali učinkovitost dosvetljevanja z LED svetilko, sestavljeno iz diod z različnimi valovnimi dolžinami, poročajo o pozitivnem učinku rdeče in oranžne ter negativnem učinku ostalih delov spektra na vsebnost tokoferolov. Tudi Samuoliené in sod. (2013) poročajo, da je razvoj sekundarnih metabolitov v rastlinah povezan s pravilnim izborom LED diod in nadzorom nad oddano valovno dolžino svetilke. Naši rezultati potrjujejo zgornje navedbe predhodnih študij le v primeru γ -tokoferola. Sklepamo, da je za višjo sintezo tokoferolov v rastlinah užitnega tolščaka potrebno uporabiti svetlobo ciljne valovne dolžine (modre) in upoštevati primeren časovni interval dosvetljevanja rastlin.

5.2 SKLEPI

- Tako LED svetilka (valovne dolžine 450, 625, 660 nm) kakor višji odmerek dušika statistično značilno vplivajo na večji pridelek užitnega tolščaka.
- Osvetljevanje s HPS svetilko (valovne dolžine med 570 in 620 nm) vpliva na večjo vsebnost skupnih fenolov.
- Količina dušika ne vpliva na vsebnost skupnih fenolov.
- Vrsta svetilke in količina dodanega dušika vplivata na vrednost skupnega antioksidativnega potenciala rastlin užitnega tolščaka.
- Osvetljevanje s HPS svetilko vpliva na večjo vrednost skupnega antioksidativnega potenciala.
- Manjša količina dodanega dušika (80 kg N/ha) vpliva na višjo vrednost skupnega antioksidativnega potenciala v rastlinah užitnega tolščaka.
- Vrsta svetilke in količina dodanega dušika ne vplivata na vsebnost maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka.
- Vrsta svetilke in količina dodanega dušika ne vplivata na vsebnost ksantofilov v rastlinah užitnega tolščaka.
- Nižja vrednost dodanega dušika (80 kg N/ha) vpliva na večjo vsebnost klorofila a v rastlinah užitnega tolščaka.
- LED svetilka vpliva na večjo vsebnost β -karotena in γ -tokoferola.
- Vrsta svetilke in količina dodanega dušika ne vplivata na vsebnost klorofila b in α -tokoferola v rastlinah užitnega tolščaka.

6 POVZETEK

Proučevali vpliv količine dušika in vrste svetilke na pridelek in vsebnosti izbranih bioaktivnih komponent užitnega tolščaka (*Portulaca sativa* L.). Lončni poskus je potekal v rastlinjaku Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, v letu 2013. Užitni tolščak smo direktno sejali v šotni substrat. Lonce z rastlinami smo dosvetljevali s HPS in LED svetilko ter pognojili z gnojilnima odmerkoma 80 kg N/ha in 160 kg N/ha. Vsem rastlinam smo dodali enako količino fosforja in kalija (40 kg P₂O₅/ha in 100 kg K₂O/ha). Po 8 tednih smo rastline prešteli, porezali in stehali ter opravili meritve mase pridelka in pripravili vzorce za kemijske analize vsebnosti bioaktivnih komponent.

Vsebnost skupnih fenolov smo določali s spektrofotometrično metodo po Singletonu in Rossiju s Folin – Ciocalteujevim reagentom. Antioksidativni potencial smo merili z metidi DPPH. Maščobno kislinsko sestavo smo določili s pomočjo plinske kromatografije metilnih estrov maščobnih kislin. Vsebnost pigmentov in tokoferolov smo določevali v liofiliziranih vzorcih s tekočinskim kromatografom visoke ločljivosti (HPLC).

Pri analizi rezultatov pridelka smo ugotovili značilen vpliv vrste svetilke in dodanega dušika. Največji pridelek (v kg/m²) so v povprečju dosegle rastline, ki so bile gnojene z dvojnimi odmerkom dušika, t.j. s količino dušika 160 kg/ha in ki so bile tekom rasti osvetljene s svetilko LED (1,53 ± 0,08 kg/m²).

Pri analizi vsebnosti skupnih fenolov v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotovili, da ima vrsta svetilke značilen vpliv. Značilno večjo vsebnost skupnih fenolov smo ugotovili pri rastlinah pod HPS svetilko. Različna količina gnojenja ni značilno vplivala na vsebnost skupnih fenolov v rastlinah užitnega tolščaka.

Pri analizi rezultatov vrednosti skupnega antioksidativnega potenciala v rastlinah užitnega tolščaka smo ugotovili, da imata značilen vpliv tako vrsta svetilke kot količina gnojenja. Značilno večjo vsebnost skupnega antioksidativnega potenciala smo ugotovili pri rastlinah pod HPS svetilko in v primeru gnojenja z 80 kg N/ha.

Analiza rezultatov vsebnosti maščobnih kislin je pokazala, da niti vrsta svetilke niti količina dodanega dušika nimata značilnega vpliva na vsebnost analiziranih maščobnih kislin v rastlinah užitnega tolščaka. Rezultati raziskave nakazujejo, da užitni tolščak vsebuje več nenasičenih maščobnih kislin v primerjavi z nasičenimi. Med izmerjenimi maščobnimi kislinami užitni tolščak vsebuje največ α -linolenske in linolne kisline, najmanj pa stearinske kisline.

Pri analizi vsebnosti posameznih ksantofilov v rastlini užitnega tolščaka smo ugotovili, da se vsebnost ksantofilov statistično značilno ne razlikuje glede na vrsto svetilke in količino dodanega dušika. Rezultati raziskave nakazujejo, da užitni tolščak v povprečju vsebuje največ luteina in najmanj anteraksantina.

Analiza rezultatov vsebnosti klorofilov v rastlinah užitnega tolščaka je pokazala, da imajo rastline tolščaka, gnojene z manjšim odmerkom dušika, statistično značilno večjo vsebnost klorofila a, ne glede na vrsto svetilke. Pri analizi vsebnosti klorofila b smo ugotovili, da niti vrsta svetilke niti količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva.

Analiza rezultatov vsebnosti karotenov je pokazala, da niti vrsta svetilke niti količina dodanega dušika nimata značilnega vpliva na vsebnost α -karotena v rastlinah užitnega tolščaka. Osvetljevanje z LED svetilko vpliva na večjo vsebnost β -karotena v rastlinah užitnega tolščaka.

Analiza rezultatov vsebnosti tokoferolov je pokazala, da niti vrsta svetilke niti različna količina dodanega dušika nimata statistično značilnega vpliva na vsebnost α -tokoferola v rastlinah užitnega tolščaka. LED svetilka je značilno povečala vsebnost γ -tokoferola pri obeh koncentracijah dodanega dušika.

6.1 SUMMARY

We studied how light from different sources (LED and HPS lamp) and the amount of nitrogen (80 and 160 kg N/ha), effects yield and the content of selected bioactive compounds in plants of edible purslane (*Portulaca sativa* L.). The pot experiment was

carried out in the greenhouse of the Department of agronomy, Biotechnical Faculty in Ljubljana. The plants of edible purslane were sown directly in a peat substrate. The pots with plants were lighted up with HPS and LED light and fertilized with 80 and 160 kg N/ha. To all plants we added the same amount of phosphorus and potassium (40 kg P₂O₅/ha in 100 kg K₂O/ha). After 8 weeks we counted, cutted and weighted the plants, measured the mass and prepared the sample for chemical analysis of the content of bioactive compounds.

The content of total phenols were determined spectrophotometrically according to the method by Singleton and Rossi employing Folin - Ciocalteu reagent. The antioxidant potential was measured by the DPPH method. The fatty acid composition of corresponding methyl esters of fatty acids were determined by gas chromatography. The content of pigments and tocopherols were determined in freeze-dried samples by liquid chromatography (HPLC).

Based on the results of the plants yield, we found significant impact of the light type and the amount of added nitrogen. The highest yield (kg/m²) reached the plants which were fertilized with double dose of nitrogen (160 kg N/ha) and that were exposed to the LED lamp during growth.

When analyzing the results of total phenols in edible purslane plants, we concluded that the light type has statistically significant effect on the level of total phenols. The higher level of total phenols was found in plants grown under HPS lamp. The amount of added nitrogen has no statistically significant effect on the content of total phenols.

When analyzing the results of total antioxidant potential in edible purslane plants, we did found a statistically significant effect by the amount of fertilization and light type. HPS lamp and lower amount of fertilizer (80 kg N/ha) contribute to a higher content of total antioxidant potential in edible purslane plants.

Analysis of fatty acid content showed no statistically significant effect of lighting type and the amount of added nitrogen on the content of fatty acids in edible purslane plants. The

research result indicate that edible purslane contain more unsaturated fatty acid compared to saturated. The plants of edible purslane contains more α -linolenic and linoleic acid and least stearic acid.

There are no statistically significant effect in the content of individual xanthophyll in edible purslane plants depending on light type and the amount of added fertilizer. The research result indicate that edible purslane contains more lutein and least antheraxanthin.

Analysis of chlorophyll content showed that lower dose of nitrogen (80 kg N/ha) significantly increased the content of chlorophyll a in edible purslane plants, irrespective of lamp type. We found that the lamp type and the amount of added nitrogen has no significantly effect on the amount of chlorophyll b in edible purslane plants.

There were no statistically significant effect on the levels of α -carotene in edible purslane plants depending on the light type and the quantity of added nitrogen. Illumination wiht LED lamp has effect on increasing the content of β -carotene in edible purslane plants.

Analysis of tocopherol content showed that neither the type of lamps even different amount of added nitrogen do not have a statistically significant effect on the content of α -tocopherol in the edible purslane plants. LED lamp has significantly increased the concentration of γ -tocopherol in edible purslane plants, in both cases of added nitrogen.

7 VIRI

- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmaceutski vestnik*, 48: 573-589
- Abramovič H. 2011. Antioksidanti in metodologija določanja antioksidativne učinkovitosti. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 112-113
- Arnim A., Deng X.W. 1996. Light control of seedling development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47: 215-243
- Azzi M. 2007. Molecular mechanism of alpha-tocopherol action. *Free Radical Biology & Medicine*, 43: 16-21
- Bavec M. 1997. Stanje mineralnega dušika v tleh 2. vodo-zaščitnega območja v letu 1996. Poročilo o delu v letu 1996. Maribor, Kmetijski zavod Maribor, 40: 2-7.
- Bavec M. 1998. Integrirana pridelava zelenjave – smernice, uvajanje novih postopkov in trženje. Letno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta v letu 1997. Maribor, Kmetijski zavod Maribor: 4-4
- Bian H.Z., Yang Q.C., Liu W.K. 2014. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 869-877
- Bieri J.G., Poukka Evarts R. 1974. Gamma tocopherol: metabolism, biological activity and significance in human vitamin E nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 27: 980-986
- Boyer R. F. 2002. *Concepts in biochemistry*. 2nd ed. New York, J. Wiley & Sons: 626 str.
- Brandt K., Molgaard J.P. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 924-931
- Bramley P.M., Elmadfa I., Kafatos A., Kelly F.J., Manios Y., Roxborough H.E., Schuch W., Sheehy P.J.A., Wagner K.H. 2000. Review: Vitamin E. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 913-938

- Bučinel M. 2011. Razsvetljava za gojenje rastlin. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za elektrotehniko: 28-43
- Butorac J., Pospišil M., Mustapić Z., Augustnovič Z., Mešanović D. 2010. Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i udio vlakna predivog lana. V: 45. Hrvatski i. 5. Mednarodni simpozij agronoma. Zbornik radova, 15. do 19. veljače 2010, Opatija. Marić S., Lončarič Z. (ur.). Osijek, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayer u Osijeku: 681-685
- Chan K., Islam M.W., Kamil M., Radhakrishnan R., Zakaria M.N., Habibullah M., Attas A. 2000. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca sativa* L. (Haw.) Celak. *Journal of Ethnopharmacology*, 73: 445-451
- Crozier A., Clifford M. N., Ashihara H. 2006. Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet. Oxford, Blackwell Publishing Ltd: 372 str.
- Cheeson A., Russel W. R., Provan G. J. 1998. Metabolites of the polypropanoid pathway – common origin, common properties? V: Polyphenols in food. First workshop, Aberdeen, Scotland, 16 to 19 April 1997. COST 916 Bioactive plant cell wall components in nutrition and health. Amado R. (ed.). Luxemburg, Office of Official Publications of the European Communities: 17-23.
- Darko E., Heydarizadeh P., Schoefs B., Sabzalian M. R. 2014. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*, 369, 1640: 20130243, doi: 10.1098/rstb.2013.0243: 7 str.
- Demmig-Adams B., Adams W. 1996. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, 1: 21-26
- Dorais M. 2003. The use of supplemental lighting for vegetable crop production: light intensity, crop response, nutrition, crop management, vultural practices. V: Canadian greenhouse conference. October 9, 2003. Québec City, Horticultural Research Center, Laval University: 8 str.
<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/cgc-dorais2003fin2.pdf>
- Drevon C. 1991. Absorption, transport and metabolism of Vitamin E. *Free Radical Research*, 14, 4: 229-246

- Eitenmiller R., Lee J. 2004. Vitamin E - Food chemistry, composition and analysis. New York, Marcel Dekker: 505 str.
- Faller A.L.K., Fialho E. 2010. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 561-568
- Fu W., Li P., Wu Y. 2012. Effects of different light intensities on anti-oxidative enzyme activity, quality and biomass in lettuce. *Hortscience*, 39, 3: 129-134
- Fitter A. H., Hay R. K. M 2002. Environmental physiology of plant. London, Academic Press: 26-26
- Gangolli S.D. Van den Brandt P.A., Feron V.J., Janzowsky C., Koeman J.H., Speijers G.J.A., Spiegelhalter B., Walker R., Wishnok J.S. 1994. Assessment of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology Section*, 292: 1-38
- Havaux M., Niyogi K.K. 1999. The violaxanthin cycle protects plants from photooxidative damage by more than one mechanism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96: 8762-8767
- Hollman P. C. H., Hertog M. G. L. 1998. Epidemiological evidence on potential health effects of flavonoids. V: Polyphenols in food. First workshop, Aberdeen, Scotland. 16 to 19 April 1997. COST 916 Bioactive plant cell wall components in nutrition and health. Amado R. (ed.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 137-138
- Hof K., Wiseman S.A., Boer H., Weststrate N.L.J., Tybirk L. 1998. Bioavailability of antioxidant activity of tea polyphenols in humans. V: Polyphenols in food. First workshop, Aberdeen, Scotland. 16 to 19 April 1997. COST 916 Bioactive plant cellwall components in nutrition and health. Amado R. (ed.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 115-116
- Hribar J., Simčič M. 2000. Antioksidanti v sadju in vrtninah. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 151-158
- Kacjan-Maršič N., Gašperlin L., Abram V., Budič 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

- Kaymak H.C. 2013. Effect of nitrogen forms on growth, yield and nitrate accumulation of cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19: 444-449
- Kim B.S., Lee H.O., Kim J.Y., Kwon K.H., Cha H.S., Kim J.H.. 2011. An effect of light emitting diode (LED) irradiation treatment on the amplification of functional components of immature strawberry, *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52: 35-39
- Kim H.H., Goins G.D., Wheeler R.M., Sager J.C. 2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red and blue light emitting diodes. *Horticultural Science* 37,7: 1617-1622
- Košmerl T., Kač M. 2004. Osnove kemijske analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 97-101
- Klofutar C. 1992. Fizikalno kemijske lastnosti triacilglicerolov. V: Lipidi. 14. Bitenčevi živilski dnevi. Ljubljana, 4.–5. jun. 1992. Klofutar C. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-16
- Korošec L. 2000. Prosti radikali in vloga antioksidantov v bioloških sistemih. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. Oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-21
- Kostić M., Đokić D., Jelić M., Jelenković R. 1991. Delovanje djubrenja na prinos pšenice, utrošak i iskorišćavanje hraniva usevom i plodnost zemljišta u višegodišnjem ogledu. *Savremena poljoprivreda*, 39, 5: 5-12
- Kreft I., Škrabanja V., Bonafaccia G. 2000. Temelj prehranskih in biotskih vplivov antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 33-37
- Larcher W. 2001. *Physiological plant ecology*. Berlin, Springer: 513 str.
- Lercker G, Rodriguez-Estrada M.T. 2000. Cholesterol oxidation: Presence of 7-ketocholesterol in different food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13: 625-631

- Lee C. Y. 1992. Phenolic compounds. V: Encyclopedia of food science and technology. Vol. 3. Hui Y. H. (ed). New York, Wiley & Sons, Inc.: 2055-2061
- Leskošek M. 1993. Gnojenje. Ljubljana. Kmečki glas: 197 str.
- Lim Y. Y., Quah E. P. L. 2007. Antioxidant properties of different cultivars of *Portulaca oleracea*. Food Chemistry, 103: 734-740
- Lin K.-H., Huang M.-Y., Huang W.-D., Hsu M.-H., Yang Z.-W., Yang C.-M. 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). Scientia Horticulturae, 150: 86-91
- Liu L., Howe P., Zhou Y., Hocart C., Zhang R. 2002. Fatty acid profiles of leaves of nine edible wild plants: an Australian study. Journal of Food Lipids, 9: 65-71
- Lu N., Maruo T., Johkan M., Hohjo M., Tsukagoshi S., Ito Y., Ichimura T., Shinohara Y. 2012. Effects of supplemental lighting with light-emitting diodes (LEDs) on tomato yield and quality of single-truss tomato plants grown at high planting density. Environmental Control in Biology, 50: 63-74
- Ménard C., Dorais M., Hovi T., Gosselin A. 2005. Developmental and physiological responses of tomato and cucumber to additional blue light. Acta Horticulturae, 711: 291-296
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tonjko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno in utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Miners lettuce. 2015. Almaden Wildflowers. 1 str.
<http://www.almaden.ibm.com/almaden/almaden/environs/wildflowers/miner.html>
(17. okt. 2015)
- Min D. B., Bradley G. D. 1992. Fats and oils: Chemistry, physics and applications V: Encyclopedia of food science and technology. Vol. 2. Hui Y. H. (ed.) New York, John Wiley & Sons: 818-832
- Mozaffarieh M., Sacu S., Wedrich A. 2003. The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration. Nutrition Journal, 2: 20, doi: 10.1186/1475-2891-2-20: 8 str.

- Nelson D. L., Cox M. M. 2005. Lehninger principles of biochemistry. 4th ed. New York, W.H. Freeman: 1119 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1994. Gojenje vrtnin v zavarovanem prostoru. Ljubljana, Kmečki glas: 124 str.
- Palainswamy U.R., McAvoy R.J., Bible B.B. 2000. Omega-3 fatty acid concentration in *Portulaca oleracea* is altered by nitrogen source in hydroponic solution. Journal of the American Society for Horticultural Science, 125, 2: 190-194
- Palainswamy U.R., McAvoy R.J., Bible B.B. 2001. Omega-3 fatty acid concentration in purslane (*Portulaca oleraceae*) is altered by photosynthetic photon flux. Journal of the American Society for Horticultural Science, 126, 5: 537-543
- Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., Del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. Journal of Nutrition, 133: 2812-2819
- Pfeifhofer H. W. 1989. On the pigment content of Norway spruce needles infected with *Chrysomyxa rhododendri*, and the carotenoids of the fungus aeciospores. European Journal of Forest Pathology, 19: 363-369
- Potter E.F., Hauser D.C. 1974. Relationship of anting and sunbathing to molting in wild birds. The Auk, 91, 3: 537-563
- Raspor P., Kovač B., Batič M., Berglez D. 2000 Bioprocesi pridobivanja antioksidantov. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 53-65
- Rau W. 1988. Functions of carotenoids other than in photosynthesis. V: Plant pigments. Goodwin T.W. (ed.). London, Academic Press: 231-255
- Repič P., Bavec M., Štabuc Starčević D., Vučko I. 2005. Dovoljena sredstva za ekološko kmetijstvo 2005. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo, Inštitut za kontrolo in certifikacijo v kmetijstvu: 119 str.

- Riahi A., Hdider C. 2013. Bioactive compounds and antioxidant activity of organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars as affected by fertilization. *Scientia Horticulturae*, 51: 90-96
- Roškar N. 2013. Vpliv gnojenja na pridelek stebel belokranjskega lanu (*Linum Usitatissimum* L.) Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 55 str.
- Rudan-Tasič D. 2000. Vitamini C, E in Q10. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 39-52
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje: 37-49
- Salobir K. 1997. Prehransko fiziološki pomen mesa v uravnoteženi prehrani. V: Meso v prehrani in zdravje. Posvet posvečen 50. obletnici Biotehniške fakultete. Radenci, 20. in 21. novembra 1997. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 161-170
- Salobir K. 2001. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi. Ljubljana, 8.- 9. nov. 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 121-135
- Samuolienė G., Brazaitytė A., Sirtautas R., Viršilė A., Sakalauskaitė J., Sakalauskienė S., Duchovskis P. 2013 LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93: 286-3291
- Sanhueza Catalan J., Duran Aqueero S., Tones Garcia J. 2015. The fatty acids and relationship with health. *Nutricion Hospitalaria*, 32, 3: 1362-1375
- Sarić M. 1979. Fiziologija biljaka. Beograd, Naučna knjiga: 570 str.
- Shimokawa A., Tonooka Y., Matsumoto M., Ara H., Suzuki H., Yamauchi N., Shigyo M. 2014. Effect of alternating red and blue light irradiation generated by light emitting diodes on the growth of leaf lettuce. Yoshida, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University: 23 str.
<http://biorxiv.org/content/biorxiv/early/2014/02/28/003103.full.pdf> (25.1.2016)
- Siefermann-Harms D. 1987. The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69: 561-568

- Sinkovič L., Demšar L., Žnidarčič D., Vidrih R. 2015. Fertilization impact on fatty acid profile of chicory and chicon plants (*Cichorium intybus* L.) European Journal of Lipid Science and Technology, 117: 1659-1666
- Singelton V.L., Rossi Jr. J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158
- Simopolous A.P., Norman H.A., Gillaspay J.E., Duke J.A. 1992. Common purslane: a source of omega-3 fatty acids and antioxidants. Journal of the American College of Nutrition, 11, 4: 374-382
- Skog L. J., Chu C. L. 2003. Apple: The role of satiety in nutrition; food, nutrition, and appetite. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol 1. 2nd ed. Caballero B., Trugo L., Finglas M. P. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 290-294
- Stratil P., Klejdus B., Kuban V. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables – Evaluation of spectrophotometric methods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 607-616
- Sulaiman S.F., Sajak A.A.B., Leong Ooi K., Supriatno, Seow E.M. 2011. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. Journal of Food Composition and Analysis, 24: 506-515
- Swanson B. G. 1993. Tannins and polyphenols. V: Encyclopedia of food science, food technology and nutrition. Vol. 7. Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (eds.). London, Academic Press: 4513-4517
- Šircelj H. 2008. Karotenoidi v fotosinteznem aparatu in odziv na stress. Acta agriculturae Slovenica, 91: 271-282
- Šircelj H. 2004. Gradivo za vaje iz botanike za študente univerzitetnega študija agronomije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 26 str.
- Špelič D. 2013. Vpliv gnojenja na kemijsko in izotopsko sestavo jabolk sorte gala. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 16-17 str.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sunderland, Sinauer Associates inc.: 690 str.

- Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave za leto 2010. 2010. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 22-25
- Thomé O.W. 1885. Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Gera, Germany.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_Portulaca_oleracea0.jpg
(30.12.2015)
- Uddin K., Juraimi A.S., Begum M., Ismail M.R., Rahim A.A., Othman R. 2009. Floristic composition of weed community in turf grass area of west peninsular Malaysia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11: 13-20
- Uddin K., Juraimi A.S., Hossain M.S., Nahar A.U., Ali E., Rahman M.M. 2014. Purslane weed (*Portulaca oleracea*): a prospective plant source of nutrition, omega-3 fatty acid and antioksidant attributes. *The Scientific World Journal*, 2014: Article ID 951019, doi: 10.1155/2014/951019: 6 str.
- Veberič R. 2010. Bioactive compounds in fruit plants. El. Knjiga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 65 str.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2712/Bioactive_compounds_in_fruit_plants_-_Veberic.pdf
(16.12.2015)
- Vidrih R., Filip S., Hribar J. 2009. Content of higher fatty acids in green vegetables. *Journal of Food Science*, 27: 125-129
- Vidrih R., Kač M. 2000. Analitika antioksidantov. V: *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi. Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 101-114
- Vodnik D. 2001. Fiziologija rastlin – praktične vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 56 str.
- Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 141 str.
- Vučko K. 2009. Vpliv gnojenja pšenice (*Triticum aestivum* L.) na njeno absolutno in hektolitrsko maso. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 43-47

- Vural H., Eşiyok D., Duman I. 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). İzmir, Turkey, 440 str. Cit. po Kaymak H.C. 2013. Effect of nitrogen forms on growth, yield and nitrate accumulation of cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19: 444-449
- Žnidaršič D., Vidrih R. 2009. Vsebnost esencialnih maščobnih kislin v zelju (*Brassica oleracea* L.). Acta agriviculturae Slovenica, 93: 225-230
- Wildi B., Lutz C. 1996. Antioxidant composition of selected high alpine plant species from different altitudes. Plant, Cell and Environment, 19: 138-146
- Wright C. A. 2012. Purslane - Mediterranean vegetables: A cook's compendium of all the vegetables from the world's healthiest cuisine, with more than 200 recipes. Boston, Harvard Common Press: 276-277
- Wu M.-C., Hou C.-Y., Jiang C.-M., Wang Y.-T., Wang C.-Y., Chen H.-H., Chang H.-M. 2007. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. Food Chemistry, 101: 1753-1758

ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Rajku Vidrihu za strokovne usmeritve, nasvete pri obdelavi in vrednotenju rezultatov. Hvala za moralno podporo in spodbudne besede med srečanji, ki so vodila do zaključnega dela.

Zahvaljujem se prof. dr. Nini Kacjan Maršič za pomoč z nasveti in komentarji ter usmeritvami v eksperimentalnem delu naloge.

Zahvaljujem se doc. dr. Valentini Usenik, doc. dr. Nataši Šegatin in prof. dr. Tatjani Unuk za temeljit, strokoven in kritičen pregled naloge.

Iskreno hvala tudi prof. dr. Lei Demšar za pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

Posebej se zahvaljujem možu Davidu, ki mi je stal ob strani in me podpiral pri izdelavi magistrske naloge, podajal koristne nasvete in oblikovno pomoč. Hvala moji Mii za strpnost in pridnost.

Zahvaljujem se tudi prijateljici Vesni Glavnik, ki mi je bila vedno na voljo za tehnične nasvete in komentarje o raziskavi.

Zahvalila bi se tudi vsem, ki ste mi tekom študija stali ob strani in me spodbujali.