



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Andi ŠPACAPAN

**VPLIV GNOJENJA NA PRIDELEK IN VSEBNOST
IZBRANIH PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH
METABOLITOV KORENJA (*Daucus carota* L.)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2018

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Andi ŠPACAPAN

**VPLIV GNOJENJA NA PRIDELEK IN VSEBNOST IZBRANIH
PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH METABOLITOV KORENJA
(*Daucus carota* L.)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**EFFECT OF FERTILIZATION ON YIELD IN THE CONTENT OF
SELECTED PRIMARY SECONDARY METABOLITES IN CARROTS
(*Daucus carota* L.)**

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2018

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo, Oddelka za agronomijo, Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Ano Slatnar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Metka HUDINA
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Ana SLATNAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

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

Datum zagovora:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 635.13:631.8:631.559(043.2)
- KG korenje/*Daucus carota*/gnojenje/pridelek/primarni metaboliti/sekundarni metaboliti
- AV ŠPACAPAN, Andi
- SA SLATNAR, Ana (mentorica)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Univerzitetni študij Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja
- LI 2018
- IN VPLIV GNOJENJA NA PRIDELEK IN VSEBNOST IZBRANIH PRIMARNIH IN SEKUNDARNIH METABOLITOV KORENJA (*Daucus carota* L.)
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
- OP VI, 20 str., 8 pregl., 2 sl., 40 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V današnjih časih so kupci vedno bolj zahtevni in na trgu je vedno večje povpraševanje po kakovostni hrani. Zato mora pridelovalec znati pridelati kakovostno hrano, če hoče biti zanimiv in konkurenčen na trgu. S pravilno tehnologijo pridelave in ukrepom, kot je gnojenje, lahko vplivamo na količino in kakovost korenja. V nekaterih poizkusih se je izkazalo, da imajo na količino in kakovost korenja poleg gnojenja vpliv tudi podnebni dejavniki, kot so temperatura, padavine in sončno sevanje ter fizikalne in kemijske lastnosti tal. Dodajanje dušičnih gnojil v tla ali foliarno vpliva na povečanje količine pridelka in višjo vsebnost sladkorjev v korenju. Večji odmerki dušičnega gnojila vplivajo na višjo vsebnost karotenoidov in fenolnih spojin, medtem ko se vsebnost vitamina C zmanjša. Različni odmerki kalijevega gnojila ne vplivajo na kakovost korenja. Pri poizkusu, v katerem so spremljali vpliv bora (B) in kalcija (Ca), so ugotovili, da je korenje vsebovalo več karotenoidov, vitamina C in fenolnih kislin, tudi v primeru dodanih nizkih koncentracij bora.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1
DC UDC 635.13:631.8:631.559(043.2)
CX carrots/*Daucus carota*/fertilization/yield/primary metabolites/secondary metabolites
AU ŠPACAPAN, Andi
AA SLATNAR, Ana (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2018
TI EFFECT OF FERTILIZATION ON YIELD IN THE CONTENT OF SELECTED
PRIMARY SECONDARY METABOLITES IN CARROTS (*Daucus carota* L.)
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
NO VI, 20 p., 8 tab., 2 fig., 40 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The demands of modern consumers are higher than before, and consequently, the demand of the market for quality food is increasing. Therefore, producers must know how to produce quality food in order to be competitive. Proper production technology and measures such as fertilization can influence the quantity and quality of carrots. Experiments were made which proved that not only fertilization, but also climatic conditions, such as temperature, precipitation, solar radiation and physical as well as chemical properties of the soil affect the quantity and quality of carrots. Soil and foliar fertilization with nitrogen increased yield and sugar content in carrots. Higher amounts of nitrogenous fertilizers increased the content of carotenoids and phenolic compounds in carrot, but decreased the content of vitamin C. Different fertilization regimes with potassium had no significant effect on carrot quantity. Additionally, an experiment monitored the influence of boron (B) and calcium (Ca) on the content of carotenoids, vitamin C and phenolic acids in carrots. The results indicated that all these parameters were increased in treatments, in which even small amounts of B were added.

KAZALO VSEBINE

| | Str. |
|--|-----------|
| KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA | III |
| KEY WORDS DOCUMENTATION | IV |
| KAZALO VSEBINE..... | V |
| KAZALO SLIK..... | VI |
| OKRAJŠAVE IN SIMBOLI | VI |
| 1 UVOD | 1 |
| 1.1 NAMEN IN POVOD DELA..... | 1 |
| 2 KORENJE | 1 |
| 2.1 ZGODOVINA | 1 |
| 2.2 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI | 1 |
| 2.3 RASTNI POGOJI ZA KORENJE..... | 3 |
| 2.3.1 Temperatura | 3 |
| 2.3.2 Tla | 3 |
| 2.3.3 Setev | 3 |
| 2.3.4 Namakanje | 3 |
| 2.4 LASTNOSTI KAKOVOSTI KORENJA..... | 4 |
| 2.5 SKLADIŠČENJE | 4 |
| 3 GNOJENJE | 5 |
| 3.1 VPLIV GNOJENJA NA KOLIČINO PRIDELKA | 6 |
| 4 METABOLITI | 8 |
| 4.1 VPLIV GNOJENJA NA PRIMARNE MAETABOLITE | 9 |
| 4.1.1 Sladkorji | 9 |
| 4.1.2 Organske kisline | 10 |
| 4.1.3 Vitamin C | 10 |
| 4.2 VPLIV GNOJENJA NA SEKUNDARNE METABOLITE..... | 12 |
| 4.2.1 Karotenoidi | 12 |
| 4.2.1 Fenolne snovi | 13 |
| 5 ZAKLJUČEK | 17 |
| 6 VIRI | 17 |

KAZALO SLIK

| | str. |
|--|------|
| Slika 1: Različne oblike korenov korenja (Austrosaat, 2018) | 2 |
| Slika 2: Prikaz vpliva tal in dušičnega gnojenja na pridelek korenja (t/ha) (Gutezeit, 2001) | 6 |

KAZALO PREGLEDNIC

| | str. |
|---|------|
| Preglednica 1: Hranilna vrednost svežega korenja na 100g (USDA National Nutrient Database, 2013 cit. po Welbaum, 2015) | 4 |
| Preglednica 2: Količina pridelka z uporabo različnih stopenj dušičnega gnojenja in foliarnega gnojenja (povprečje za leti 2003-2004) (Smolen in sod., 2005) | 7 |
| Preglednica 3: Količina pridelka korenja in suhe snovi v korenu in listih pri različnih stopnjah mineralnih gnojil NPK (Assuncao in sod., 2016) | 8 |
| Preglednica 4: Analiza korenja v zvezi z dušičnim gnojenjem in foliarnim gnojenjem (povprečje v letih 2003-2004) (Smolen in sod., 2005) | 10 |
| Preglednica 5: Prikaz vsebnosti nitrata, vitamina C in β -karotena v korenju, ki je bil gnojen z naraščajočo vsebnostjo kalcijevega amonijevega nitrata. (Boskovič-Rakocevič in sod., 2012) | 11 |
| Preglednica 6: Glavni učinke kalijevega gnojenja na korenje (Hochmuth in sod., 2006) | 13 |
| Preglednica 7: Koncentracija fenolnih spojin v korenčku v poizkusu I, odvisno od dušičnega gnojenja, foliarnega gnojenja in leta poizkusa (Smolen in Sady, 2009) | 15 |
| Preglednica 8: Koncentracija fenolnih spojin v korenčku v poizkusu II, odvisno od dušičnega gnojenja, foliarnega gnojenja in leta poizkusa (Smolen in Sady, 2009) | 16 |

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

| | |
|---------|---------------------------|
| N | dušik |
| P | fosfor |
| K | kalij |
| kg N/ha | kilogram dušika na hektar |
| t/ha | tona na hektar |
| mg/g | miligram na gram |
| mg/kg | miligram na kilogram |

1 UVOD

Navadno korenje (*Daucus carota* L.) se je nekoč uporabljalo v zdravilne namene, danes pa je postalo ena izmed pomembnejših svetovnih zelenjadnic (Ross, 2015 cit. po Welbaum, 2015). Svetovna pridelava korenja se iz leta v leto povečuje. Na svetu največ korenja pridelajo na Kitajskem, skoraj polovico svetovne proizvodnje (47,9 %), sledijo ji Uzbekistan (5,2 %), Rusija (4,3 %), Združene države Amerike (3,2 %). Evropa prispeva 21,4 % svetovne pridelave korenja. V Evropi so vodilne države Poljska, Velika Britanija, Nemčija in Francija (FAOSTAT, 2016).

S tehnologijo pridelovanja, kot je ukrep gnojenja, lahko ključno vplivamo na določene parametre, od količine pridelka do primarnih in sekundarnih metabolitov. Rastlina med rastjo tvori primarne in sekundarne metabolite. Med primarne metabolite uvrščamo sladkorje, maščobe, organske kisline in aminokisline. Primarni metaboliti so pomembni pri razvoju in rasti rastline, procesih dihanja in fotosintezi (Veberič, 2010). Sekundarni metaboliti (karotenoidi in fenolne spojine) pa vplivajo na okus in aromo korenja (Kjellenberg, 2007) ter imajo pomembno vlogo pri obrambnem mehanizmu (Veberič, 2010; Taiz in Zeiger, 2010). Sekundarni metaboliti imajo pozitiven vpliv na zdravje ljudi. (Daško in sod., 2006; Soltoft in sod., 2010).

1.1 NAMEN IN POVOD DELA

Za to temo diplomskega dela sem se odločil, ker me na področju kmetijstva veseli vrtnarstvo. Zaradi velike porabe korenja v domačem gospodinjstvu si želim pridobiti novo znanje na temo gnojenja korenja. Pridobljeno znanje bom s koristjo uporabil pri pridelavi kakovostnega korenja za domačo rabo. V diplomskem delu se bom osredotočil na to, kako gnojenje vpliva na količino in kakovost pridelka.

2 KORENJE

2.1 ZGODOVINA

Korenje izvira iz vzhodnega dela sveta (Azije), iz današnjega Afganistana. V Španijo je prišlo v 11. stoletju. Španci so poznali rumeno in vijolično korenje. Do 12. stoletja se je razširilo v Italijo in Kitajsko. V 15. stoletju so se pojavili prvi zapisi o oranžnem korenju (Banga 1957, 1963, cit. po Welbaum, 2015). Oblika korenja nekoč ni bila enaka današnji. S križanjem in odbiranjem v novejšem obdobju smo prišli do današnje oblike korenja (Osvald in Kogoj Osvald, 2005).

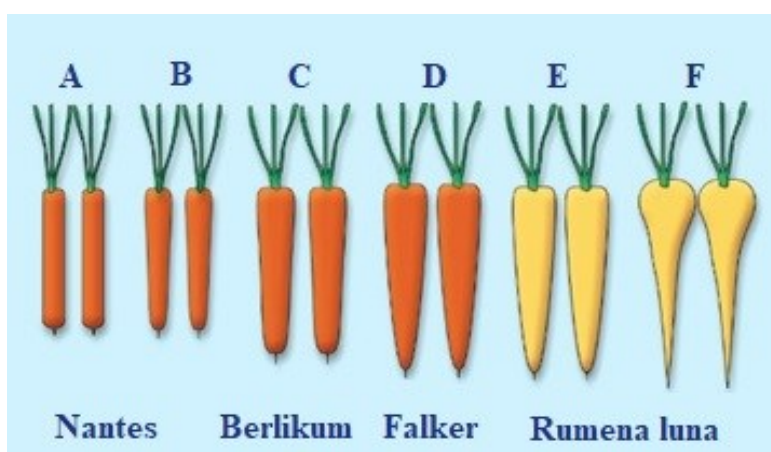
2.2 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Korenje (*Daucus carota* L.) uvrščamo v družino kobulnic – *Apiaceae*. Iz družine kobulnic je korenje eno izmed najpomembnejših zelenjadnic (Welbaum, 2015). Korenje je dvoletna rastlina. V prvem letu razvije podzemni koren (založni organ), v drugem letu pa razvije cvetno steblo, na katerem razvije semena (Osvald in Kogoj Osvald, 2005). Nadzemni del

rastline je neužit. Listi, ki izraščajo iz reduciranega stebela, dosežejo višino med 25 do 60 cm (Rubatzky in sod., 1999, cit. po Welbaum, 2015). Ko listi dosežejo končno velikost, je dosežena maksimalna velikost korena. Nato se začne razpirati listna rozeta, koren se začne debeliti (Northolt in sod., 2004). Sorte, ki razvijejo velike liste, po navadi razvijejo tudi velike korene, vendar rastejo počasneje. Sorte, ki razvijejo manjše liste in manjše korene, hitreje dozori (Rubatzky in sod., 1999, cit. po Welbaum, 2015). Koren lahko zraste več kot 75 cm globoko, vendar se njegova potencialna velikost pogosto prekine med spravi. Spravo se izvede, ko dosežemo velikost korenov, ki so tržno zanimivi, to je okrog 30 cm (Welbaum, 2015).

Pri korenju poznamo več različnih oblik in velikosti korenov, ki jih najdemo na prodajnih policah. Debelina korena se giblje od 2 do 6 cm, dolžina pa od 6 do 30 cm (Kotecha in sod., 1998, cit. po Šink, 2018). Sorte korenja lahko razdelimo v dva velika razreda: vzhodni ali azijski in zahodni ali evropski. Zahodne ali evropske sorte so trše strukture, sladkega okusa, zelo aromatične, rumeno-oranžne do oranžne barve in so sorte, ki so prilagojene nizkim temperaturam. Vzhodne ali azijske sorte so navadno mehkejše strukture, so manj sladke, manj aromatične in so prilagojene toplejšim temperaturam (Rubatzky in Yamaguchi, 1997, cit. po Welbaum, 2015).

Sorte korenja razdelimo po obliki korena. Različne oblike korenov korenja so prikazane na sliki 1. Na tržišču imamo veliko ponudbo oblik korenov, kot so amsterdamski ('Mokum F1'), nantes ('Napoli F1', 'Naval F1', 'Octavo F1', 'Maestro F1', 'Bolero F1'), berlikum ('Bangor F1', 'Bastia F1', 'Berlicum 2'), flaker ('Komarno F1') in rumena luna (rumeno korenje). Tipa amsterdamski in nantes imata korene v obliki valja (slika 1, A–B). Tipa korenja berliku in flaker imata stožčasto obliko korena (slika 1, C–D). Sorta rumena luna ima stožčasto obliko korena (slika 1, E–F) (Gemuse katalog, 2018).



Slika 1: Različne oblike korenov korenja (Gemuse katalog, 2018)

2.3 RASTNI POGOJI ZA KORENJE

2.3.1 Temperatura

Korenju za optimalno rast ustreza zmerno toplo in zmerno vlažno podnebje (Osvald in Kogoj Osvald, 2005). Seme korenja kali že pri temperaturi 4 °C, optimalno kalivost doseže pri 24 °C (Welbaum, 2015). Temperaturni pogoji za optimalno rast korena in listja so med 16 in 21 °C, pri temperaturi, nižji od 10 °C, se rast upočasni (Lorenz in Maynard, 1988, cit. po Welbaum, 2015). Optimalna temperatura za nastajanje karotenoidov je od 16 °C do 25 °C, temperature pod 16 °C in nad 25 °C slabo vplivajo na tvorjenje karotenoidov. Listi so bolj tolerantni na visoke temperature, vendar se pri temperaturah nad 30 °C rast listov zaustavi in posledično korenje razvije močan okus (Rubatzky in Yamaguchi, 1997, cit. po Welbaum, 2015).

2.3.2 Tla

Idealna tla za gojenje korenja morajo biti globoka, rahla, humozna, lahko so tudi peščeno ilovnata ali šotna. Dobra lastnost korenja je, da prenese zelo velik razpon pH tal. Na organskih tleh mu ustreza pH tal od 5,5 do 6,5, na mineralnih tleh je pH lahko med 6 in 6,8 (Lorenz in Maynard, 1988, cit. po Welbaum, 2015).

2.3.3 Setev

Korenje sejemo na odprte površine in redkeje v zaprte prostore. Zaradi drobnega semena potrebujemo zelo natančno sejalnico, ki odlaga seme na želeno razdaljo (Osvald in Kogoj Osvald, 2005). Gostota setve znaša od 1 do 3 milijone semen na hektar. Gostota setve se določi na podlagi kalivosti semena ter vpliva tal in okolja na rastline ob vzniku. Izbira gostote setve je pomembna, saj redčenje povzroči dodatne proizvodne stroške. Pravilna gostota rastlin vpliva na maksimalen pridelek in velikost korenov, ki so namenjeni prodaji. Gostota setve za korenje, ki je namenjeno pridelavi svežega korenja, znaša od 80 do 100 rastlin na m². Za korenje s kratkimi koreni oziroma zgodnje sorte znaša gostota posevka od 100 do 200 rastlin na m². Za sorte, ki imajo velike korene, pa znaša gostota posevka od 40 do 70 rastlin na m² (Welbaum, 2015).

2.3.4 Namakanje

Vlaga v tleh je bistvenega pomena, saj pomanjkanje vode v tleh povzroči zmanjšanje vsebnosti sladkorjev in koren pridobi grenak okus. Z namakanjem moramo korenju dodati od 30 do 50 mm vode na teden ali pa 450 do 600 mm na rastno sezono. Količina vode je odvisna od tipa tal in evapotranspiracije (Rubatzky in Yamaguchi, 1997, cit. po Welbaum, 2015).

2.4 LASTNOSTI KAKOVOSTI KORENJA

Glavne lastnosti kakovosti so enakomerna rast, povečana odpornost na škodljivce, hitra rast, gladka površina korenov, zmanjšanje pokanja korenov, izboljšava okusa in visoka toleranca na temperaturo. Pomembna je tudi odpornost na pokanje korenov, saj to igra pomembno vlogo pri transportu na dolge razdalje in pri prodaji manjših količin. Kakovosten koren mora imeti gladek koren, brez drobnih korenin, za lepši videz in enostavno pripravo. Pod značilnosti užitne kakovosti sodijo vsebnost grenkobe, vsebnost sladkorjev, tekstura in vsebnost vitaminov (Welbaum, 2015).

Preglednica 1: Hranilna vrednost svežega korenja na 100 g (USDA National Nutrient Database, 2013 cit. po Welbaum, 2015).

| Sestavine | Količina |
|----------------------------------|------------------|
| Energija | 173 kJ (41 kcal) |
| Ogljikovi hidrati | 9,6 g |
| Sladkorji | 4,7 g |
| Prehranske vlaknine | 2,8 g |
| Maščobe | 0,24 g |
| Beljakovine | 0,93 g |
| Ekvivalent vitamina A | 835 µg (104 %) |
| β-karoten | 8285 µg (77 %) |
| Lutein in zeaksantin | 256 µg |
| Tiamin (vitamin B1) | 0,066 mg (6 %) |
| Riboflavin (vitamin B2) | 0,058 mg (5 %) |
| Niacin (vitamin B3) | 0,983 mg (7 %) |
| Pantotenska kislina (vitamin B5) | 0,273 mg (5 %) |
| Vitamin B6 | 0,138 mg (11 %) |
| Folata (vitamin B9) | 19 µg (5 %) |
| Vitamin C | 5,9 mg (7 %) |
| Vitamin E | 0,66 mg (4 %) |
| Ca | 33 mg (3 %) |
| Fe | 0,3 mg (2 %) |
| Mg | 12 mg (3 %) |
| Mn | 0,143 mg (7 %) |
| P | 35 mg (5 %) |
| K | 320 mg (7 %) |
| Na | 69 mg (5 %) |
| Zn | 0,24 mg (3 %) |
| Fluorid | 3,2 µg |

2.5 SKLADIŠČENJE

Korenje skladiščimo z namenom, da ohranimo kakovost korenov in tako ponudimo na trg korenje z najboljšo kakovostjo. Korenje skladiščimo pri 0 °C in 95-odstotni relativni zračni vlažnosti. Pri dolgotrajnem skladiščenju začne korenje izgubljati kakovost. Pri skladiščenju

korenja ne smemo izpostaviti etilenu, saj začne korenje tvoriti spojine, ki tvorijo grenak okus (Welbaum, 2015).

3 GNOJENJE

Gnojenje neposredno vpliva na proizvodnjo in kakovost korenja ter ima pomembno vlogo pri proizvodnih stroških (Luz in sod., 2009). Velikokrat se uporabljajo visoki odmerki gnojila z namenom, da bi povečali velikost korenov in posledično količino pridelka ter izboljšali videz korenov in dosegli dobro tržno ceno (Bruno in sod., 2007). Večina majhnih pridelkov je povezana z neustreznim gnojenjem, bodisi premajhnimi bodisi prevelikimi odmerki gnojila. Pridelovalci velikokrat presegajo uradna priporočila (Oliveira in sod., 2005).

Za določitev prave stopnje gnojenja korenja je treba upoštevati pričakovani pridelek, vsebnost hranil v tleh, puferno sposobnost tal, učinkovitost sprejema hranil (Oliveira in sod., 2005) in analizo listov, ki jo izvajamo čez rastno sezono, da se višek gnojila ne izpira v podtalnico (Lorenzo in Maynard, 1988, cit. po Welbaum, 2015). Fosfor se v kislih tleh uporablja v večjih količinah, ker se veže na železove in aluminijeve okside ter tako postane težje dostopen rastlinam (Moreira in sod., 2006). Kalij in dušik se v korenje absorbirata v večjih količinah od drugih hranil (Cecilio Filho in Peixoto, 2013).

S pridelkom 70 t korenja/ha odvezamemo iz tal 175 kg N/ha, 90 kg P₂O₅/ha in 400 kg K₂O/ha (Mihelič in sod., 2010). Potrebna hranila dodamo pred setvijo ob pripravi zemljišča. Izjema je dušično gnojilo, ki ga dodamo v večjih obrokih, da ne pride do izgub dušika. Prvi obrok dodamo pred setvijo, drugega pa z dognojevanjem med rastno dobo.

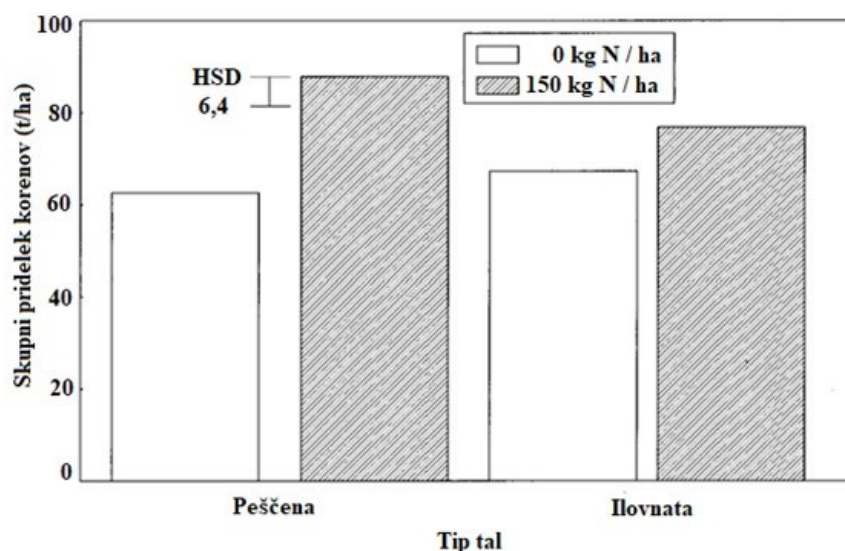
Na učinkovit sprejem hranilnih snovi in posledično na pridelek vplivajo dejavniki, kot so padavine, temperatura, sončno sevanje, pH tal, vsebnost organske mase v tleh, slanost tal, pomanjkanje fosforja, genetska variabilnost, rast korenin, mikoriza, bolezni in škodljivci ter pleveli (Assuncao in sod., 2016)

Gnojenje tal z dušičnimi gnojili (v poskusu sta bili uporabljeni gnojili ENTEC-26 in amonijev nitrat) pomembno vpliva na vsebnost S, Fe, Mn, Ni, Sr, Co, In, Li, Sc, Y, Yb in V v korenu korenja. Nobenega vpliva pa nima na kopičenje Ag, Al, B, Ba, Ca, Ce, Cr, Dy, Ga, K, La, Lu, Mg, Na, P, Pb, Sn in Ti v korenu korenja. Dušična gnojila v različnih odmerkih so privedla do zmanjšanja koncentracij Mg, Al, B, Ba, Ce, Fe, Ga, La, Ni, Pb, Ti, Y, V, Cr, Dy, In, Li, Lu, Sc in Yb v tleh po pridelavi korenja, koncentracija Ca, Sr in Ag pa se je povečala. Dušična gnojila niso imela bistvenega vpliva na pH tal ali razmerje med vsebnostmi elementov v tleh in rastlinah (Smolen in sod., 2012).

3.1 VPLIV GNOJENJA NA KOLIČINO PRIDELKA

Zmanjšano gnojenje z dušičnimi gnojili pozitivno vpliva na naravo (manjše možnosti izpiranja dušika v podtalnico in izhlapevanja dušika v ozračje), po drugi strani pa lahko povzroči zmanjšanje pridelka pri zelenjadnicah, ki imajo veliko potrebo po dušiku (Smolen in sod., 2005).

Gutezeit (2001) je v poizkusu ugotavljal, kako gnojenje z dušičnimi gnojili, uporabljenimi na različnih tipih tal, vpliva na količino pridelka. Poizkus je pokazal, da se pri gnojenju s 150 kg N/ha pridelok znatno poveča. Na peščenih tleh se je pridelok z 62,6 t/ha povečal na 87,7 t/ha. Na ilovnatih tleh se je pridelok s 67,3 t/ha povečal na 76,8 t/ha (slika 2). Za oba tipa tal so izračunali povečanje v količini pridelka ob uporabi dušičnih gnojil. Vseeno se je izkazalo, da je prišlo na peščenih tleh do večjega pridelka kot na ilovnatih tleh (Gutezeit, 2001).



Slika 2: Prikaz vpliva tal in dušičnega gnojenja na pridelok korenja (t/ha) (Gutezeit, 2001)

Hochmuth in sod. (1999) so ugotavljali, kako vplivajo različne stopnje dušičnega gnojila (od 0 do 220 kg N/ha) na povečanje pridelka in kakovost korenja na peščenih tleh. Ugotovili so, da gnojenje z dušikom pozitivno vpliva na količino pridelka. Vendar je učinek količine dodanega N odvisen od datuma setve. Korenje, ki je sejano v času november–december za doseganje maksimalnega pridelka potrebuje 150 kg N/ha, korenju, ki je sejano januarja, je za doseganje maksimalnega pridelka treba dodati 180 kg N/ha. Ker so dnevi vedno bolj hladni in kratki, se posledično zmanjša količina pridelka na določeno aplikacijo dušičnega gnojila. Na skupni odstotek tržnega korenja je vplivala interakcija med datumom setve in količino dodanega dušičnega gnojila. Odstotek tržnega korenja se je povečeval z odmerkom dušičnega gnojila za vsa tri obdobja v poizkusu za setev v novembru, decembru in januarju (Hochmuth in sod., 1999).

Smolen in sod. (2005) so v raziskavi prišli do ugotovitve, da s foliarnim gnojenjem bistveno povečamo skupni in tržni pridelok. V raziskavi so rastlinam dodali različna gnojila in gnojilne odmerke. Določene rastline so prejele dušično gnojilo pred setvijo (70 kg N/ha), nekatere rastline pa so prejele dušično gnojilo pred setvijo (70 kg N/ha) in med rastno dobo (70 kg N/ha). Pri nekaterih rastlinah so dodali tudi foliarna gnojila. Rastline, ki so prejele foliarno gnojilo, so bile poškopljene trikrat. Prvič z 2-odstotno raztopino sečnine, drugič z 1-odstotno raztopino večkomponentnega pripravka (Supervit-R) in tretjič ponovno z 2-odstotno raztopino sečnine. S foliarnim gnojenjem se je skupni pridelok povečal za 6,5 % (z 69,6 t/ha na 74,4 t/ha) in tržni pridelok za 9,5 % (s 55,8 t/ha na 61,6 t/ha) v primerjavi z rastlinami, kjer ni bilo uporabljene foliarnega gnojenja (Preglednica 2).

Preglednica 2: Količina pridelka z uporabo različnih stopenj dušičnega gnojenja in foliarnega gnojenja (povprečje za leti 2003 in 2004) (Smolen in sod., 2005)

| Foliarna prehrana | Gnojenje | Pridelek (t/ha) | | Delež tržnega pridelka od skupnega pridelka |
|---|---|-----------------|--------|---|
| | | Skupni | Tržni | |
| Brez foliarnega gnojenja | Kontrola | 68,1* | 56,6* | 82,9* |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 65 | 52,4 | 79,7 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 69,4 | 54,4 | 78,7 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 73,3 | 56,3 | 76,6 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 72,2 | 59,1 | 82,4 |
| Foliarno gnojenje | Kontrola | 75 | 62,8 | 84,1 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 74,1 | 62,4 | 84,2 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 74,7 | 60,5 | 80,6 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 72,4 | 58,8 | 81,1 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 75,9 | 63,5 | 84,0 |
| Brez foliarnega gnojenja (povprečje) | | 69,6 a | 55,8 a | 80,6* |
| Foliarno gnojenje (povprečje) | | 74,4 b | 61,6 b | 82,8 |
| Leto 2003 (povprečje) | | 76 b | 58,7* | 82,8 b |
| Leto 2004 (povprečje) | | 68 a | 58,7 | 80,0 a |

*– ni nobene pomembne razlike med obravnavanji. Vrednosti v stolpcu, ki jim sledijo različne črke, se med seboj statistično razlikujejo ($\alpha=0,05$).

V raziskavi, ki so jo izvedli Assuncao in sod. (2016), so ugotavljali, kako gnojenje vpliva na količino pridelka (Preglednica 3). Primerjali so dve sorti korenja 'Juliana' in 'Nayarit'. Pri sorti 'Juliana' so prišli do ugotovitve, da z dvema različnima odmerkoma gnojila (100 N: 300 P₂O₅: 300 K₂O kg/ha; 100 N: 700 P₂O₅: 600 K₂O kg/ha) v primerjavi s standardnim gnojenjem (100 N: 500 P₂O₅: 450 K₂O kg/ha) razlika v pridelku ni bila velika. Ta ugotovitev nakazuje, da se lahko standardno gnojenje sorte 'Juliana' zmanjša, ne da bi zmanjšali količino pridelka. Pri sorti 'Nayarit' so ugotovili, da je prišlo do večje količine pridelka pri obravnavanjih z večjimi odmerki od standardnega gnojenja. Večji pridelki imajo večji sprejem hranil, kar je razvidno iz odziva sorte 'Nayarit' na povečano gnojenje s P₂O₅ in K₂O v primerjavi s sorto 'Juliana' (Preglednica 3). Sorta 'Nayarit' je imela večji

sprejem hranil (Assuncao in sod., 2016). Najmanjši pridelek pri obeh sortah se je pokazal pri gnojenju brez P₂O₅ (100: 0: 450), kar je mogoče pripisati počasnejši rasti rastline oziroma korenom, ki so imeli manjši volumen. Pomanjkanje enega hranila N, P₂O₅ ali K₂O vodi v nižji pridelek (Assuncao in sod., 2016).

Preglednica 3: Količina pridelka korenja in suhe snovi v korenu in listih pri različnih stopnjah mineralnih gnojil NPK (Assuncao in sod., 2016)

| Odmerek gnojila (NPK) | Pridelek (t/ha) | Suha snov korenine (t/ha) | Suha snov listi (t/ha) |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| | Sorta Juliana (poletje) | | |
| 0-500-450 | 53,4* | 3,29 * | 1,62 * |
| 100-0-450 | 54,0* | 3,26 * | 2,14 |
| 100-500-0 | 54,6* | 4,59 | 1,88 |
| 100-500-450 | 66,1 | 4,57 | 2,15 |
| 100-700-600 | 67,8 | 4,63 | 2,70 * |
| 100-300-300 | 58,5 | 4,42 | 1,93 |
| Povprečje | 59,1 | 4,12 | 2,07 |
| Sorta Nayarit (zima) | | | |
| 0-500-450 | 65,1 | 6,58 | 2,39 |
| 100-0-450 | 58,3 * | 5,89 * | 2,89 * |
| 100-500-0 | 72,3 | 7,08 | 3,16 * |
| 100-500-450 | 67,1 | 7,13 | 2,38 |
| 100-700-600 | 78,2 * | 7,89 | 3,34 * |
| 100-300-300 | 74,0 | 7,48 | 2,84 * |
| Povprečje | 69,2 | 7,00 | 2,83 |

Povprečje, ki ima simbol (*), se razlikuje od kontrole (100:500:450 kg/ha N: P₂O₅: K₂O) pri 5-odstotni verjetnosti z Dunnettovim testom.

4 METABOLITI

Med primarne metabolite uvrščamo sladkorje, maščobe, organske kisline in aminokisline. Primarni metaboliti imajo pomembno vlogo pri razvoju in rasti rastline, procesih dihanja in fotosintezi (Veberič, 2010). Sekundarni metaboliti vplivajo na okus in aromo korenja (Kjellenberg, 2007) ter imajo pomembno vlogo pri obrambnem mehanizmu (Veberič, 2010; Taiz in Zeiger, 2010). Med sekundarne metabolite sodijo fenolne snovi in karotenoidi (Taiz in Zeiger, 2010). Obrambne snovi, ki jih tvori rastlina, povečajo produktivnost rastline, saj rastlino ščitijo pred glivami, bakterijami in herbivori. Če ima rastlina preveč metabolitov, lahko postane neužitna za človeka. Nekatere rastline so bile selekcionirane na čim nižjo vsebnost metabolitov, posledica tega je večja občutljivost na bolezni in škodljivce (Taiz in Zeiger, 2010; Benbrook, 2005).

4.1 VPLIV GNOJENJA NA PRIMARNE METABOLITE

4.1.1 Sladkorji

Sladkorji se v rastlini tvorijo v procesu fotosinteze (Taiz in Zeiger, 2010). V začetnih razvojnih fazah rasti korena korenja koren vsebuje večje količine glukoze in fruktoze ter manjšo količino saharoze. Količina saharoze v nadaljnjem času rasti začne naraščati, medtem ko se vsebnost glukoze in fruktoze posledično zmanjšuje (Šink, 2018). Maksimalna vsebnost sladkorjev se pojavi po treh mesecih rasti (Benjamin in sod., 1997, cit. po Šink, 2018). Na začetku rasti je večja vsebnost sladkorjev v floemskem tkivu in manjša v ksilemskem tkivu, kasneje se začne vsebnost sladkorjev v ksilemskem tkivu povečevati in doseže enako vrednost kot je v floemskem tkivu (Phan in Hsu, 1973, cit. po Šink, 2018). Topni sladkorji predstavljajo 34–70 % suhe mase korena in so glavne skladiščne spojine. V času polne zrelosti med sladkorji prevladuje saharoza. Način gojenja ali skladiščenja vpliva na vsebnost sladkorjev v korenu (Gajewski in sod., 2009).

Sorensena, (1999, cit. po Smolen in Sady, 2009) je v raziskavi z različnimi odmerki dušičnega gnojila (0, 60, 120, 240 in 480 kg/ha) prišel do ugotovitve, da različni odmerki N niso vplivali na vsebnost glukoze, fruktoze in saharoze v korenu. V raziskavi, ki so jo izvedli Rožek in sod. (2000), so ugotovili, da z različnimi odmerki dušičnega gnojila in s foliarno prehrano (sečnina, Mikrovit-R in Supervit-R) povečamo vsebnost skupnih sladkorjev v korenu korenja. Povečane količine dušičnega in kalijevega gnojila negativno vplivajo na vsebnost fruktoze in glukoze, pozitivno pa vplivajo na vsebnost saharoze, saj se je koncentracija v korenu povečala (Šink, 2018). V poizkusu, ki so ga izvedeli Hochmuth in sod. (2006), so prišli do ugotovitve, da različni odmerki kalijevega gnojila niso vplivali na koncentracijo topnih sladkorjev v korenju (Preglednica 6).

Pri gnojenju s 140 kg N/ha je bila dosežena največja koncentracija sladkorjev v korenu (45 mg/g svežega korena) pri sorti 'Choctaw'. Pri sorti 'Scarlet Nantes' gnojenje ni imelo nobenega vpliva na koncentracijo sladkorjev v korenu (Hochmuth in sod., 1999).

Dušično gnojenje in foliarno gnojenje (2-odstotna raztopina sečnine in 1-odstotna raztopina Supervit-R) sta imela velik vpliv na koncentracijo topnih sladkorjev v korenju. Najmanjša vsebnost topnih sladkorjev je bila v korenju, ki je bil gnojen z $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 70 kg N/ha + 70 kg N/ha in s foliarnim gnojenjem. Največja vsebnost topnih sladkorjev je bila v korenju, ki je bil gnojen z $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 70 kg N/ha in s foliarnim gnojilom. Foliarna prehrana je povzročila povečanje nitratov in negativno vplivala na koncentracijo topnih sladkorjev v primerjavi s kontrolnimi rastlinami (Preglednica 4). Razen pri korenju, ki je bil gnojen z $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 70 kg N/ha in s foliarnim gnojilom (Smolen in sod., 2005).

Preglednica 4: Analiza korenja v zvezi z dušičnim gnojenjem in foliarnim gnojenjem (povprečje v letih 2003–2004) (Smolen in sod., 2005)

| Foliarna prehrana | Gnojenje | Nitrati (1) | Suha masa | mg/100 g sveže mase | | |
|---|---|-------------|-----------|---------------------|---------|-------------|
| | | | | Topni sladkorji | Fenoli | Karotenoidi |
| Brez foliarnega gnojenja | Kontrola | 73,57* | 12,67* | 6081,84 bc | 19,95* | 30,66* |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 74,00 | 13,65 | 6200,30 bc | 19,45 | 31,50 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 95,20 | 13,13 | 6749,82 cd | 21,63 | 32,91 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 126,10 | 13,47 | 6524,63 cd | 21,38 | 32,25 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 94,73 | 12,84 | 6740,82 cd | 21,94 | 29,90 |
| Foliarno gnojenje | Kontrola | 120,07 | 11,70 | 6278,75 bc | 19,26 | 29,55 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 145,70 | 13,03 | 6105,32 bc | 21,41 | 31,19 |
| | Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 178,57 | 12,34 | 5569,64 b | 20,10 | 31,25 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 182,40 | 12,86 | 7437,73 d | 21,51 | 32,05 |
| | (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 161,43 | 12,15 | 4465,22 a | 22,22 | 31,77 |
| Brez foliarnega gnojenja (povprečje) | | 92,72 a | 13,15 b | 6459,48 b | 20,87* | 31,44* |
| Foliarno gnojenje (povprečje) | | 157,63 b | 12,42 a | 5971,33 a | 20,90 | 31,16 |
| Leto 2003 (povprečje) | | 96,47 a | 12,78 b | 6077,38 a | 16,62 a | 28,66 a |
| Leto 2004 (povprečje) | | 153,88 b | 10,84 | 6353,43 b | 25,14 b | 33,93 b |

(1) – mg NO₃-/kg sveže mase, *– ni nobene pomembne razlike med obravnavanji. Vrednosti v stolpcu, ki imajo različne črke, označujejo statistično značilne razlike med obravnavanji ($\alpha=0,05$).

Cebulak in Sady (2000) sta v svojih raziskavah prišla do ugotovitve, da imajo podnebne razmere velik vpliv na koncentracijo topnih sladkorjev in karotenoidov v korenu korenja, gojenem na grebenu in ravnem sistemu z različno vlago tal.

4.1.2 Organske kisline

V korenju najdemo pet organskih kislin, jabolčno, piruvično, citronsko, fumarno in šikimsko. Organske kisline imajo pomembno funkcijo pri procesu celičnega dihanja in procesu fotosinteze (Boyer, 2005). Največja koncentracija organskih kislin se pojavi zatem, ko v korenju karotenoidi dosežejo svojo največjo koncentracijo (Phan in Hsu, 1973, cit. po Šink, 2018). Šink (2018) je v raziskavi ugotovila, da na koncentracijo posamične organske kisline vplivata sorta in način pridelave (ekološka, integrirana pridelava). Sorta vpliva na piruvično in fumarno kislino, način pridelave pa na vsebnost jabolčne, piruvične in šikimske kisline.

4.1.3 Vitamin C

Vitamin C (askorbinska kislina) uvrščamo v skupino močnih antioksidantov (Quality ..., 2011). Vitamin C je zelo pomemben za človeško telo, potrebe po njem so dvakrat do trikrat večje kot po drugih vitaminih (Šink, 2018). V telesu ima pomembno vlogo, vpliva na imunski sistem, pospešuje proces celjenja ran in zlomljenih kosti, regenerira vitamin E in druge nizko molekularne antioksidante ter zmanjšuje negativne vplive nitratov (Quality ..., 2011). Velik odmerek dušičnega gnojila v raziskavi (180 kg N/ha) zmanjšuje koncentracijo vitamina C v korenju (Boskovič-Rakocevič in sod., 2012).

Musa in sod. (2010) so v raziskavi prišli do rezultatov, ki so pokazali, da z uporabo dušičnega gnojila negativno vplivamo na koncentracijo vitamina C. Boskovič-Rakocevič in sod. (2012) je v dveh poizkusih prišel do ugotovitve, da je največjo vsebnost vitamina C dosegel pri najmanjši stopnji gnojenja z dušičnimi gnojili (Preglednica 5). Ravno tako je prišel do enake ugotovitve Cieslik (1994, cit. po Boskovič-Rakocevič in sod., 2012), saj mu je uspelo določiti največjo vsebnost vitamina C pri najmanjši stopnji gnojenja z dušičnim gnojilom. Lee in Kader (2000) sta mnenja, da je manjša vsebnost vitamina C v korenju, pri večjih količinah gnojenja z dušičnimi gnojili, posledica hitre rasti rastline, ki povzroči razredčitev vitamina C v rastlini. Pri dodajanju večjih odmerkov dušičnih gnojil rastlina porablja vitamin C za zmanjšanje dušika v rastlini (Šink, 2018). Precej visoka vsebnost nitratov v rastlini lahko negativno vpliva na vitamin C. V nevtralni vodni raztopini vitamin C precej hitro reagira z nitritnim ionom in nato se tvori v nestabilno dehidroaskorbinsko kislino (Kastelec, 2011).

Preglednica 5: Prikaz vsebnosti nitrata, vitamina C in β -karotena v korenju, ki je bil gnojen z naraščajočo vsebnostjo kalcijevega amon nitrata. (Boskovič-Rakocevič in sod., 2012)

| | Vsebnost nitrata (mg NO ₃ /kg sveže mase) | | Vitamin C (mg/100 g sveže mase) | | β -karoten (mg β -karotena/kg sveže mase) | |
|-------------------------------|--|---------|------------------------------------|---------|---|----------|
| | 2005 | 2006 | 2005 | 2006 | 2005 | 2006 |
| Sorta | | | | | | |
| Nantes | 338,4 a | 515,9 a | 27,35 a | 22,60 a | 92,18 b | 90,16 b |
| Almaro F1 | 241,6 b | 271,1 b | 26,25 b | 21,30 b | 118,65 a | 121,70 a |
| N-gnojenje (kg/ha) | | | | | | |
| 0 | 122,0 d | 241,2 d | 28,75 a | 23,15 a | 95,74 c | 92,15 c |
| 60 | 187,0 c | 335,0 c | 27,60 b | 22,85 a | 96,24 c | 92,88 c |
| 120 | 358,4 b | 420,3 b | 26,40 c | 21,20 b | 102,56 b | 100,24 b |
| 180 | 492,4 a | 577,7 a | 25,50 d | 20,45 b | 111,82 a | 115,74 a |
| Koreninski del | | | | | | |
| 1/3 | 332,5 a | 524,1 a | | | | |
| 2/3 | 247,5 b | 262,8 b | | | | |

Vrednosti v stolpcu, ki jim sledijo različne črke, se med seboj statistično razlikujejo (LSD – test, $P < 0,05$). Analiza pri vseh postopkih je vključevala 30 korenov. Vrednosti (vsebnost nitratov, vitamina C in β -karotena) so predstavljene kot povprečne vrednosti za obe sorti, vključeni v poskus.

Singh in sod. (2012) so v raziskavi ugotavljali, kakšen vpliv imata bor (B) in kalcij (Ca) na vsebnost metabolitov. Gnojenje z B ali Ca je pomembno vplivalo na koncentracijo vitamina C. Pomanjkanje B ali Ca v hranilni raztopini povzroči povečanje vsebnosti vitamina C, vendar pa se je to povečanje vitamina C spreminjalo med sortami korenja, ki so bile vključene v poizkus. Pri sortah 'Dragon Purple' in 'Nutri-Red' je pomanjkanje B privedlo do zmanjšanja vitamina C za 63–70 % v primerjavi s kontrolo, kar nakazuje, da je pri teh dveh sortah korenja za kopičenje vitamina C potrebna ustrezna količina B. Nasprotno je bilo pri sortah 'Kuroda' in 'Yellow', saj je bila vsebnost vitamina C večja, če ni bilo dodanega B ali Ca. Te razlike v rezultatih so lahko posledica sortnih značilnosti (genetskih razlik) in mineralnih potreb (Singh in sod., 2012).

4.2 VPLIV GNOJENJA NA SEKUNDARNE METABOLITE

4.2.1 Karotenoidi

Korenje se šteje za bogat prehranski vir karotenoidov, zlasti karotenov, ki služijo kot predhodnik vitamina A. Barva korenja je dobra oznaka za prisotnost in količino karotenoidov (Arscott in Tanumihardjo, 2010). Na primer, karoten (oranžne barve) je prevladujoči karotenoid v oranžnem korenju, medtem ko sta likopen (rdeče barve) in lutein (rumene barve) prevladujoča karotenoida v sortah rdečega in rumenega korenja (Singh in sod., 2012). Od skupnih karotenoidov sta v rastlini najbolj zastopana karotena α in β , ki sta glavna karotenoidna pigmenta in korenju dajeta značilno rumeno in oranžno barvo (Lietz in sod., 2013). Tvorba pigmentov zaostaja za rastjo korena, zato so mladi koreni blede. Pri nadaljnji rasti korenja se začne karoten kopičiti v korenu in najvišjo vsebnost doseže po 90-ih do 120-ih dnevih rasti, nato ostane v enakih količinah ali celo počasi rahlo upade (Rubatzky in Yamaguchi, 1997, cit. po Welbaum, 2015). Med dolgoročnim skladiščenjem prihaja do razpada karotenoidov (Welbaum, 2015).

Koncentracija β -karotena se poveča z večanjem odmerkov dušika (Preglednica 5) (Boskovič-Rakocevič in sod., 2012). Cserni in sod. (1989, cit. po Smolen in Sady, 2009) so dokazali, da imajo povišani odmerki dušičnega gnojila (od 0, 40, 80, 160, 320–640 kg N/ha amonijevega nitrata) pozitiven učinek na koncentracijo karotenov. Sorensen (1999, cit. po Smolen in Sady, 2009) je v raziskavi ravno tako ugotavljal, kako vplivajo različni odmerki dušičnega gnojila (0, 60, 120, 240 in 480 kg N/ha) na vsebnost karotenoidov in prišel do ugotovitve, da je prišlo do povišanja β -karotena.

Rožek in sod. (2000) so ravno tako prišli do ugotovitve, da različni odmerki dušičnega gnojila in foliarno gnojenje privedeta do povečanja koncentracije karotenoidov v korenu. Smolen in sod. (2005) so prišli do ugotovitve, da foliarno gnojenje (2-odstotna raztopina sečnine in 1-odstotna raztopina Supervit-R) ni imelo izrazitega vpliva na koncentracijo karotenoidov (Preglednica 4). Gnojenje z različnimi odmerki kalijevega gnojila ni privedlo do sprememb v koncentraciji karotenoidov (Preglednica 6) (Hochmuth in sod., 2006).

Preglednica 6: Glavni učinki kalijevega gnojenja na korenje (Hochmuth in sod., 2006)

| Odmerki gnojila (K) (kg/ha) | Dolžina korena (cm) | Premer korena | Razmerje Koren:listi | Sprejem Kalija (kg/ha) | | Kalij v list (%) (w) | Sladkor v korenu (mg/g sveže mase) (v) | Karotenoidi v korenu (ug/g sveže mase) (u) |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|---|---|
| | | | | Koren (x) | Listi (x) | | | |
| 0 | 18,8 | 2,8 | 2,7 | 59,4 | 28,0 | 3,54 | 42 | 57 |
| 47 | 19,5 | 3,0 | 3,1 | 68,4 | 33,6 | 4,63 | 41 | 53 |
| 94 | 19,5 | 3,0 | 3,2 | 74,0 | 29,1 | 4,17 | 40 | 52 |
| 141 | 19,8 | 2,8 | 3,1 | 75,1 | 35,9 | 4,75 | 38 | 52 |
| 188 | 19,5 | 2,8 | 3,1 | 61,6 | 29,1 | 3,80 | 40 | 52 |
| | NS | NS | NS | L**, Q* | NS | L**, Q* | NS | NS |
| (p) | 0,504 | 0,659 | 0,253 | 0,001 | 0,115 | 0,004 | 0,369 | 0,764 |

(x) – s povprečno rastlinsko populacijo 316.086 korenin/ha; (w) – Koncentracija kalija v listih, merjena pri višini 15 cm pri prvih dveh zasaditvah; (v) – 1 mg/g = 1000 ppm; (u) - ug/g = 1 ppm; NS,*,**statistično neznačilno, ali statistično značilno pri $P \leq 0,05$ ali 0,01, oziroma; L = linearno; Q = kvadratno

Rezultati Domagala (1997, cit. po Smolen in Sady, 2009) kažejo učinek različnih odmerkov dušičnega gnojila na koncentracijo karotenoidov, ki pa je odvisna tudi od fizikalnih in kemijskih lastnosti tal in podnebnih razmer (padavine, temperatura in sončno sevanje). Evers (1989, cit. po Smolen in Sady, 2009) je prišel do ugotovitve, da na vsebnost karotenoidov v večji meri vplivajo podnebni dejavniki (padavine, temperatura in sončno sevanje). Hochmuth in sod. (1999) v svojem delu ugotavljajo, da na vsebnost karotenoidov v korenju vplivata čas setve in odmerek dušičnega gnojila. Izvedli so tri poizkuse, ko je bilo korenje zasajeno novembra, decembra in januarja z različnimi odmerki dušičnega gnojila (od 0 do 220 kg N/ha). Koncentracije karotenoidov so si sledile: novembra (56 mg/kg sveže mase), decembra (51 mg/kg sveže mase) in januarja (42 mg/kg sveže mase). Največjo koncentracijo karotenoidov so dosegli pri odmerku 160 kg N/ha.

Singh in sod. (2012) so v raziskavi ugotavljali, kakšen vpliv imata B in Ca na metabolite. Pri rastlinah, kjer ni bilo dodanega B ali pa je bil dodan v manjših količinah, se je vsebnost karotenoidov v korenu povečala.

4.2.1 Fenolne snovi

Fenolne kisline (kavna, *p*-kumarna, ferulna in klorogenska) se nahajajo v zelenjavi in sadju. Klorogenska kislina v korenju predstavlja 80 % polifenolov. V zelenjavi se nahaja veliko polifenolov, vendar so za človeško prebavo težko dostopni. Absorpcija različnih fenolnih kislin v črevesju človeka je različna. Največ se absorbira *p*-kumarne kisline, nato sledi ferulna, kavna in galna kislina in najmanj je klorogenske kisline (Soltoft in sod., 2010). Fenolne spojine se nahajajo v vakuolah ali pa v celičnih stenah (Taiz in Zeiger, 2010). Pomembnejša lastnost fenolnih snovi so različne biološke aktivnosti. Ena izmed najpomembnejših bioloških aktivnosti je antioksidativna sposobnost (Podsdek, 2007). Poudariti je treba, da fenolne spojine, poleg kumarina in lignina, nastajajo tudi v zunanjih tkivih korenja kot posledica mehanskih poškodb v času pobiranja pridelka. To povzroča

slabšo kakovost korenov, kot so encimska porjavitev ali poslabšanje okusa ali razvoj različnih arom, ki so posledica encimske oksidacije pigmentov in nenasičenih maščobnih kislin (Leja in sod., 1997, cit. po Smolen in Sady, 2009). Vsebnost fenolnih spojin v korenu je sortna lastnost (Nicolle in sod., 2004). Na vsebnost fenolnih spojin v korenu lahko vplivamo z dušičnimi gnojili (Rožek in sod., 2000), foliarnim gnojenjem (Mareczek in sod., 2004), vplivom tal in podnebnimi razmerami (Domagala, 1997, cit. po Smolen in Sady, 2009).

Rezultati dveh poizkusov, ki sta jih izvedla Smolen in Sady (2009), so pokazali, da gnojenje z dušičnim gnojilom poveča koncentracijo fenolnih spojin v korenu v primerjavi s kontrolnimi rastlinami, ki niso bile gnojene s tem elementom. Foliarno gnojenje (2-odstotna raztopina sečnine in 1-odstotna raztopina pripravka Supervit R) je povzročilo navidezno zmanjšanje koncentracij fenolnih spojin pri poizkusu II (Preglednica 8, rezultati za leto 2005 in povprečje za obdobje 2004–2005). Pri poizkusu I pa foliarno gnojenje ni zmanjšalo koncentracije fenolnih spojin, razen pri rezultatih za leto 2003 (Preglednica 7). V obeh poizkusih so kontrolne rastline (z ali brez foliarnega gnojenja) vsebovale najmanjše količine fenolnih spojin, kar nakazuje, da gnojenje z dušikom in foliarnim gnojenjem pozitivno vpliva na koncentracijo fenolnih spojin. V obeh poizkusih sta kot pomemben dejavnik, ki vpliva na rezultate, poročala o vplivu talnih razmer in podnebnih dejavnikov v času rasti. A kljub spreminjajočim se talnim razmeram in podnebnim dejavnikom je gnojenje z dušičnim gnojilom vplivalo na koncentracijo fenolnih spojin (Smolen in Sady, 2009).

Preglednica 7: Koncentracija fenolnih spojin v korenčku v poizkusu I, odvisno od dušičnega gnojenja, foliarnega gnojenja in leta poizkusa (Smolen in Sady, 2009)

| Kombinacija gnojenja | Fenolne spojine (mg/100 g sveže mase) | | | | |
|--|---------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|---------------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | Povprečje za 2004–2005 | Povprečje za 2003–2005 |
| Brez foliarnega gnojenja | | | | | |
| Kontrola | 16,1 | 23,8 | 14,5 | 19,2 | 18,1 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 16,3 | 22,6 | 15,7 | 19,2 | 18,2 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 19,2 | 24 | 21,3 | 22,7 | 21,5 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 17,5 | 25,2 | 16,6 | 20,9 | 19,8 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 17,4 | 26,5 | 19,6 | 23 | 21,1 |
| S foliarnim gnojenjem | | | | | |
| Kontrola | 15,3 | 23,3 | 15,6 | 19,4 | 18 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 16,8 | 26 | 18,7 | 22,3 | 20,5 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 16 | 24,2 | 20,3 | 22,3 | 20,2 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 17,2 | 25,8 | 18,3 | 22,1 | 20,4 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 14,6 | 29,9 | 19,6 | 24,7 | 21,4 |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje x dušično gnojenje | 1,03 | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje x dušično gnojenje x leto poizkusa | | | n. s. | | |
| Povprečje za gnojenje | | | | | |
| Kontrola | 15,7 | 23,5 | 15,1 | 19,3 | 18,1 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70 kg N/ha | 16,5 | 24,3 | 17,2 | 20,8 | 19,3 |
| Ca(NO ₃) ₂ 70+70 kg N/ha | 17,6 | 24,1 | 20,8 | 22,5 | 20,9 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70 kg N/ha | 17,4 | 25,5 | 17,4 | 21,5 | 20,1 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ 70+70 kg N/ha | 16 | 28,2 | 19,6 | 23,9 | 21,2 |
| LSD (P<0,05) za gnojenje | 0,73 | | 2,66 | 2,31 | 1,54 |
| Povprečje za foliarno gnojenje | | | | | |
| Brez foliarnega gnojenja | 17,3 | 24,2 | 17,5 | 21 | 19,8 |
| S foliarnim gnojenjem | 16 | 25,8 | 18,5 | 22,2 | 20,1 |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje | 0,46 | n. s. | n. s. | n. s. | n. s. |
| Povprečje za leto poizkusa | 16,6 | 25,1 | 18 | LSD (P<0,05) za leto poizkusa =1,20 | |

n. s. – ni statistično značilnih razlik

Preglednica 8: Koncentracija fenolnih spojin v korenčku v poizkusu II, odvisno od dušičnega gnojenja, foliarnega gnojenja in leta poizkusa (Smolen in Sady, 2009)

| Kombinacija gnojenja | Fenolne spojine (mg/100 g sveže mase) | | |
|--|---------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| | 2004 | 2005 | Povprečje za 2004–2005 |
| Brez foliarnega gnojenja | | | |
| Kontrola | 23,8 | 14,5 | 19,2 |
| ENTEC-26 35+35 kg N/ha | 32,4 | 22,6 | 27,5 |
| ENTEC-26 75+75 kg N/ha | 28,6 | 19,4 | 24 |
| ENTEC-26 105+105 kg N/ha | 33,6 | 22,4 | 28 |
| NH ₄ NO ₃ 35+35 kg N/ha | 36,9 | 21,9 | 29,4 |
| NH ₄ NO ₃ 75+75 kg N/ha | 28,5 | 24 | 26,2 |
| NH ₄ NO ₃ 105+105 kg N/ha | 35,4 | 22,1 | 28,8 |
| S foliarnim gnojenjem | | | |
| Kontrola | 23,3 | 15,6 | 19,4 |
| ENTEC-26 35+35 kg N/ha | 30,8 | 19,2 | 25 |
| ENTEC-26 75+75 kg N/ha | 33 | 19,6 | 26,3 |
| ENTEC-26 105+105 kg N/ha | 34 | 20,8 | 27,5 |
| NH ₄ NO ₃ 35+35 kg N/ha | 31 | 18,9 | 25 |
| NH ₄ NO ₃ 75+75 kg N/ha | 30,7 | 21,1 | 25,9 |
| NH ₄ NO ₃ 105+105 kg N/ha | 27,8 | 21,5 | 24,7 |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje x dušično gnojenje | 5,18 | n. s. | 3,09 |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje x dušično gnojenje x leto poizkusa | | n. s. | |
| Povprečje za gnojenje | | | |
| Kontrola | 23,5 | 15,1 | 19,3 |
| ENTEC-26 35+35 kg N/ha | 31,6 | 20,9 | 26,2 |
| ENTEC-26 75+75 kg N/ha | 30,8 | 19,5 | 25,1 |
| ENTEC-26 105+105 kg N/ha | 33,8 | 21,6 | 27,7 |
| NH ₄ NO ₃ 35+35 kg N/ha | 33,9 | 20,4 | 27,2 |
| NH ₄ NO ₃ 75+75 kg N/ha | 29,6 | 22,5 | 26,1 |
| NH ₄ NO ₃ 105+105 kg N/ha | 31,6 | 21,8 | 26,7 |
| LSD (P<0,05) za gnojenje | 3,66 | 2,56 | 2,19 |
| Povprečje za foliarno gnojenje | | | |
| Brez foliarnega gnojenja | 31,3 | 21 | 26,1 |
| S foliarnim gnojenjem | 30,1 | 19,5 | 24,8 |
| LSD (P<0,05) za foliarno gnojenje | n. s. | n. s. | n. s. |
| Povprečje za leto poizkusa | 30,7 | 20,3 | LSD (P<0,05) za leto poizkusa =1,17 |

n. s. – ni statistično značilnih razlik

Smolen in sod. (2005) so v raziskavi ugotovili, da foliarno gnojenje (2-odstotna raztopina sečnine in 1-odstotna raztopina Supervit-R) ni imelo pomembnega vpliva na fenolne spojine (Preglednica 4). Rožek in sod. (2000) pa so prišli do ugotovitve, da z različnimi odmerki dušičnega gnojila in foliarnim gnojenjem (izvedeno s tremi gnojili: sečnina, Mikrovit-R in Supervit-R) lahko povečamo ali zmanjšamo koncentracijo fenolnih spojin.

Singh in sod. (2012) so prišli do ugotovitve, da ima gnojenje z B in Ca, ki ga rastline sprejemajo prek hranilne raztopine, pomemben vpliv na kopičenje fenolnih snovi v korenih korenja. Pri rastlinah, kjer ni bilo dodanega B ali pa je bil dodan v manjših količinah, se je vsebnost fenolnih spojin povečala v korenu.

5 ZAKLJUČEK

Gnojenje igra pomembno vlogo pri količini pridelka in kakovosti korenja. V primeru pomanjkanja kakšnega glavnega hranila, kot so dušik, fosfor ali kalij, ima to negativen vpliv na količino pridelanega korenja. Gnojenje z dušičnim gnojilom in uporaba foliarnega gnojila privedeta do zelo velikih pridelkov korenja v primerjavi s kontrolnimi rastlinami brez gnojenja. V poizkusu, ki ga je izvedel Gutezeiz (2001), se je z dušičnim gnojenjem (150 kg N/ha) pridelek povečal za 28,7 % na peščenih tleh in za 12,4 % na ilovnatih tleh. Smolen in sod. (2005) so z dušičnim gnojenjem in foliarnim gnojenjem povečali skupni pridelek za 6,5 % in tržni pridelek za 9,5 %. V nekaterih poizkusih se je izkazalo, da različni odmerki dušičnega gnojila niso vplivali na povišano vsebnost sladkorjev, medtem ko v poizkusih, v katerih sta bili uporabljeni dušično gnojilo in foliarno gnojilo, pride do povečane vsebnosti sladkorjev. V raziskavah, ki sem jih preučil, različni odmerki kalijevega gnojila niso vplivali na povišanje sladkorjev v korenju. Vsebnost organskih kislin je v večji meri odvisna od sorte korenja in načina pridelave (ekološka in integrirana pridelava). Najvišje koncentracije vitamina C v korenju so v raziskavah dosegali z najmanjšimi odmerki dušičnega gnojila. Lee in Kader (2000) sta mnenja, da zaradi visokih odmerkov gnojil rastline hitreje rastejo in koncentracija vitamina C se razredči. Ob povečanem gnojenju z dušičnimi gnojili se je koncentracija karotenoidov in fenolnih spojin v korenju povečala. Pri različnih odmerkih kalijevega gnojila ni prišlo do povišanja karotenoidov v korenju. Pri poizkusu, v katerem so spremljali vpliv bora (B) in kalcija (Ca), so prišli do ugotovitev, da je tam, kjer ni bilo dodanega B ali pa je bil dodan v manjših količinah, prišlo do povečanja karotenov, vitamina C in fenolnih kislin. V raziskavah so nekateri avtorji prišli do ugotovitev, da na vsebnost primarnih in sekundarnih metabolitov ne vpliva le gnojenje, temveč k temu močno prispevajo tudi podnebni dejavniki in spreminjajoče se lastnosti tal.

6 VIRI

- Arcscott S. A., Tanumihardjo S. A. 2010. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 2: 223–239
- Assuncao N. S., Aquino L. A. D., Santos L. P. D. D., Clemente J. M., Dezordi L. R. 2016. Carrot yield and recovery efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium. *Revista Caatinga*, 29, 4: 859–865
- Benbrook M. C. 2005. Elevating antioxidant levels in food through organic farming and food processing. The organic center for education and promotion: 56 str.
https://www.organic-center.org/reportfiles/Antioxidant_SSR.pdf (5. maj 2018)

- Boskovic-Rakocevic L., Pavlovic R., Djuric M., Zdravkovic J., Zdravkovic M., Pavlovic N. 2012. Effect of nitrogen fertilization on carrot quality. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 18: 2884–2900
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.
- Bruno R. L. A., Jeandson S. V., Vicente F. S., Genildo B. B., Mácio F. M. 2007. Producao e qualidade de sementes e raizes de cenoura cultivada em solo com adubacao organica e mineral. *Horticultura Brasileira*, 25, 2: 170–174
- Cebulak T., Sady W. 2000. Effect of cultivation methods on nutritive compounds in the carrot. *Folia Horticulturae*, 12, 1: 77–84
- Cecilio Filho A. B., Peixoto F. C. 2013. Acumulo e exportacao de nutrientes em cenoura 'Forto'. *Revista Caatinga*, 26, 1: 64–70
- Daško L., Maquet A., Anklam E. 2006. Content of polyphenolic acids in organically and conventionally grown crops. Joint Organic Congress, Odense, Denmark, 30-31 maj 2006
<http://orgprints.org/view/projects/int-conf-joint2006-10.html> (4. junij. 2018)
- FAOSTAT. 2016. Crops.
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (27. april. 2018)
- Gemuse katalog. 2018.
<https://www.austrosaat.at/KATALOGE/Gemuese2018/#1> (24. julij. 2018)
- Gajewski M., Weglarz Z., Sereda A., Bajer M., Kuczkowska A., Majewski M. 2009. Quality of carrots grown for processing as affected by nitrogen fertilization and harvest term. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 70: 135-144
- Gutezeit B. 2001. Yield and quality of carrots as affected by soil moisture and N-fertilization. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76, 6: 732–738
- Hochmuth G. J., Brecht J. K., Bassett M. J. 1999. Nitrogen fertilization to maximize carrot yield and quality on a sandy soil. *Horticultural Sciences*, 34, 4: 641-645
- Hochmuth G. J., Brecht J. K., Bassett M. J. 2006. Fresh-market carrot yield and quality did not respond to potassium fertilization on a sandy soil validated by Mehlich-1 soil test. *HortTechnology*, 16, 2: 270-276
- Kastelec I. 2011. Vsebnost vitamina C in nitratov v zelenjavi, Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 122 str.
- Kjellenberg L. 2007. Sweet and bitter taste in organic carrot. Alnarp, Swedish University of Agricultural Sciences: 46 str.
<http://pub.epsilon.slu.se/3083/1/IntroLarsKj2007pdf.pdf> (4. junij 2018)
- Lee S. K., Kader A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207–220
- Lietz G., Oxley A., Boesch C. 2013. Consequences of common genetic variation on B-caroten cleavage for vitamin A supply.
https://www.researchgate.net/publication/258156711_Consequences_of_Common_Genetic_Variations_on_b-Carotene_Cleavage_for_Vitamin_A_Supply (2. junij 2018)

- Luz J. M. Q., Zorzal Filho A., Rodrigues W. L., Rodrigues C. R., Queiroz A. A. 2009. Adubacao de cobertura com nitrogenio, potassio e calcio na producao comercial de cenoura. *Horticultura Brasileira*, 27, 4: 543–548
- Mareczek A., Wyzgolik G., Leja M. 2004. Antioxidative ability of carrot as related to urea foliar application. *Horticulture and Vegetable Growing*, 23, 2: 329–335.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 182 str.
- Moreira F. L. M., Mota F. O. B., Clemente C. A., Azevedo B. M., Bomfim G. V. 2006. Adsorcao de fosforo em solos do Estado do Ceara. *Revista Ciencia Agronomica*, Fortaleza, 37, 1: 7–12
- Musa A., Ezenwa I. S., Oladiran J. A., Akanya H. O., Ogbadoyi E. O. 2010. Effect of soil nitrogen levels on some micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* grown in Minna. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 22: 3075–3081
- Nicolle C., Simon G., Rock E., Amouroux P., Remesy C. 2004. Genetic variability influences carotenoid, vitamin phenolic, and mineral content in white, yellow, purple, organe, and dark-organe carrot cultivars. *Journal of the American Society*, 129: 523–529
- Northolt M., Burgt G. J., Buisman T., Vanden Bogaerde A. 2004. Parameters for carrot quality and the development of the inner quality concept. Louis Bolk Instituut Publications: 90 str.
<http://www.louisbolk.org/downloads/1411.pdf> (10. junij 2018)
- Oliveira F. H. T., Novais R. F., Alvarez V. V. H., Cantarutti R. B. 2005. Desenvolvimento de um sistema para recomendacao de adubacao para a cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 29, 1: 131–143
- Osvald J., Kogoj Osvald M., 2005. Vrtnarstvo: Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 591 str.
- Podsedeck A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: areview. *Food Science and Technology*, 40: 1–11
- Quality of organic vs. Conventional food and effects on health. 2011. Estonian University of Life Sciences: 104 str.
<http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/4541/1/Matt2011.pdf> (5. maj 2018)
- Rożek S., Sady W., Kasprzyk A. 2000. Wplyw pozakorzeniowego dokarmiania roslin na wielkość i jakość plonu marchwi. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 71: 159–162
- Singh D. P., Beloy J., McInerney J. K., Day L. 2012. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*), *Food Chemistry*, 132: 1161–1170
- Smolen S., Sady W., Rożek S. 2005. Effect of differentiated nitrogen fertilization and foliar application on yield and biological quality of carrot crop. *Horticulture and Vegetable Growing*, 24, 3: 273–281

- Smolen S., Sady W. 2009. The effect of various nitrogen fertilization and foliar nutrition regimes on the concentrations of sugars, carotenoids and phenolic compounds in carrot (*Daucus carota* L.). *Scientia Horticulturae*, 120: 315–324
- Smolen S., Sady W., Wierzbinska J. 2012. The influence of nitrogen fertilization with ENTEC-26 and ammonium nitrate on the concentration of thirty-one elements in carrot (*Daucus carota* L.) storage roots. *Journal of Elementology*: 115–137
- Soltoft M., Nielsen J., Holst Laursen K., Husted S., Halekoh U., Knuthsen P. 2010. Effects of organic and conventional growth systems on the content of flavonoids in onions and phenolic acids in carrots and potatoes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58, 19: 10323–10329
- Šink N. 2018. Vpliv integrirane in ekološke pridelave na morfološke lastnosti in vsebnosti in vsebnosti izbranih primernih in sekundarnih metabolitov v korenju (*Daucus carota* L.), Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 168 str.
- Taiz L., Zeiger E. 2010. *Plant physiology*. 5. izd.. Sunderland, Sinauer Associates: 782 str.
- Veberič R. 2010. *Bioactive compounds in fruit plants*. Ljubljana. Biotehniška fakulteta: 65 str.
- Welbaum G. E. 2015. *Vegetable Production and Practices*. CABI, Wallingford: 453 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji mentorici doc. dr. Ani Slatnar za strokovne nasvete, popravke in pomoč pri pisanju diplomskega dela.

Prav tako bi se zahvalil recenzentu doc. dr. Roku Miheliču za pregled in popravke diplomskega dela.

Zahvale gredo tudi moji Anji in družini za podporo in pozitivno spodbujanje v času študija.