

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Domen ŠTEFANIČ

**VPLIV FOLIARNEGA GNOJENJA S FOSFORJEM IN  
KALIJEM NA VSEBNOST IZBRANIH PRIMARNIH  
METABOLITOV V ORGANIH ŽLAHTNE JABLANE  
(*Malus domestica* Borkh.)**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Domen ŠTEFANIČ

**VPLIV FOLIARNEGA GNOJENJA S FOSFORJEM IN KALIJEM NA  
VSEBNOST IZBRANIH PRIMARNIH METABOLITOV V ORGANIH  
ŽLAHTNE JABLANE (*Malus domestica* Borkh.)**

MAGISTRSKO DELO

**INFLUENCE OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM FOLIAR  
FERTILIZATION ON PRIMARY METABOLITES CONTENT IN  
APPLE (*Malus domestica* Borkh.) ORGANS**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je bilo opravljeno na Univerzi v Ljubljani, Biotehniški fakulteti, Oddelku za agronomijo, Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo ter Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin.

Vzorčenje rastlinskega materiala je potekalo v sadovnjaku laboratorijskega polja Biotehniške fakultete v Ljubljani. Analize izbranih primarnih metabolitov so bile opravljene v laboratoriju Katedre za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 1. 6. 2015 je bila izdana odločba, da kandidat izpolnjuje pogoje za izdelavo magistrskega dela s področja agronomije na podiplomskem študiju Bioloških in biotehniških znanosti.

Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Robert Veberič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Štampar  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član: prof. dr. Dominik Vodnik  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

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

Datum zagovora: 18. 5. 2016

Podpisani izjavljam, da je delo 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.

Domen ŠTEFANIČ

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
- DK UDK 634.11:631.82/.84:631.816.35:581.13(043.3)
- KG sadjarstvo/jablana/*Malus domestica*/cv. 'Zlati delišes'/cv. 'Elstar'/gnojenje/  
fosfor/kalij/fotosinteza/ogljikovi hidrati/organske kisline
- AV ŠTEFANIČ, Domen, univ. dipl. inž. agronomije
- SA VEBERIČ, Robert (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in  
biotehniških znanosti, področje agronomije
- LI 2016
- IN VPLIV FOLIARNEGA GNOJENJA S FOSFORJEM IN KALIJEM NA  
VSEBNOST IZBRANIH PRIMARNIH METABOLITOV V ORGANIH  
ŽLAHTNE JABLANE (*Malus domestica* Borkh.)
- TD Magistrsko delo
- OP XI, 93, [3] str., 13 pregl., 30 sl., 2 pril., 166 vir.
- IJ sl
- JJ sl/en
- AI V letih 2004 in 2005 smo proučevali vpliv foliarno dodanega fosforja (P) in kalija (K) na fotosintezo in transpiracijo listov ter na vsebnost izbranih primarnih metabolitov v plodovih in listih žlahtne jabolane (*Malus domestica* Borkh.) sort 'Elstar' in 'Zlati delišes'. Obravnavanja s kombiniranim pripravkom Hascon M10 AD so se razlikovala po pogostnosti in terminih dodajanja hranil od sredine julija do treh tednov pred obiranjem v tehnološki zrelosti. Aplikacije PK niso imele značilnega vpliva na fotosintezno aktivnost, transpiracijo, učinkovitost izrabe vode, fotosintezno kapaciteto listov ali na povečanje vsebnosti P in K v listih. Med sortama so bile opazne razlike v deležih posameznih ogljikovih hidratov in organskih kislin v plodovih. Vpliva gnojenja na povečanje vsebnosti topnih ogljikovih hidratov v plodovih nismo mogli potrditi, kljub nekaterim razlikam med največkrat gnojenimi in negnojenimi drevesi pri sorti 'Elstar' v letu 2005. Foliarno gnojenje s PK nakazuje potencialne vplive na povečanje vsebnosti jabolčne kisline v plodovih sorte 'Zlati delišes', a ne pri sorti 'Elstar'. Kljub temu, da pogostnost in termin foliarno dodanega PK pripravka na večino spremljanih parametrov nista imela bistvenega vpliva, so bili plodovi največkrat gnojenih dreves sorte 'Elstar' v letu 2005 izraziteje in značilno bolj rdeče obarvani kot plodovi negnojenih dreves. Foliarno gnojenje lahko predstavlja dopolnilno ali korekcijsko obliko gnojenja, v prvi vrsti pa je najpomembnejše talno gnojenje.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md  
DC UDC 634.11:631.82/.84:631.816.35:581.13(043.3)  
CX fruit growing/apple/*Malus domestica*/cv. 'Golden Delicious'/cv. 'Elstar'/fertilization/  
phosphorus/potassium/photosynthesis/carbohydrates/organic acids  
AU ŠTEFANIČ, Domen  
AA VEBERIČ, Robert (supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and  
Biotechnical Sciences, Field: Agronomy  
PY 2016  
TI INFLUENCE OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM FOLIAR FERTILIZATION  
ON PRIMARY METABOLITES CONTENT IN APPLE (*Malus domestica* Borkh.)  
ORGANS  
DT M. Sc. thesis  
NO XI, 93, [3] p., 13 tab., 30 fig., 2 ann., 166 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The influence of foliar-applied phosphorus (P) and potassium (K) on leaf photosynthesis  
and transpiration as well as the influence on some selected primary metabolites content  
in fruits and leaves during advanced maturation was studied in *Malus domestica* 'Elstar'  
and 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. The treatments with the combined fertilizer  
Hascon M10 AD differed in timing and frequency of nutrient applications from mid July  
to three weeks before commercial harvest. PK applications had no significant influence  
on photosynthetic activity, transpiration, water use efficiency, photosynthetic capacity of  
leaves or leaf P and K concentration enhancement. Differences between varieties were  
observed in the proportions of the individual carbohydrates and organic acids in fruits.  
The effects of fertilization on increasing the content of fruit soluble carbohydrates could  
not be confirmed, in spite of certain differences between the utmost fertilized and  
unfertilized trees for variety 'Elstar' in 2005. The foliar PK fertilization indicates  
potential effects on the fruit content of malic acid for variety 'Golden Delicious', but not  
the variety 'Elstar'. Despite the fact that the frequency and timing of foliar PK  
applications had no significant influence on the majority of monitored parameters, the  
colorimetric parameters showed a marked and significant difference in the intensity of  
red coloration between the utmost treated and untreated apples for 'Elstar' in 2005. Foliar  
fertilization may present a complementary or corrective form of fertilization, but in the  
first place ground fertilization is the most important.

## KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 UTEMELJITEV PREDLAGANE RAZISKAVE	1
1.2 RAZISKOVALNI PRISTOP	2
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	2
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>3</b>
2.1 FOLIARNA PREHRANA RASTLIN	3
2.2 VLOGA FOSFORJA IN KALIJA V METABOLIZMU JABLANE	5
<b>2.2.1 Vloga fosforja</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2 Vloga kalija</b>	<b>6</b>
2.3 POTREBE JABLANE PO HRANILIH	8
<b>2.3.1 Vsebnost hranil v listih</b>	<b>9</b>
<b>2.3.2 Vsebnosti hranil v plodovih</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 Pomanjkanje ali presežek fosforja</b>	<b>12</b>
<b>2.3.4 Pomanjkanje ali presežek kalija</b>	<b>14</b>
2.4 FOTOSINTEZA	15
2.5 OGLJIKOVI HIDRATI	18
2.6 ORGANSKE KISLINE	22
<b>2.6.1 Metabolizem organskih kislin v plodovih</b>	<b>22</b>
<b>2.6.2 Vpliv kmetijsko-okoljskih dejavnikov na vsebnost organskih kislin v plodovih</b>	<b>24</b>
<b>2.6.3 Vpliv mineralne prehrane na kislost plodov</b>	<b>25</b>
2.7 OBARVANOST PLODOV	26
<b>3 MATERIAL IN METODE</b>	<b>27</b>
3.1 LOKACIJA IN ZNAČILNOSTI NASADA	27
3.2 RASTLINSKI MATERIAL	27
3.3 VREMENSKE RAZMERE	28
3.4 ZASNOVA POSKUSA	29
<b>3.4.1 Poskus v letu 2004</b>	<b>29</b>
<b>3.4.2 Poskus v letu 2005</b>	<b>30</b>

3.5	METODE DELA	32
3.5.1	<b>Analize vsebnosti izbranih ogljikovih hidratov in organskih kislin</b>	32
3.5.2	<b>Obarvanost plodov</b>	33
3.5.3	<b>Foliarna analiza fosforja in kalija</b>	33
3.5.4	<b>Merjenje fotosinteze in transpiracije</b>	33
3.5.5	<b>Statistična analiza</b>	34
4	<b>REZULTATI</b>	35
4.1	FOTOSINTEZA, TRANSPIRACIJA IN UČINKOVITOST IZRABE VODE	35
4.1.1	<b>Sorta 'Elstar' v letu 2004 in 2005</b>	35
4.1.2	<b>Sorta 'Zlati delišes' v letu 2004 in 2005</b>	39
4.2	KEMIČNE ANALIZE LISTOV	41
4.2.1	<b>Vsebnost fosforja in kalija v listih sorte 'Elstar'</b>	41
4.2.2	<b>Vsebnost fosforja in kalija v listih sorte 'Zlati delišes'</b>	43
4.2.3	<b>Vsebnosti ogljikovih hidratov v listih sort 'Elstar' in 'Zlati delišes'</b>	45
4.3	KEMIČNE ANALIZE PLODOV	50
4.3.1	<b>Vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih sorte 'Elstar'</b>	51
4.3.2	<b>Vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih sorte 'Zlati delišes'</b>	56
4.3.3	<b>Vsebnosti organskih kislin v plodovih sorte 'Elstar'</b>	60
4.3.4	<b>Vsebnosti organskih kislin v plodovih sorte 'Zlati delišes'</b>	63
4.3.5	<b>Obarvanost plodov sorte 'Elstar'</b>	65
5	<b>RAZPRAVA</b>	66
5.1	FOSFOR IN KALIJ V LISTIH	66
5.2	FOTOSINTEZA, TRANSPIRACIJA IN UČINKOVITOST IZRABE VODE	69
5.3	OGLJIKOVI HIDRATI V LISTIH	71
5.4	OGLJIKOVI HIDRATI V PLODOVIH	72
5.5	ORGANSKE KISLINE V PLODOVIH	74
5.6	OBARVANOST PLODOV	75
6	<b>SKLEPI</b>	76
7	<b>POVZETEK (SUMMARY)</b>	78
7.1	POVZETEK	78
7.2	SUMMARY	80
8	<b>VIRI</b>	82
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Priporočene vsebnosti hranil (N, P in K) v listih jabolane	9
Preglednica 2: Terminalska izvedba poskusa za sorto Elstar' v letu 2004	29
Preglednica 3: Terminalska izvedba poskusa za sorto 'Zlati delišes' v letu 2004	30
Preglednica 4: Terminalska izvedba poskusa za sorto Elstar' v letu 2005	31
Preglednica 5: Terminalska izvedba poskusa za sorto 'Zlati delišes' v letu 2005	31
Preglednica 6: Kromatografski pogoji za določanje ogljikovih hidratov (OH) in organskih kislin (OA) po metodi Dolenc in Štampar (1997)	32
Preglednica 7: Fotosinteza (360 ppm) in fotostintezna kapaciteta (2000 ppm) listov jabolane po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'	35
Preglednica 8: Transpiracija listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm CO <sub>2</sub> po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'	36
Preglednica 9: Učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm CO <sub>2</sub> po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'	37
Preglednica 10: Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 ppm po obravnavanjih v letu 2005 pri sorti 'Elstar'	38
Preglednica 11: Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Zlati delišes'	39
Preglednica 12: Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 ppm po obravnavanjih v letu 2005 pri sorti 'Zlati delišes'	40
Preglednica 13: Kolorimetrični parametri plodov v letu 2005 pri sorti 'Elstar'	65



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Povprečna mesečna temperatura zraka v letih 2004, 2005 in dolgoletno mesečno povprečje temperatur v obdobju 1976-2005 za Ljubljano (Meteorološki podatki, 2005)	28
Slika 2: Mesečna količina padavin v letih 2004, 2005 in dolgoletno mesečno povprečje padavin v obdobju 1976-2005 za Ljubljano (Meteorološki podatki, 2005)	28
Slika 3: Vsebnost fosforja v % suhe snovi (povprečje $\pm$ SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Elstar'	41
Slika 4: Vsebnost kalija v % suhe snovi (povprečje $\pm$ SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Elstar'	42
Slika 5: Vsebnost fosforja v % suhe snovi (povprečje $\pm$ SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Zlati delišes'	43
Slika 6: Vsebnost kalija v % suhe snovi (povprečje $\pm$ SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Zlati delišes'	44
Slika 7: Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005	45
Slika 8: Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005	46
Slika 9: Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005	47
Slika 10: Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005	48
Slika 11: Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005	49
Slika 12: Povprečne vsebnosti skupnih topnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' ob tehnološki zrelosti v letih 2004 in 2005	50
Slika 13: Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	51
Slika 14: Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	52

Slika 15:	Razmerje med vsebnostjo sorbitola in saharoze v plodovih pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	53
Slika 16:	Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	53
Slika 17:	Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	54
Slika 18:	Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	55
Slika 19:	Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	56
Slika 20:	Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	57
Slika 21:	Razmerje med vsebnostjo sorbitola in saharoze v plodovih pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	57
Slika 22:	Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	58
Slika 23:	Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	59
Slika 24:	Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	59
Slika 25:	Povprečne vsebnosti jabolčne kisline v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	60
Slika 26:	Povprečne vsebnosti šikimske kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	61
Slika 27:	Povprečne vsebnosti fumarne kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005	62
Slika 28:	Povprečne vsebnosti jabolčne kisline v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	63
Slika 29:	Povprečne vsebnosti šikimske kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	64
Slika 30:	Povprečne vsebnosti fumarne kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005	64

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati analiz tal

Priloga B: Meteorološki parametri v rastni dobi jablan v letih 2004 in 2005 ter dolgoletne povprečne vrednosti v obdobju 1976-2005 za hidrometeorološko postajo Ljubljana-Bežigrad

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

P	fosfor; obravnavanje, gnojeno s fosforjem
K	kalij; obravnavanje, gnojeno s kalijem
PK	fosfor in kalij; obravnavanje gnojeno s kombinacijo fosforja in kalija
PK7	obravnavanje, sedemkrat foliarno gnojeno s kombinacijo fosforja in kalija
PK10	obravnavanje, desetkrat foliarno gnojeno s kombinacijo fosforja in kalija
PK3K	obravnavanje, trikrat foliarno gnojeno pred obiranjem
PK3K+T	obravnavanje, trikrat foliarno gnojeno pred obiranjem in enkrat talno gnojeno
PK3Z	obravnavanje, trikrat foliarno gnojeno ob začetku rasti plodov
KON	kontrolno obravnavanje, negnojeno
ATP	adenozin trifosfat
$A_{max}$	fotosintezna kapaciteta
$CO_2$	ogljikov dioksid
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti (High Performance Liquid Chromatography)
SS	suha snov
SM	sveža masa
VPD	razlika vodne pare med listom in okoljem (vapour pressure deficit)
WUE	učinkovitost izrabe vode (water use efficiency)

## 1 UVOD

### 1.1 UTEMELJITEV PREDLAGANE RAZISKAVE

Aroma, sladkost in kislost so tri glavne organoleptične komponente kakovosti sadja, ki vplivajo na njegovo tržno sprejemljivost (Kafkas in sod., 2007). Pri pridelavi kakovostnega sadja je ključnega pomena zagotavljanje ustreznega prehranskega statusa rastlin. Foliarno gnojenje je učinkovit način apliciranja mineralnih hranil preko listov, še posebej tistih, ki so rastlinam preko tal slabše dostopna (npr. Zn, Fe, Cu in Mn v alkalnih in apnenčastih tleh) in tistih, ki jih rastline v določenih razvojnih obdobjih potrebujejo v večjih količinah (npr. N, P, K in S) (Fageria in sod., 2009; White in sod., 2014).

Optimalna prehranjenost rastlin s fosforjem in kalijem je pomembna za normalno rast in razvoj rastlin, prav tako tudi za tvorbo mnogih primarnih in sekundarnih metabolitov (Wu in sod., 2005). Vloga fosforja in kalija v rastlinah se izraža predvsem pri uravnavanju fizioloških procesov, kot so fotosinteza, osmoregulacija, aktivacija encimov (Taiz in Zeiger, 2002; Chapagain in Wiesman, 2004; Tekaya in sod., 2014). Njun vpliv lahko ovrednotimo posredno z določanjem rastlinskih metabolitov.

Pri rastlinah iz sadjarsko pomembnih poddružin družine rožnic sta osnovna končna produkta fotosinteze sorbitol in saharoza (Zhou in sod., 2001). To sta glavni obliki ogljikovih hidratov, ki se premeščata po floemu in prispevata k nadaljnji presnovi do fruktoze, glukoze, saharoze, jabolčne kisline in škroba (Berüter, 1985).

Kljub mnogim dosedanjim raziskavam, ki so proučevale soodvisnost sladkorjev in organskih kislin so povezave med sladkorji in organskimi kislinami relativno nepoznane, čeprav so za kmetijstvo temeljnega pomena (Berüter, 2004). Poročila o vsebnosti sladkorjev in kislin v plodovih jabolane nakazujejo, da jabolka vsebujejo največ fruktoze, kar 44-75 % vseh topnih sladkorjev in da jabolčna kislina predstavlja do 90 % med vsemi organskimi kislinami (Wu in sod., 2007a; Zhang in sod. 2010).

Kakršnikoli agrotehnični ali drugi ukrepi, ki jih izvajamo, lahko za rastline pomenijo stres in vplivajo na spremembe presnovnih procesov. Iz teh razlogov smo zastavili poskus, v katerem smo ugotavljali vpliv foliarno dodanega fosforja in kalija na nekatere fiziološke in biokemijske procese v jablani. Gnojenje moramo prilagajati potrebam rastlin, a podatki o optimalnem času, vrsti, količini gnojil in načinu aplikacije se v literaturi precej razlikujejo. Specifična sestava in vsebnost metabolitov pri jablani se lahko razlikujeta med genotipi (Feng in sod., 2014) in za boljše ovrednotenje vplivov gnojenja, smo v obravnavanje vključili dve sorti, 'Zlati delišes' in 'Elstar'.

## 1.2 RAZISKOVALNI PRISTOP

Poskus je potekal v dveh rastnih sezonah, v letih 2004 in 2005. Spremljali smo vpliv foliarnega gnojenja s pripravkom Hascon M10 AD (15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20% K<sub>2</sub>O) na fiziološke procese (fotosinteza, transpiracija) in na biokemično sestavo oz. vsebnost dveh skupin primarnih metabolitov (ogljikovih hidratov in organskih kislin) v izbranih organih jabolane. Vključili smo štiri obravnavanja, ki so se med sabo razlikovala po pogostnosti, 0x, 3x, 7x (10x) ter terminih foliarnega gnojenja.

## 1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Namen zastavljenega dela je bil ugotoviti morebitni vpliv in pomen foliarno dodanega fosforja in kalija na fotosintezno aktivnost listov jabolane sort 'Zlati delišes' in 'Elstar'. Pričakovali smo, da bodo gnojena drevesa aktivnejša pri tvorbi asimilatov in da bomo pri njih izmerili večje vsebnosti posameznih ogljikovih hidratov. Ker se sorti med sabo razlikujeta po morfoloških lastnostih, še bolj pa po pomoloških lastnostih plodov, smo pričakovali, da se bodo tudi med sortama pokazale različne vsebnosti izbranih ogljikovih hidratov.

Predvidevali smo, da bo foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem vplivalo na vsebnost organskih kislin in na razmerja med ogljikovimi hidrati in organskimi kislinami, ki so pomembna za kakovost plodov. Pričakovali smo, da bodo plodovi z gnojenih dreves pri sorti 'Elstar' izraziteje obarvani.

Preko vsebnosti posameznih metabolitov v listih in plodovih smo poskusili določiti najprimernejši način in termin dodajanja fosforja in kalija za pridobivanje kvalitetnih plodov. Postavili smo naslednje hipoteze:

- foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem vpliva na povečano vsebnost obeh elementov v popolnoma razvitih listih, kar vpliva na fotosintezno aktivnost listov,
- vsebnost posameznih metabolitov v listih in plodovih je odvisna od termina in pogostnosti foliarnega dodajanja fosforja in kalija,
- foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem vpliva na vsebnost topnih ogljikovih hidratov v listih in plodovih ter na vsebnost organskih kislin v plodovih v primerjavi s kontrolo.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 FOLIARNA PREHRANA RASTLIN

Foliarna prehrana rastlin (gnojenje preko listov) je lahko dopolnilna ali alternativna oblika talnemu gnojenju (Weinbaum, 1988; Marschner, 2012). Ta način gnojenja je bolj ciljno usmerjen, saj omogoča dostavo hranil ključnim rastlinskim tkivom in predstavlja manjše tveganje za onesnaženje okolja zaradi, npr. odtekanja hranil (Fageria in sod., 2009; White in sod., 2014). Odzivi rastlin na foliarno gnojenje so običajno hitrejši kot pri talnem gnojenju (Eichert in Fernandez, 2012). Za pokritje precejšnjih letnih potreb rastlin po hranilih pa zgolj foliarno gnojenje vedno ne zadošča, še posebej pri komercialnem pridelovanju, kjer lahko pomanjkanje makrohranil (N, P, K) negativno vpliva na kakovost in količino pridelka (Johnson in sod., 2001). Izbira foliarnega gnojila in čas njegove uporabe glede na fenologijo rastline sta ključnega pomena za izboljšanje učinkovitosti gnojenja ter povečanje kakovosti pridelka (Southwick in sod., 1996; Lovatt, 1999).

Vsi primarni nadzemni organi so prekriti s kutikulo, ki ščiti celice in tkiva pred prekomerno izgubo vode in raztopljenih snovi iz apoplasta. Njena prepustnost za vodo, ione in mineralne snovi je izjemno majhna in predstavlja precejšnjo bariero (Schönherr, 2002). Minerali lahko prehajajo v list tudi skozi odprte listne reže in obe poti naj bi bili enako pomembni (Eichert in Goldbach, 2008). Za optimalen sprejem hranil preko listnih rež, morajo biti le-te odprte, za kar sta potrebni svetloba in velika zračna vlaga (Eichert in sod., 2002). V praksi je priporočeno foliarno gnojenje izvajati pozno popoldan ali celo zvečer, ko je vlažnost v zraku velika in izhlapevanje nanesenih kapljic z listov manjše. Takrat so listne reže bolj ali manj zaprte, in zato morajo foliarno nanesena sredstva v večini primerov penetrirati skozi kutikulo (Mengel, 2002).

V sušnejših obdobjih je mineralna prehrana rastlin preko tal precej neučinkovita, zato jo lahko nadomestimo s foliarnim gnojenjem. Kadar temperatura ali pomanjkanje vode nista omejujoča dejavnika sprejema hranil v rastline, potrebe pa ostajajo, takrat se hranila translocirajo iz starejših v mlajše liste (Marschner, 2012). Caballero in sod. (1996) pravijo, da starejši listi bolje privzemajo hranila, saj je njihova skupna površina večja od površine razvijajočih se listov in tudi poškodbe kutikule starejših listov (npr. razpoke) predstavljajo difuzijsko pot za raztopljenih hranila.

Na učinkovitost foliarnih gnojil vplivajo mnogi okoljski, fizikalno-kemijski in fiziološki dejavniki, vezani na rastline in lastnosti formulacij gnojil (Fernandez in Eichert, 2009). Ob aplikaciji foliarnih hranil se pojavljajo določene omejitve oz. težave:

- manjša omočenost listov in slabša razpršitev hranilne raztopine pri rastlinah z bolj hidrofobnimi listi in pri uporabi neformuliranih gnojil (npr. brez dodatkov močil);
- odtekanje hranil z listov zaradi manjše retencije raztopine;

- spiranje hranil ob dežju (kadar dežuje kmalu po gnojenju);
- zmanjšana kutikularna penetracija apliciranih hranil zaradi same površine lista ali zaradi okoljskih omejitev, ki vplivajo na fizikalno-kemične lastnosti raztopine in odzive rastlin (odpiranje in zapiranje listnih rež);
- hitro sušenje nanesenega filma raztopin, še posebej pri nizki relativni zračni vlagi in visokih temperaturah;
- premeščanje hranil iz lista do mest na drevesu, kjer so ta hranila potrebna (slabša mobilnost po floemu, npr. Ca ali Fe);
- časovna usklajenost aplikacije s stopnjo potrebe rastlin po določenem hranilu, upoštevajoč tudi površino rastline;
- velikost listne površine (potencialne absorpcijske površine) in življenjske dobe listov;
- omejena koncentracija hranil v raztopini, ki se lahko v enkratnem odmerku nanese na rastline, ne da bi bila fitotoksična;
- poškodbe na listih (nekroze in ožigi), ki jih lahko povzroči prevelika koncentracija hranil in so posledica lokalnega neravnovesja mineralnih hranil v rastlinskih tkivih;
- potencialna neravnovesja med hranili, kadar uporabljamo gnojila z le enim hranilom (Fageria in sod., 2009; Eichert in Fernandez, 2012; White in sod., 2014).

Običajno se je foliarno gnojenje uporabljalo za odpravo pomanjkanja hranil v rastlinah (Weinbaum, 1988), vedno bolj pa se v praksi uporablja kadar ni vidnih simptomov pomanjkanja, za dodajanje elementov, ki so slabše mobilni po floemu, t.j. Ca, B, Zn, Fe ali Mn (Fernandez in Eichert, 2009; Fageria in sod., 2009). Foliarno gnojenje z Fe je npr. učinkovito pri ponovni ozelenitvi klorotičnih listov, še posebej, če so raztopini dodana močila. Dokazano je tudi, da lahko foliarna gnojila vplivajo na obnovitev nekaterih fizioloških procesov v listih, kot sta fotosinteza in transpiracija (Eichert in Fernandez, 2012).

Povečanje vsebnosti hranil v drevesih pripomore k boljšemu vegetativnemu razvoju rastline v naslednjem letu, še posebej pri rastlinskih vrstah, ki jeseni odvržejo liste (El-Fouly, 2002). S preходом rastline v generativno fazo se v veliki meri zmanjša aktivnost korenin in s tem sprejem hranil iz tal. To je predvsem posledica kompeticije med plodovi in koreninami za asimilate, ki so na voljo. Ker so plodovi močnejši porabniki asimilatov, je rast korenin upočasnjena, njihova funkcija pa nekoliko zmanjšana. Tudi v tem primeru lahko razliko v sposobnosti sprejema hranil nadomestimo preko listov (Marschner, 2012).



## 2.2 VLOGA FOSFORJA IN KALIJA V METABOLIZMU JABLANE

### 2.2.1 Vloga fosforja

Fosfor (P) sodeluje pri številnih metabolnih poteh v rastlini, pri prenašanju energije in signalov, biosintezi makromolekul, fotosintezi in dihanju. Rastline ga sprejmejo v fiziološkem območju pH v glavnem v obliki  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  in ga v celicah navadno ne reducirajo, temveč ostane kot anorganski fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ali pa se preko hidroksilne skupine veže na ogljikove verige kot preprost fosfatni ester ali anhidrid (Taiz in Zeiger, 2002; Raghothama in Kartikeyan, 2005).

V tleh se fosfor praktično ne premika ali izpira, razpoložljivost talnih fosfatov za rastline pa je močno odvisna od reakcije tal. Zelo kisla tla vežejo fosfor iz gnojil v težko topno obliko, v apnenih tleh pa kalcij slabi njegovo gnojilno delovanje (Gerke, 2015). Interakcije fosforja (fosfata) z ostalimi gradniki tal, aluminijem, železom in kalcijem, njegova prisotnost v organskih oblikah in majhna sposobnost difuzije ga postavljajo v vlogo enega izmed najmanj razpoložljivih hranil v tleh (Raghothama, 2000a). Sprejem fosforja je odvisen še od drugih talnih dejavnikov, od arhitekture korenin (večja razvejanost – večji sprejem), ki je učinkovitejša pri sožitju z mikoriznimi glivami (Chen in sod., 2013) ter od agrotehničnih ukrepov (obdelava tal, uporaba herbicidov, mulčenje) (Štampar in sod., 1998).

Neto sprejem fosforja pri jablanah je mnogo manjši kot velja za dušik, kalij in kalcij. Kljub pomembni vlogi fosforja v DNA in RNA makromolekulah, pri prenosu energije, ki zajema ATP in mnogih ostalih encimatskih procesih, se pomanjkanje fosforja le redko izrazi. Tudi koncentracije fosforja v talnih raztopinah so po navadi mnogo manjše od koncentracij dušika, kalija, kalcija in magnezija (Smith in sod., 2003). Ti elementi so zastopani v povprečju 1500, 1300, 1500 in 4000  $\mu\text{M}$  koncentracijah, fosfor pa le v koncentraciji 1  $\mu\text{M}$ .

Sprejem fosforja, bolj izrazito kot pri katerem koli drugem elementu, poganjajo metabolni procesi. Njegova koncentracija v ksilemskem soku presega 400 kratnik koncentracije v talni raztopini (Bielecki in Ferguson, 1983, cit. po Jackson, 2003), koncentracija v rastlinskih celicah pa je tudi do 10000 večja.

Fosfat je sestavni del makromolekul DNA in RNA, pri katerih tvori fosfor most med ribonukleozidnimi enotami in s tem izgrajuje strukturo. Za kislo naravo nukleinskih kislin je odgovoren prav fosfat (Taiz in Zeiger, 2002). Fosfor ima zelo podobno funkcijo tudi pri oblikovanju membran fosfolipidov, kjer tvori most, ki povezuje diglicerid z drugimi molekulami kot so aminokisliline, amini in alkoholi. Pomembno vlogo imajo fosfolipidi v interakcijah med površino biomembran in ioni v okoliškem mediju, kar jim omogočata lipofilna in hidrofilna regija molekule (Marschner, 2012).

Energija, ki je potrebna za biosintezo in sprejem ionov, se sprošča iz energetsko bogatih molekul ATP. Sproščena energija pri glikolizi, dihanju in fotosintezi se uporabi za sintezo energetsko bogatih pirofosfatnih vezi v ATP molekuli (Marschner, 2012). Iz molekule ATP se lahko energija prenese na drugo snov preko fosfatne skupine v procesu fosforilacije; s tem se ta snov aktivira. Na aktivnost encimov ATP-az vpliva mnogo faktorjev, tudi hranila, kot so magnezij, kalcij in kalij.

Rastline shranjujejo fosfor v obliki fosfata, kakor tudi v obliki polifosfata in fitata. Skladiščenje v obliki anorganskih polifosfatov je značilno predvsem za evolucijsko nižje razvite rastline, pojavlja pa se tudi pri nekaterih višje razvitih, npr. jablanah. Polifosfati so linearne verige fosfatov z energetsko bogatimi vezmi (podobno kot ATP). Zaradi te lastnosti služijo kot založne komponente za energijo in uravnavajo količino prostega fosfata v celici. Fitati so soli fitinske kisline in jih najdemo predvsem v semenih, kjer služijo kot vir različnih mineralov ob kalitvi (Steffens in sod., 2010).

Mesto skladiščenja fosfata v celici je celična vakuola (85-95 % celotnega fosforja je shranjenega v vakuoli). Ob njegovem pomanjkanju v celici pride do zmanjšanja koncentracije energetsko bogatih spojin za 20-30 %. Regulacija fotosinteze in drugih procesov pa je pogojena s koncentracijo fosfata v citosolu (Marschner, 2012).

Fotosinteza je v veliki meri odvisna od koncentracije prostega fosfata v stromi kloroplasta in izmenjave med kloroplastom in citosolom. V primeru pomanjkanja fosfatov v vakuoli pride do precejšnjega zmanjšanja fotosinteze (Paul in Foyer, 2001).

Visoke koncentracije fosfata v celici privedejo do inhibicije sinteze škroba iz triocefosfatov v kloroplastu. Pretiran transport triocefosfatov iz kloroplastov kot posledica visoke koncentracije prostih fosfatov v citosolu se pokaže v inhibiciji asimilacije CO<sub>2</sub>. Praviloma v celici ni viškov fosfata, temveč je pogostejše pomanjkanje. Posledica tega je velika količina sintetiziranega škroba v kloroplastu, ki se tudi čez noč ne razgradi (Yuan in Liu, 2008).

### **2.2.2 Vloga kalija**

Kalij (K) je eno izmed glavnih makrohranil in ga jablane potrebujejo v bistveno večjih količinah kot fosfor. Sprejem kalija je selektiven in ozko vezan na metabolno aktivnost rastline. Zanj je značilna visoka mobilnost po rastlini na vseh nivojih, t.j. v celici, tkivih, kakor tudi transport na daljše razdalje (Adams in Shin, 2014). Transport kalija poteka s transpiracijskim tokom po ksilemu, prosto mobilen pa je tudi v floemu (Jackson, 2003).

Premeščanje kalija v tleh do korenin poteka pretežno z difuzijo. Prevladujoči dejavnik, ki vpliva na translokacijo kalija je vsebnost vode v tleh, zato je lahko v sušnih obdobjih sprejem kalija v rastline zelo omejen (Liebersbach in sod., 2004).

Sprejem kalija v rastlino je v linearni povezavi z rastjo oziroma potrebami tkiv. Njegov pretok po rastlini je usmerjen k metabolo aktivnim listom in meristemskemu tkivu, zato ga je v mlajših listih več kot v starejših. Po svoji zastopanosti v citoplazmi je vodilni kation in s spremljajočimi anioni najbolj vpliva na osmotski potencial v celici in tkivih nasploh (Taiz in Zeiger, 2002; Cakmak, 2005).

Kalij je pogost aktivator encimov, vpliva na hidratacijo protoplazme, na stanje anionov ter organskih kationov v protoplazmi (Swietlik in sod., 1982), sodeluje pri sintezi proteinov, pomemben je pri fotosintezi, ozmoregulaciji in kationsko-anionskih razmerjih kompenzacije naboja (Amtmann in sod., 2008; Adams in Shin, 2014).

V metabolnih procesih kalij ne nastopa, veže pa se v šibke komplekse, v katerih je lahko izmenljiv. Kadar so velike koncentracije kalija v citosolu in kloroplastih, kalij nevtralizira topne (anione organskih kislin in anorganske anione) ter netopne anione. Tako stabilizira pH med 7 do 8, to pa je tudi najbolj primerno okolje za delovanje večine encimov.

Za hiter transport  $K^+$  med različnimi deli celic in tkiv so potrebni kalijeви kanali v membranah. Takšen prehod skozi membrane je precej hitrejši od tistega, ki ga katalizirajo membranske črpalke in membranski prenašalci (Wang in Wu, 2013). Kalij je tudi aktivator membransko vezanih protonskih črpalk ATP-az. Zaradi tega je najpomembnejši element v procesu rasti celic in pri ozmoregulaciji (Cakmak, 2005).

Veliko encimov je popolnoma odvisnih od kalijevih ionov ali pa jih ti v veliki meri stimulirajo. Kalij encime aktivira tako, da jim spremeni strukturo, posledice tega pa je povečana hitrost katalitskih reakcij, v nekaterih primerih pa tudi povečana afiniteta do substrata. Pomanjkanje kalija privede do motenj pri delovanju teh encimov in zaradi tega se začno akumulirati topni ogljikovi hidrati, v manjši meri škrob in topne dušikove spojine (Marschner, 2012; Taiz in Zeiger, 2002). V še veliko večji koncentraciji kot za aktivacijo encimov je kalij potreben za sintezo proteinov. Afiniteta proteinov do kalija je majhna, zato je za ustvarjanje K-encimskih kompleksov potrebna velika koncentracija tega elementa. Predvidevajo, da sodeluje pri različnih stopnjah procesa translacije, med drugim tudi pri vezavi tRNA na ribosom (Marschner, 2012).

Pri rastlinah iz sadjarsko pomembnih poddružin družine rožnic vpliva kalij na proces fotosinteze na več stopnjah. Je dominanten nasprotni ion v toku vodikovih protonov skozi tilakoidne membrane, s tem pa sodeluje pri vzpostavitvi pH gradienta, potrebnega za sintezo ATP (Marschner, 2012).

Večja koncentracija kalijevih ionov stimulira asimilacijo  $CO_2$ . Za vzdrževanje visokega pH strome je potreben dotok kalijevih ionov iz citoplazme ter  $H^+/K^+$  nasprotni tok skozi kloroplastno membrano. Pri sušnem stresu je ta nasprotni tok onemogočen, pri tem kloroplasti izgubljajo velike količine kalija in posledično se zmanjša fotosinteza. To

zmanjšanje je lahko nekoliko upočasnjeno z visokimi koncentracijami kalija izven kloroplasta, zato je pomembna dobra prehranjenost rastlin s tem elementom (Cakmak, 2005; Wang in sod., 2015b).

Kalij ima pomembno funkcijo pri sprejemanju saharoze v sitaste cevi ter pri velikosti transporta raztopljenih snovi po floemu. Ti funkciji  $K^+$  sta povezani z nujnostjo po vzdrževanju visokega pH v sitastih ceveh, ki vpliva na osmotski potencial in s tem na velikost pretoka asimilatov od mest nastanka k mestom porabe (Mengel in Kirkby, 2001).

Prehrana s kalijem vpliva tudi na fotosintezo preko svoje regulatorne funkcije v stomatalnem aparatu. Povišanje koncentracij  $K^+$  v celicah zapiralkah zviša njihov osmotski potencial, začno sprejemati vodo iz obdajajočih celic in poveča se turgor, zaradi česar se listne reže odprejo. Nasprotno pa je zapiranje rež v temi povezano z odtokom kalija iz celic zapiralk ter posledičnim zmanjšanjem turgorja. Če kalijevih ionov v celicah zapiralkah primanjkuje, potem to vlogo prevzamejo ogljikovi hidrati. V tem primeru se listne reže odpirajo in zapirajo zelo počasi, ker se počasi spreminja tudi koncentracija ogljikovih hidratov (Zörb in sod., 2014).

### 2.3 POTREBE JABLANE PO HRANILIH

Z rastjo in razvojem se potrebe rastlin po hranilih spreminjajo in prehranjenost rastlin je za končen pridelek z ekonomskega vidika ključnega pomena. Z analizo vsebnosti hranil v tleh lahko ocenimo potencialno dostopnost hranil rastlinam, kar pa ne odraža dejanskih razmer in realne absorpcije hranil. Dodaten vpogled nam nudijo analize vzorcev rastlinskega materiala.

Kritična vsebnost hranila v vzorcu je definirana kot najmanjša vsebnost hranila, ki še zadošča za doseganje maksimalnih oziroma optimalnih in kakovostnih pridelkov (Bergmann, 1992; Taiz in Zeiger, 2002).

Za optimizacijo pomladanskega gnojenja so najpomembnejši podatki o vsebnostih hranil v listih kmalu po cvetenju, v obdobju intenzivne vegetativne rasti, ko so potrebe jablan po hranilih največje in je tudi sprejem hranil največji (Bergmann, 1992). Če je poznana vsebnost hranil v listih po posameznih rastlinskih fenofazah pa je lažje določiti čas aplikacije hranil in druge korekcijske ukrepe (Aichner in Stimpfl, 2002; Nachtigall in Dechen, 2006).

V preglednici 1 so prikazane priporočene (optimalne) in kritične vsebnosti N, P in K v listih jabolane, pridobljene empirično z meritvami na zdravih drevesih v polni rodnosti ob zaključku terminalne rasti poganjkov, v juliju ali avgustu. Podatki so bili pridobljeni v večletnih poskusih pri različnih sortah jablan.

**Preglednica 1:** Priporočene vsebnosti hranil (N, P in K) v listih jabolane, izražene v % suhe snovi (SS)  
**Table 1:** Recommended nutrient levels (N, P and K) in apple leaves, expressed in % of dry matter (DM)

N % SS	P % SS	K % SS	Sorta	Vir
2,30-2,60	0,16-0,26	1,20-1,70	'Zlati delišes', 'Braeburn', 'Fuji', Idared'	Aichner in Stimpfl, 2002
	0,18-0,30	1,10-1,60		Bergmann, 1992
1,70-2,50; pomanjkanje < 1,50	0,15-0,30; pomanjkanje < 0,13	1,20-1,90; pomanjkanje < 1,0		Shear in Faust, 1980, cit. po Jackson, 2003
2,30-2,50	0,13-0,17	1,00-2,00	'Gala', 'Fuji', 'Zlati delišes'	Nachtigall in Dechen, 2006
	> 0,13			Raese, 2002

Rezultatov analize ni priporočljivo interpretirati zgolj po shemi s priporočili, upoštevati je potrebno tudi vremenske razmere v času vzorčenja listov, lokacijo nasada, ovesek in druge dejavnike (Aichner in Stimpfl, 2002). Koncentracije K v listih so po daljših obdobjih suše vedno manjše, po obdobju obilnejšega deževja pa so večje kot običajno. Kadar so vsebnosti hranil v listih na sredini ali v zgornji polovici »priporočenih ali optimalnih« vsebnosti, kljub mogočim motečim vplivom drugih dejavnikov in možnim napakam meritev, so rastline verjetno zadostno prehranjene z vsemi elementi (Bergmann, 1992).

### 2.3.1 Vsebnost hranil v listih

Na primeru jabolane je znano, da je fosforja in kalija na začetku rastne dobe največ v listih, ob cvetenju se premeščata v reproduktivne organe, na koncu sezone pa ju je največ v plodovih (Bergmann, 1992). Med vegetativnim ciklom se vsebnosti dušika, fosforja, kalija, bakra in bora v listih zmanjšujejo, vsebnost kalcija se povečuje, vsebnosti magnezija, železa, mangana in cinka pa se zelo malo spreminjajo (Nachtigall in Dechen, 2006; Veberič in sod., 2005). Mlajši listi navadno vsebujejo manj vode in večje koncentracije hranil kot so dušik, fosfor in kalij, v starejših tkivih pa je več kalcija, mangana, železa in bora (Mengel in Kirkby, 2001). Zmanjšanje vsebnosti hranil (dušika, fosforja in kalija) v listih bi lahko bilo posledica razredčitvenega učinka, ki nastane z rastjo in staranjem listov ter z redistribucijo hranil do drugih organov v rastlini proti koncu vegetativnega cikla (Faust, 1989; Nachtigall in Dechen, 2006).

Tartachnyk in Blanke (2004) sta poročala, da se pri sorti 'Braeburn' vsebnost dušika po cvetenju zmanjšuje počasi, približno 140 dni po cvetenju pa začne strmo upadati. Vsebnost fosforja se zmanjšuje ves čas od cvetenja dalje. Vsebnost kalija se zmanjšuje postopno in neprekinjeno do konca vegetativnega cikla. Podobno sta ugotovila tudi Nachtigall in

Dechen (2006) pri sortah 'Gala', 'Fuji' in 'Zlati delišes'. Choi in sod. (2011) so zaznali bistven porast kalija ter padec vsebnosti magnezija v listih v oktobru. Ker je kalij glavni element s pozitivnim nabojem v listih jabolane, lahko ob višjih koncentracijah zavira ostale pozitivno nabite ione, kot sta  $\text{Ca}^{2+}$  in  $\text{Mg}^{2+}$ . Zanutelli in sod. (2014) so poročali o zmanjšanju vsebnosti kalija v listih pet tednov pred obiranjem, najverjetneje zaradi remobilizacije do plodov.

Vsebnost hranil v listih je lahko odvisna od učinkovitosti sprejema hranil preko listov in se lahko med genotipi bistveno razlikuje (Weinbaum in sod., 2002; Thomas, 2006; Eichert in Fernandez, 2012). Več kot 60 % letno absorbiranega N, P in Ca pri jablanah se nahaja v listih in plodovih, za K in Mg pa so te vrednosti celo večje kot 80 % (Scandellari in sod., 2010, cit. po Zanutelli in sod., 2014).

V tleh z nevtralnimi ali kislimi pH fosforna kislina reagira z  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  in  $\text{K}^{+}$  in njena dostopnost se sčasoma zmanjšuje, kar lahko privede tudi do manjših izmerjenih vsebnosti fosforja in večjih vsebnosti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  in  $\text{K}^{+}$  v listih (Choi in sod., 2011). Raese (2002) je poročal, da se je s spremembo vsebnosti fosforja v listih iz 0,083 na 0,153 % SS, spremenila tudi pojavnost vijolično-rdečih robov na listih jabolane (simptomi pomanjkanja) iz 95 na 4%, na podlagi česar je določil tudi priporočene vsebnosti fosforja v listih.

Obstaja tudi povezava med vsebnostjo hranil v listih in plodovih. Wang in sod. (2015a) so spremljali razpoložljivost hranil v tleh ter vsebnosti posameznih hranil v listih jabolane na 32 lokacijah nasadov na Kitajskem. Kljub temu, da so analize tal v večini primerov izkazale zadostno ali celo prekomerno založenost s kalijem, so analize listov v 73 % sadovnjakov pokazale na vsebnost kalija v listih pod kritično mejo. Sklepali so, da je bil vzrok za to prevelik ovesek ali pa uporaba vrečk na plodovih. Zmanjšanje vsebnosti kalija v listih bi lahko bilo posledica povečanih potreb rastočih plodov ali vpliva vrečk na transpiracijski tok, preko katerega poteka transport kalija. Podobno so ugotovili tudi Zhu in sod. (2014), ko so pri drevesih z vrečkami izmerili bistveno zmanjšanje vsebnosti tako fosforja kot kalija v listih. Zanutelli in sod. (2014) so navajali, da črpajo plodovi fosfor tudi iz ksilemskega tkiva, kar je izkazovala bistveno večja koncentracija fosforja v listih dreves brez plodov v primerjavi z drevesi, obloženimi s plodovi.

Tudi izbira podlage vpliva na izmerjeno vsebnost hranil v listih dreves (Tagliavini in sod., 1992; Amiri in Fallahi, 2009). S pomanjkanjem kalija v tleh se soočajo v mnogih sadovnjakih po svetu, a največ težav imajo v nerazvitem svetu, kjer si uporabe gnojil morda ne morejo privoščiti ali pa je učinkovitost gnojil omejena zaradi različnih kemijskih in bioloških reakcij v tleh. Chang in sod. (2014) so proučevali učinkovitost sprejema in stopnjo izkoristka kalija pri petih genotipih podlag jabolnan. V tleh s pomanjkanjem kalija, lahko uspevajo le jabolane z večjim vigorjem koreninskega sistema, s katerim absorbirajo več kalija.

### 2.3.2 Vsebnosti hranil v plodovih

Z analizami plodov na vsebnost posameznih hranil lahko ocenimo, če so plodovi sprejeli dovolj hranil, tako preprečimo pomanjkanje in se izognemo potencialnim fiziološkim motnjam in boleznim na plodovih (Ernani in sod., 2002; Nachtigall in Dechen, 2006).

Plodovi akumulirajo velike količine hranil. Ob obiranju se iz sadovnjaka s plodovi v povprečju »odvzame« največ K (725 - 990 g t<sup>-1</sup> svežih plodov - SP), nato N (352 - 463 g t<sup>-1</sup> SP), P (54 - 74 g t<sup>-1</sup> SP), Mg (48 - 60 g t<sup>-1</sup> SP), Ca (35 - 53 g t<sup>-1</sup> SP) (Nachtigall in Dechen, 2006). Nekateri avtorji poročajo o še večjih odvzemih, za K (1300-1600 g t<sup>-1</sup>) in P (85-120 g t<sup>-1</sup>) (Štampar in sod., 2002; Tojnko in sod., 2002). Npr. s pridelkom 70 ton jabolk na hektar, se iz sadovnjaka s plodovi odvzame do 112 kg K in 8,4 kg P. Z gnojenjem po obiranju ali pred naslednjo rastno sezono je potrebno nadomestiti vsaj količino odvzetih hranil s plodovi, v kolikor analize tal ne pokažejo na predhodne presežke hranil.

Kakovost plodov jabolane je pogojena s vsebnostjo Ca, K in N ter razmerji K/Ca in N/Ca v plodovih. Večkratno foliarno gnojenje s kalcijem v času pred obiranjem vpliva na povečanje vsebnosti Ca in na zmanjšanje razmerja K/Ca v plodovih, kar ugodno vpliva na skladiščne lastnosti jabolk (Porro in sod., 2002). Pri manjših vsebnostih Ca v plodovih je večja verjetnost, da se pojavijo znaki grenke pegavosti, notranjega zloma in drugih bolezni. Velikost, barva in kislost plodov pa so v pozitivni povezavi s K v plodovih.

Nachtigall in Dechen (2006) sta izpostavila, da se sorta 'Zlati delišes' razlikuje od sort 'Gala' in 'Fuji' po višjem razmerju K/Ca v plodovih, zaradi česar je potrebno bolj pozorno spremljati morebitno pomanjkanje Ca. Obstajajo tudi velike razlike med sortami glede potreb po hranilih. Ob obiranju se plodovi različnih sort razlikujejo po kislosti, ki je odvisna od vsebnosti kalija. Zato so tudi potrebe po kaliju med sortami lahko različne (Jackson, 2003; Zanutelli in sod., 2014).

Nivo fosforja v plodovih je v pozitivni korelaciji s trdoto plodov in v negativni z notranjim zlomom plodov pri nizki temperaturi. Razlika med zadovoljivo in nezadostno vsebnostjo fosforja v listih pa je zelo majhna (Faust, 1989).

### 2.3.3 Pomanjkanje ali presežek fosforja

V intenzivni pridelavi sadja se redko soočamo s pomanjkanjem fosforja. Znaki pomanjkanja fosforja so zelo različni in lahko spominjajo na znake, značilne za pomanjkanje dušika. Pri milejši obliki pomanjkanja ostanejo poganjki kratki in tanki, listov je manj in se ne razvijejo do normalne velikosti in debeline, so pa temnejše zelene barve. Če je pomanjkanje večje, se začno listi zvijati in rasti pod ostrim kotom, njihova barva se zaradi povečane sinteze antocianov spremeni iz zelene v škrlatno, bakreno rdečo ali celo vijoličasto in nato predčasno odpadejo. Razbarvanja so posebej izrazita na robovih in glavnih žilah (Raese, 2002; Wojcik P in Wojcik M, 2007).

Količina klorofila in proteinov v listih se zaradi pomanjkanja lahko celo poveča, a je aktivnost tega klorofila bistveno manjša kot v normalno prehranjenih celicah. Ne pojavlja se nobena oblika kloroze, opazne pa so lahko manjše nekroze (Marschner, 2012).

Pri rastlinah, ki jim primanjkuje fosforja, se ogljikovi hidrati akumulirajo v listih, kar je posredno lahko zaradi omejitev ATP-ja pri kotransportu saharoze in protonov v floem ali pa zaradi manjših potreb po teh ogljikovih hidratih na mestih porabe (Marschner, 2012).

Potrebe rastlin po določenem hranilu se z rastjo in razvojem zelo spreminjajo. Kadar rastlinam fosfata primanjkuje že v začetku rastne dobe, se to izrazito pozna na manjši listni površini zaradi slabšega razvoja listov in njihovega manjšega števila ter posledično na zmanjšani fotosintezi (Freeden in sod., 1989; Chiera in sod., 2002). Listi ne dosežejo svoje končne velikosti, omejena sta tudi nadaljnji razvoj in rast rastlin (Pieters in sod., 2001). Zaradi zmanjšane fotosintezne aktivnosti se tvori manj asimilatov, ki bi se premeščali na mesta porabe (plodovi) in posledično se zmanjšajo pridelki (Chiera in sod., 2002).

Rastlinam, ki rastejo v optimalnih razmerah in so zadostno preskrbljene s fosforjem (fosfatom), se po omejitvi dostopnosti fosforja najprej zmanjša relativna rast, učinki na zmanjšanje fotosintezne aktivnosti pa se izrazijo šele čez čas. Kot kaže, pomanjkanje fosforja omejuje rastne procese prej kot asimilacijo CO<sub>2</sub>, tudi ne glede na tip rastline, C<sub>3</sub> ali C<sub>4</sub> (Halsted in Lynch, 1996). Rastlinam, ki jim primanjkuje fosforja se lahko po uspešni začetni rasti nivo fotosinteze bistveno zmanjša, tudi do 60 % (Pieters in sod., 2001).

Po nekaterih študijah na fotosintezo vplivajo stomatalne omejitve, ki so lahko posledica pomanjkanja fosforja v rastlini, a po navedbah Thomas in sod. (2006) je to odraz dolgotrajnega pomanjkanja tega hranila v tleh.

Ob pomanjkanju fosforja je najbolj zavrta aktivna vegetativna rast. Za razliko od rasti stebelnih vršičkov je rast korenin pri pomanjkanju fosforja precej manj prizadeta. S tem se zmanjša razmerje med suho maso poganjkov in korenin, posledično pa se preusmeri translokacija ogljikovih hidratov, zlasti saharoze, v smer korenin. Pomanjkanje fosforja



lahko celo povzroči podaljševanje koreninskih celic in celotne korenine (Thomas in sod., 2006). Številne morfološke in biokemijske spremembe na koreninah so lahko posledica spremenjene ekspresije genov (Raghothama, 2000b).

Cvetni brsti in cvetovi ob pomanjkanju so redki, plodovi ostanejo drobni in slabo obarvani, posledično pa so pridelki bistveno manjši in slabše kakovosti. Takšna drevesa so tudi manj odporna proti zimskim pozebam (Jazbec in sod., 1995; Marschner, 2012).

Prisotnost arbuskularne mikorize (AM) gliv na koreninah jablan je v sodobnih nasadih pogost pojav (Atkinson, 1983) in eden izmed načinov prilagoditev rastlin na pomanjkanje fosforja v tleh. Z mikorizo se bistveno povečata absorpcijska površina in učinkovitost sprejema vode ter hranil preko korenin v rastlino. K boljšemu sprejemu prispevajo še glivine fosfataze in učinkoviti transportni proteini za sprejem fosforja. Mikoriza posebej koristno vpliva na prehrano s fosforjem in mikroelementi, na sintezo hormonov in odpornost na koreninske bolezni, čeprav se na ta način porabljajo zaloge ogljikovih hidratov (Chen in sod., 2013).

Presežki fosforja v rastlinah so navadno še redkejši kot samo pomanjkanje. Ob presežkih fosfor interferira s privzemom cinka, bakra, železa in mangana in je lahko eden izmed vzrokov pomanjkanja le-teh (Gerke, 2015).

### 2.3.4 Pomanjkanje ali presežek kalija

Preskrba dreves s kalijem je najpomembnejša, ko so jabolane še mlade in v vegetativni dobi, saj se takrat pogosto pojavijo prvi simptomi pomanjkanja, ki jih je potrebno odpraviti, da drevesa ne zakrniijo. Naknadne potrebe po gnojenju so odvisne predvsem od oveska. Najznačilnejši simptom pomanjkanja kalija pri rastlinah je pojav rdeče-rjavih ožganin na robovih listov, kjer se prvotno pojavijo sivozelena razbarvanja (Jackson, 2003). Listi se začno sušiti na robovih, kasneje se odmiranje širi proti sredini, na koncu pa list postane motno temen. Predvsem starejši listi postanejo klorotični in nekrotični. Korenine slabo rastejo, so rumenkaste in nagnjene k trohnobi. Posledica vseh teh dejavnikov je slabša rodnost dreves (Zörb in sod., 2014; Taiz in Zeiger, 2002).

Ob pomanjkanju kalija je rast rastlin zavrtta in prične se premeščanje kalija iz starejših listov in stebel v mlajše liste (Marschner, 2012). Pomanjkanje kalija upočasnjuje fotosintezo, povečuje pa dihanje in zaradi tega se sadna drevesa izčrpajo ter dajejo manjše pridelke.

Kadar je vir vode omejen, se pokažeta tipična simptoma pomanjkanja kalija, kot sta venenje in izguba turgorja. Ob zmernem pomanjkanju vode pri rastlinah, ki so s kalijem primerno prehranjene tega pojava ne opazimo, saj so rastline manj občutljive na stres. Kalij ima pomembno vlogo pri stomatalni regulaciji, ki je glavni mehanizem za kontrolo vodnega režima v rastlini. Uravnava ozmotski potencial v vakuoli, s tem pa omogoča visoko vsebnost vode v tkivih tudi ob bolj sušnih razmerah (Zörb in sod., 2014).

S kalijem pomanjkljivo prehranjene rastline so pogosto bolj občutljive na mraz oziroma na pozebo, kar je na celični ravni povezano s pomanjkanjem vode (Marschner, 2012). Prav tako so te rastline bolj občutljive na napade gliv, kar opazimo kot spremembe encimskih aktivnosti, zaradi tega pa se začne kakovost plodov slabšati (Amtmann in sod., 2008).

Sadno drevje porabi precej več kalija v primerjavi z dušikom in fosforjem. Pomembno je razmerje med vsebnostjo kalija in dušika v plodovih in listih, ki naj bo harmonično. Presežek kalija (npr. pri pretirani založenosti tal) lahko povzroči motnje v sprejemu in fiziološki dostopnosti magnezija in kalcija. Pomanjkanje kalcija se pokaže s simptomi na plodovih, pomanjkanje magnezija pa na listih (Jackson, 2003)

Izsledki analiz tal so pokazali, da so v mnogih nasadih po svetu presežene priporočene vsebnosti K, kot posledica intenzivnega gnojenja v pridelavi sadja v preteklih desetletjih. Presežki se lahko kažejo v obliki bolezenskih in drugih fizioloških motenj na plodovih (Chang in sod., 2014).

## 2.4 FOTOSINTEZA

Fotosinteza, pretvorba energije sončnega sevanja v različne oblike kemične energije, je ne samo najpomembnejši vir energije za živa bitja, ampak hkrati predstavlja ključni proces, ki vpliva na rast in razvoj rastline. Fotosinteza zajema niz kemijskih reakcij, katerih potek je močno odvisen od notranjih dejavnikov kot so kakovost fotosinteznega aparata, vsebnost klorofilov, aktivnost porabnikov produktov fotosinteze,... ter zunanjih dejavnikov, med katerimi najpogosteje izpostavljamo pomembne vplive svetlobe, temperature, zračne vlage, koncentracije CO<sub>2</sub> ter preskrbljenosti rastline z vodo in hranili (Vodnik, 2004).

Glavni produkti fotosinteze so ogljikovi hidrati, ki nastajajo v največji meri v zelenih listih (Oliveira in Priestley, 1988), a po sistemski klasifikaciji višje rastline lahko za fotosintezno asimilacijo CO<sub>2</sub> uporabijo skoraj vse vegetativne in reproduktivne organe (Aschan in Pfan, 2003), kar je zanje še posebej koristno v času mirovanja in v času prve spomladanske rasti. V dobi mirovanja rastlin, tj. od odpadanja listov v jeseni do ponovne rasti spomladi, porabljajo rastline v koreninah uskladiščene ogljikove hidrate ter tiste, ki jih proizvedejo s fotosintezo skorje mlajših poganjkov (Pfan in sod., 2002). Spomladi, v obdobju od odpiranja brstov do popolnega razvitja listov na drevesu, pa lahko fotosintetizirajo poleg listov tudi listni peclji, zeleni deli cvetov, vsa stebelna tkiva, celo korenine in drugi organi. Vemmos (1995) je ugotovil, da si lahko cvetovi s fotosintezo zagotavljajo del lastnih asimilatov in s tem bistveno prispevajo k ravnovesju ogljikovih hidratov od odpiranja brstov do oploditve.

Zeleni listi, mladi poganjki in sterilni cvetni organi (zeleni) v največji meri asimilirajo atmosferski CO<sub>2</sub>. V nasprotju z njimi lahko tkiva, ki vsebujejo klorofil, a fotosintezna aktivnost ni njihova primarna naloga, učinkovito reciklirajo od 60-90 % pri dihanju nastalega, internega CO<sub>2</sub> (Pfan in sod., 2002; Aschan in Pfan, 2003).

Jablane imajo svoj fotosintezni aparat prilagojen na naravne razmere, pri katerih znaša koncentracija atmosferskega CO<sub>2</sub> približno 360 ppm. Ker sta nalaganje in premeščanje ogljikovih hidratov v rastlinah odvisni od fotosintezne asimilacije CO<sub>2</sub>, lahko s povečevanjem koncentracije CO<sub>2</sub> v zraku pospešimo fotosintezo in izmerimo potencialno kapaciteto rastlin za tvorbo ogljikovih hidratov. Podobne ideje so preizkusili mnogi avtorji (Chen in sod., 2002; Wang in sod., 1998, 1999; Pan in sod., 1998; Zhou in sod., 2001; Veberič, 2002), večina med njimi za ugotavljanje posledic povečanja atmosferskih koncentracij CO<sub>2</sub>, ki jih lahko v prihodnosti pričakujemo.

Pan in sod. (1998) so ugotovili, da se fotosinteza povečuje linearno s povečevanjem koncentracije CO<sub>2</sub>, kar so preizkusili v razponu koncentracij od 200 do 1600 ppm CO<sub>2</sub>. Takoj na začetku poskusa so bile razlike v fotosintezi med rastlinami z različnimi odmerki CO<sub>2</sub> do osemkratne, a so se po nekaj dneh znatno zmanjšale, saj se je zmanjšala intenzivnost fotosinteze pri največjih odmerkih CO<sub>2</sub>. Sklepali so, da je vzrokov za to

gotovo več, kot bolj verjetne pa so navedli: zmanjšanje aktivnosti encima ribuloze bifosfat karboksilaze, povratna inhibicija zaradi akumulacije škroba ali spremembe moči ponorov. V njihovem poskusu je bila korelacija med nalaganjem škroba in zmanjšanjem fotosinteze pri različnih koncentracijah CO<sub>2</sub> zelo značilna.

Pri jablanah poteka fotosinteza tipa C<sub>3</sub>, s hiperboličnim odzivom na svetlobo in saturacijo med 500 in 1000 μmol fotonov m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Aktivnost fotosinteze je lahko zelo različna in pogojena predvsem z okoljskimi dejavniki. Lakso in sod. (1999) so poročali, da znašajo vrednosti fotosinteze pri zdravih in osvetljenih listih jabolane okoli 15 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, Faust (1989) pa navaja, da lahko znaša od 6,9 do 21,5 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Večina drugih avtorjev je izmerila vrednosti znotraj tega obsega (Veberič in sod., 2002; 2005; Tartachnyk in Blanke, 2004).

Običajna fotosintezna kapaciteta (A<sub>max</sub>) jabolane pri saturacijski svetlobi je primerljiva z ostalimi koščičastimi sadnimi vrstami in vinsko trto, a je večja kot pri citrusih in nekaterih tropskih rastlinah (Flore in Lakso, 1989; Lakso in sod., 1999). Posamezne rezultate je včasih težje interpretirati, saj na prevodnost listnih rež in neto fotosintezo pri različnih rastlinskih vrstah vpliva mnogo rastlinskih dejavnikov kot so ovesek, tip listov, različni temperaturni vplivi ter razlika vodne pare med listom in okoljem (Higgins in sod., 1992).

Higgins in sod. (1992) so ocenili, da je optimalna temperatura za najboljši izkoristek fotosinteze pri jablani v območju med 15 in 25 °C, z vrhom pri 20 °C. Pri 10 °C dosega fotosinteza približno 70-80 % tiste pri optimalni temperaturi in je bistveno večja kot pri breskvah, trti in drugem sadnem drevju. Pri višjih temperaturah, med 30 in 45 °C se fotosinteza zmanjšuje in celo preneha, najverjetneje zaradi učinka na zapiranje listnih rež (Jackson, 2003). Pretorius in Wand (2003) sta poročala, da je optimalna temperatura za delovanje listnih rež in optimalno fotosintezo okoli 25 °C, Massonet in sod. (2007) pa so ugotovili, da je pri sortah 'Braeburn' in 'Fuji' v razmerah srednje Evrope optimalna temperatura blizu 29 °C.

Prevodnost listnih rež z izmenjavo plinov blaži vplive drugih okoljskih in drevesnih dejavnikov na fotosintezo (Lakso, 1984; Giuliani in sod., 1997). Kontrola odprtosti listnih rež se vrši preko stanja določenih spremenljivk (npr. vodnega potenciala lista in medcelične koncentracije CO<sub>2</sub>), interakcij med procesi (fotosinteze in transpiracije), in je povezana z okoljskimi dejavniki, med katerimi je najpomembnejša razlika v koncentraciji vodne pare med notranjostjo lista in okoljskim zrakom (Jones in Cumming, 1984).

Merilo odprtosti listnih rež in izmenjave vodne pare ter plinov med mezofilom lista in okoliškim zrakom predstavlja prevodnost listnih rež. "Sončni" listi na obodu krošnje, ki so izpostavljeni večji osvetlitvi, imajo večjo neto fotosintezo in večjo prevodnost listnih rež (Campbell in sod., 1992, cit. po Jackson, 2003), hkrati pa izkazujejo mnogo drugih prilagoditev, ki vplivajo na večji fotosintezni potencial. Pri veliki razliki v koncentraciji

vodne pare med listom in atmosfero se zmanjša prevodnost listnih rež, rastline lahko zmanjšajo izgubo vode in vzdržujejo hidracijo celic. Ta odziv rastlin prav tako zmanjša difuzijo CO<sub>2</sub> v liste in posledično fotosintezo (Ocheltree in sod., 2014). Odzivnost listnih rež na razliko v tlaku vodne pare med listom in okoljem (water vapour pressure deficit; VPD) je odvisna od vrste in tudi sorte rastline (Jones, 1989; Massonet in sod., 2007).

Massonet in sod. (2007) so merili prevodnost listnih rež v odvisnosti od VPD pri jablanah sort 'Braeburn' in 'Fuji' in poročali o dveh načinih uravnavanja prevodnosti listnih rež. Maksimalno prevodnost so izmerili ob majhnem ali zmernem VPD, ob povečanju VPD do mejne vrednosti pa se je prevodnost rež občutno zmanjšala. Sklepali so, da prevodnost listnih rež pri nizkem VPD s povratnimi vplivi omejujejo fotosintezni metaboliti, medtem ko so pri velikem VPD postale omejujoč dejavnik prevodnosti ravno listne reže. Do podobnih zaključkov so prišli tudi Dragoni in sod. (2004) pri sorti 'Royal Empire'.

V literaturi se pogosto pojavlja parameter učinkovitost izrabe vode (water use efficiency, WUE). Na nivoju lista predstavlja razmerje med neto fotosintezo in transpiracijo oz. razmerje med proizvedeno biomaso (asimiliranim ogljikom) in izgubo (porabo) vode (Farquhar in sod., 1989, cit. po Massonet, 2007). Sorte, pri katerih prevladujejo omejitve fotosinteze zaradi listnih rež navadno bolje zadržujejo vodo in imajo posledično višje vrednosti WUE kot tiste sorte, kjer je fotosinteza omejujoč dejavnik (Jones, 1989). Massonet in sod. (2007) so spremljali fotosintezo in transpiracijo ter njuno razmerje (WUE) pri jablani v juliju in avgustu. Poročali so, da ima sorta 'Braeburn' večjo učinkovitost izrabe vode kot sorta 'Fuji'.

Proizvodnja suhe snovi na listno površino je bistveno večja pri drevesih s plodovi (ovesek) kot pri tistih brez (Flore in Lakso, 1989; Veberič, 2003; Tartachnyk in Blanke, 2004). Izračunano preko povprečne neto asimilacije med rastno dobo, je učinkovitost listov obloženih dreves za 21 % večja. Drevesa z več plodovi imajo navadno manj listne mase in posledično manj senčenih listov ter povečano fotosintezo. Nekatere raziskave ne poročajo o takšnih ugotovitvah. Flore in Lakso (1989) nista ugotovila povečanja fotosinteze na račun oveska, najverjetneje zaradi omejitev na strani virov (listov) ali pa plodovi niso predstavljali tako pomembnega ponora. Veberič (2003) je ugotovil, da plodovi vplivajo na proces fotosinteze stimulatивно.

Cheng in Luo (1997) poročata da imajo drevesa največjo fotosintezo okoli poldneva, v popoldanskem času pa je fotosinteza nižja, čeprav so lahko razmere osvetlitve in temperature zraka enake. To je moč pojasniti s povratno inhibicijo fotosinteze zaradi akumulacije asimilatov. Giuliani in sod. (1997) so ugotovili, da se fotosinteza pri saturacijski osvetljenosti od jutra do popoldneva pri drevesih z oveskom le malo zmanjša. Bistveno zmanjšanje fotosinteze so izmerili pri drevesih, ki so jim odstranili plodove. O podobnih izsledkih sta poročala Tartachnyk in Blanke (2004) in preko merjenja

transpiracije, ki se glede na prisotnost ali odsotnost plodov ni spreminjala, ugotovila, da spremembe v fotosintezi niso bile povezane z omejitvami zaradi listnih rež.

Sezonski potek fotosinteze se spreminja v odvisnosti od okoljskih dejavnikov. Med rastno dobo je fotosinteza relativno konstantna, s staranjem listov pa se proti koncu sezone zmanjšuje. Cheng in Luo (1997) sta zaznala zelo majhne razlike v zmanjšanju maksimalne fotosinteze v času od maja do septembra. V septembru in oktobru pa sta izmerila nenaden padec v sprejemu CO<sub>2</sub>, kar je povezano z zmanjšano osvetljenostjo in nižjimi temperaturami v poznejšem delu dneva v jesenskih mesecih. S prestavitvijo dreves iz zunanjih razmer v okolje z višjimi temperaturami (18 °C podnevi in 10 °C ponoči) sta Lakso in Lenz (1986, cit. po Jackson, 2003) uspela ustaviti jesensko senescenco in zmanjšanje fotosinteze.

## 2.5 OGLJIKOVI HIDRATI

Jablano uvrščamo v družino rožnic (Rosaceae), pri katerih so kot glavni produkti fotosinteze tri oblike ogljikovih hidratov: saharoza, sorbitol in škrob (Bielecki in Redgwell, 1985). Sorbitol je glavni fotoasimilat odraslih listov in tudi primarna transportna oblika ogljika pri jablani, kar so prvi dokazali Zimmermann in Ziegler (1975, cit. po Bielecki in Redgwell, 1985) z analizami floema ter Web in Burley (1962, cit. po Bielecki in Redgwell, 1985) z uporabo markerjev. Delež sorbitola med vsemi transportnimi ogljikovimi hidrati lahko znaša več kot 75 %, preostanek pa predstavlja predvsem saharoza. Berüter (2004) je to potrdil z analizami vsebnosti ogljikovih hidratov v pecljih plodov, preko katerih poteka translokacija iz listov v plodove.

Vsebnosti ogljikovih hidratov v rastlinah se spreminjajo skozi vse leto. V določenih obdobjih imajo rastline ogljikovih hidratov v izobilju, drugič jim njihove vsebnosti ne zadostujejo niti za osnovne potrebe. Tudi različna tkiva imajo različne sposobnosti tvorbe in metabolizma ogljikovih hidratov, kar je pogojeno predvsem z njihovo funkcijo (Oliveira in Priestley, 1988; Chen in sod., 2002).

Nastanek, razporejanje in premestitve ogljikovih hidratov med različnimi tkivi je najlažje ponazoriti z uporabo modela vir/ponor. Vire predstavljajo vsa tkiva, kjer ogljikovi hidrati nastajajo, ponor pa tista tkiva, kamor se premeščajo in kjer se porabljajo (Turgeon, 1989). Čeprav so vsi listi že od začetka svojega razvoja sposobni opravljati fotosintezo ter tvoriti fotoasimilate, so v času rasti neto uvozniki in porabniki fotoasimilatov ter predstavljajo ponore. Vir ogljikovih hidratov postanejo šele takrat, ko se prične njihova rast zaključevati in lahko pridelane asimilate "delijo" z drugimi organi (Turgeon, 1989). Rastline dosežejo pozitivno bilanco ogljikovih hidratov, ko količina pri fotosintezi proizvedenih ogljikovih hidratov presega potrebo za rast in dihanje ponoči.

Zaloge ogljikovih hidratov se razporejajo med mnoge ponore, njihova delitev pa je odvisna od "moči" posameznega ponora, saj si le-ti med sabo konkurirajo. Vendar obstaja med vsemi drevesnimi deli nekakšno dinamično ravnotežje, ki glede na fiziološke aktivnostmi deluje v smeri prioritetenih mest z največjo specifično aktivnostjo (Landsberg, 1974, cit. po Oliveira in Priestley, 1988).

Za razliko od saharoze, ki nastaja in se porablja v listih vseh starosti, nastaja sorbitol le v odraslih in skoraj odraslih (še razvijajočih) listih, a porabljajo ga lahko le slednji (Bieleski in Redgwell, 1985). Odrasli in najmlajši listi namreč nimajo potrebnih encimov za razgradnjo sorbitola (Yamaki in Ishikawa, 1986). Sposobnost razgradnje si pridobijo med razvojem, v času prehoda iz ponorov v vire in jo kasneje, ko odrastejo, izgubijo (Bieleski in Redgwell, 1985). Zato sta razvojna faza listov in razmerje vir/ponor ključna fiziološka dejavnika, ki vplivata na razporeditev fotosintetskega ogljika med sorbitol in ostale ogljikove hidrate (Wang in sod., 1997, 1999).

Metabolizem ogljikovih hidratov v rastlinah je zelo zapleten in močno reguliran proces, ki poteka več smereh. Sposobnost regulacije temelji predvsem na delovanju posameznih encimov na različnih nivojih fiziološke in strukturne ureditve (Geiger in Servaites, 1994). Nastanek in razgradnja vsakega posameznega ogljikovega hidrata potekata skozi nize encimskih reakcij, a o končnih produktih fotosinteze odločajo tudi določene celične strukture. Na notranjih membranskih ovojnicah kloroplastov se nahajajo trioze-fosfatni/fosfatni prenašalci (TPT), mesta skozi katera poteka izmenjava snovi med kloroplastom in citosolom. Aktivni so le v času fotosintezne aktivnosti listov, ko v stromi kloroplasta poteka asimilacija CO<sub>2</sub> (Kalvinov cikel) in nastajajo molekule trioze-fosfati (TP). Iz trioze fosfatov lahko v kloroplastih nastaja škrob, lahko pa preko trioze fosfatnih prenašalcev (TPT) preidejo v citosol, kjer iz njih nastanejo topni ogljikovi hidrati (Cheng in sod., 2005; Walters in sod., 2004; Schneider in sod., 2002).

Kadar TP prehitro izhajajo iz kloroplastov, prične v Kalvinovem ciklu primanjkovati intermediatov. V nasprotnem primeru, če je transport skozi TPT prepočasen, se fosforilirani intermediati kopičijo v kloroplastu, zaradi česar se v stromi izčrpajo zaloge P<sub>i</sub>, posledično se zmanjša sinteza ATP in prav tako je omejena asimilacija CO<sub>2</sub> (Walters in sod., 2004). V normalnih okoliščinah se potencialna inhibicija fotosinteze zaradi omejitve P<sub>i</sub> v rastlinah prepreči z aktivacijo encima ADP-glukoza pirofosforilaze (AGPaze), kar vodi do povečane sinteze škroba in posledičnega sproščanja P<sub>i</sub>.

Akumulacija škroba v listih je močno uravnavana z dnevnim ritmom, tako podnevi nastaja škrob v relativno velikih količinah in služi kot zaloga začasno shranjenega ogljika. Ponoči poteka razgradnja škroba in sprostitvev energije za uravnavanje drugih metabolnih procesov in tvorbe saharoze. Sinteza tranzitornega škroba lahko predstavlja osnovni način shrambe asimiliranega ogljika, ko asimilacija presega potrebe saharoze (Stitt in Quick, 1989). Ta proces nalaganja ogljika v obliko netopnega škroba omogoča tudi vzdrževanje nadaljnje

asimilacije in kopičenje energije, kadar so zmogljivosti za shrambo ali transport saharoze presežene (Obana in sod., 2006).

Heksoze-fosfati v citosolu se porabljajo pri glikolizi in dihanju, a predstavljajo tudi osnovni substrat za sintezo saharoze in sorbitola. Razdelitev ogljika med ta sladkorja ni nikoli stalna, ampak se prilagaja glede na fiziološke potrebe rastlin. Zato sta biosintezi saharoze in sorbitola v citosolu med sabo zelo usklajeni in odvisni, saj tekmujeta za isti substrat, to je za glukozo-6-fosfat (G6P).

Pri atmosferski koncentraciji CO<sub>2</sub> se v listih vseh starosti akumulira največ sorbitola, malo manj saharoze, vsebnosti glukoze, fruktoze in škroba pa so po navadi zelo majhne (Wang in sod., 1999). Povečanje koncentracije CO<sub>2</sub> v zraku lahko vpliva na nekajkratno povečanje vsebnosti sorbitola in škroba v listih (Chen in sod. 2002; Wang in sod., 1999), a ne vpliva na vsebnost saharoze (Pan in sod., 1998; Wang in sod., 1999). Večje vsebnosti sorbitola in škroba so verjetno zgolj posledica povečane fotosintezne porazdelitve ogljika med njiju. Pan in sod. (1998) so predvidevali, da je usmeritev toka ogljika za sintezo saharoze pri odraslih listih jabolane zelo močno regulirana na fiziološki ravni, medtem ko se tok ogljika za sintezo sorbitola spreminja glede na vplive okoljskih dejavnikov. O povečanju vsebnosti sorbitola, a ne saharoze, so prav tako poročali Wang in sod. (1996) pri jablanah pod vplivom vodnega stresa.

Rastline se z metabolizmom prilagajajo na različne letne čase, velika nihanja vsebnosti ogljikovih hidratov pa se pokažejo tudi med dnevom. Največja razlika je zlasti med dnevom in nočjo (Chong in Taper, 1971; Wang in sod., 1997; Zhou in sod., 2001). V omenjenih raziskavah je bilo potrjeno, da služi sorbitol kot založni ogljikov hidrat v odraslih listih jabolane, saj se začasno shranjuje in uravnava celodnevni pretok ogljikovih hidratov do ponorov (listov in plodov). V plodovih dosega njegove vsebnosti do 10 % celotne sveže snovi. V drugih tkivih pa njegove vsebnosti zelo nihajo, odvisno od letnega časa (Loescher, 1987).

Od vseh pomembnejših ogljikovih hidratov pri jablani kaže ravno sorbitol največja dnevno-nočna nihanja (Zhou in sod., 2001), kar nakazuje, da deluje podobno kot škrob pri ostalih rastlinah, ki ne spadajo med rožnice, saj se podnevi kopiči, ponoči pa transportira v druga tkiva. Koncentracije škroba se podobno spreminjajo, le s to razliko, da se ob začetku dneva škrob tvori s 4 urnim zamikom. Ampak pri jablani predstavlja škrob le manjši delež založnega ogljika, ob koncu dneva ga je v odraslih listih le približno 15 % (Wang in sod., 1997). V številnih drugih rastlinah predstavlja škrob glavno obliko shranjenega ogljika in je zato njegov delež precej večji.

Za razliko od ostalih rastlin, saharoza za jablano ne predstavlja glavne založne oblike ogljikovih hidratov, ker se tudi njene dnevne vsebnosti v odraslih listih bistveno ne spreminjajo. Obstaja pa verjetno neko dinamično ravnovesje med sintezo in izvozom



saharozo iz listov, kar so ugotovili Moing in sod. (1994) s spremljanjem izvoza sorbitola in saharoze iz odraslih listov breskev. Ugotovili so še, da so kinetične značilnosti nalaganja floema za oba sladkorja različne in, da se kapacitete za nalaganje sorbitola lahko nasičijo, za saharozo pa ne.

Po mnenju Chenga in sod. (2005) lahko povečane vsebnosti saharoze pospešujejo nalaganje floema in izvoz saharoze do ponornih mest. Po drugi strani pa morda odtehtajo posledice, ki nastanejo zaradi zmanjšanja osmotskega potenciala na račun pomanjkanja sorbitola. Znano je namreč dejstvo, da sorbitol deluje kot osmotik, saj v celico pritegne vodo in tako uravnava osmotski pritisk od zunaj navznoter. Zaradi svoje zgradbe (OH-skupine) lahko do neke mere tudi nadomesti molekule vode (Lo Bianco in sod., 2000).

Transgene jabolane iz poskusa Kanamaru in sod. (2004) s spremenjeno ekspresijo gena za glukozo-6-fosfat reduktazo, ki posledično vpliva na tvorbo sorbitola, so se razlikovale po rasti poganjkov in po obliki ter rasti listov. Najbolj so izstopale prav tiste linije, katere sorbitola skoraj niso tvorile, saj se je pri njih rast poganjkov ustavila že sredi leta. Rast vršičkov na poganjkih se verjetno ustavi zaradi spremenjenega transporta zalog do teh ponornih tkiv, saj jabolane za translokacijo v večji meri uporabljajo sorbitol kot saharozo.

Konec junija se pri jabolku zaključí obdobje intenzivne delitve in nastopi večanje celic. Plodovi postanejo takrat največji porabniki asimilatov in močno vplivajo na aktivnost fotosinteze v bližnjih listih. Na fotosintezo bolj oddaljenih listov nimajo velikega vpliva (Blanke in Lenz, 1989).

## 2.6 ORGANSKE KISLINE

Kislost plodov, ki jo merimo kot titracijsko kislost in/ali s pH, je pomembna komponenta organoleptičnih lastnosti sadja (Esti in sod., 2002; Harker in sod., 2002). Večina zrelega sadja je kiselkasta zaradi prisotnosti organskih kislin, od katerih sta glavni predvsem jabolčna in citronska kislina. V jabolkih je delež jabolčne kisline lahko tudi večji od 90 % (Wu in sod., 2007a; Zhang in sod., 2010). Druge organske kisline, npr. šikimska, fumarna, oksalna, mlečna, očetna, kumarinska in galakturonska, so v plodovih prisotne le v sledovih (Morvai in Molnar Perl, 1992).

Na nivoju celice ima metabolizem organskih kislin temeljno vlogo pri številnih biokemijskih poteh, pri nastajanju energije in pri tvorbi prekursorjev za biosintezo aminokislin. Organske kisline imajo pomembno vlogo tudi pri obarvanju plodov, saj vplivajo na stabilizacijo antocianinov, podaljšujejo rok uporabnosti plodovom ter procesirani hrani. Za organske kisline je značilna antioksidativna aktivnost, zato jim pripisujejo tudi zaščitno vlogo pred različnimi rastlinskimi boleznimi (Silva in sod., 2004).

Pri plodovih jabolane uporabljamo razmerje med vsebnostjo sladkorjev in organskih kislin kot indeks kakovosti in če se ravnamo po njem, lahko določimo čas tehnološke zrelosti in optimalen čas obiranja (Cordenunsi in sod., 2002). Z rastjo in dozorevanjem plodov se zmanjšuje vsebnost organskih kislin, vsebnost sladkorjev pa se povečuje. Posamezni sladkorji so med sabo v pozitivni korelaciji, z organskimi kislinami pa v negativni (Wu in sod., 2005). Vsebnosti določenih organskih kislin in sladkorjev v rastlinskih tkivih so v veliki meri odvisne od genotipa (Kafkas in sod., 2007; Etienne in sod., 2013; Hudina, 1999; Feng in sod., 2014).

Za tvorbo in shranjevanje malata se potrebuje tudi energija v obliki ATP. Kadar rastline ne sintetizirajo malata, ATP ostaja in spodbuja tvorbo heksozefosfatov, to je glukoze-6-fosfata, fruktoze-6-fosfata in 3PGA. Večje vsebnosti malata kot substrata lahko vplivajo na tvorbo istih heksozefosfatov. Kadar je slednjih spojin v celici dovolj, se največkrat pretvorijo v škrob, saharozo ali gradnike celične stene. Berüter (2004) je ugotovil, da se heksozefosfati, ki izvirajo iz glukoze v največji meri vgradijo v škrob in celično steno, heksozefosfati iz fruktoze pa so boljši prekursorji za malat.

### 2.6.1 Metabolizem organskih kislin v plodovih

V metabolnih procesih se kisline pojavljajo v disociiranih oblikah kot so malat (jabolčna), citrat (citronska), fumarat (fumarna). Na procese, ki so vključeni v metabolizem in nalaganje jabolčne, citronske in ostalih organskih kislin v mezokarpne celice plodov vplivajo genetski in okoljski dejavniki. Kljub temu, da se nekatere organske kisline do plodov premeščajo po rastlinskem soku, obstajajo razlike med sortami v kislosti plodov

predvsem na račun metabolizma malata, citrata in ostalih kislin v plodovih samih (Sweetman in sod., 2009). Po okusu je citronska kislina bolj kislja od jabolčne. Največji vpliv na samo aromo sadja, pred jabolčno in citronsko pa ima fumarna kislina, čeprav je njena koncentracija zelo majhna (Liebrand, 1992).

Glukoneogeneza je metabolna pot, pri kateri iz fosfoenolpiruvata (PEP) nastaja glukoza. To se dogaja predvsem v času zorenja plodov, ko se sladkorji hitreje akumulirajo (Sweetman in sod., 2009). Pri nekaterih sadnih vrstah se v zadnji fazi razvoja in zorenja plodov zmanjša akumulacija organskih kislin in pričnejo se tvoriti sladkorji (Etienne in sod., 2013).

Večina vsebnosti citrata in malata se nahaja v vakuolah (Yamaki, 1984), ki zavzemajo 90 % celičnega prostora zrelih plodov (Etxeberria in sod., 2012). Za vzdrževanje elektronevtralnosti vakuol, mora nemoteno potekati transport organskih anionov skupaj s hkratnim pritokom ekvivalentne količine kationov. To se lahko doseže s transportom mineralnih kationov (najpogosteje  $K^+$ ) ali protonov (sproščenih pri disociaciji šibkih kislin v citosol), slednji so odgovorni za zakisanje vakuol (Etienne in sod., 2013).

Z zorenjem se vsebnost citrata ponavadi zmanjšuje (Wu in sod., 2005; Saradhuldhat in Pauli, 2007), kar pomeni, da ga celice izvažajo iz vakuol (Etienne in sod., 2013).

Pri primerjavi dveh sort jabolk z enakima vsebnostima sladkorjev in bistveno različnima vsebnostima kislin (do 10x), so Berüter in sod. (2004) poročali o večji akumulaciji  $^{14}C$ -označenega malata pri sorti z večjo vsebnostjo kislin. Večja stopnja razgradnje malata pri sorti z manj kislinami je bila najverjetneje posledica slabše kapacitete vakuol za shranjevanje malata.

Malat se lahko nakopiči tudi v vakuolah parenhimskih celic v plodovih (Yamaki, 1984), kar morda predstavlja konkurenco kataboličnemu procesu njegove porabe izven vakuole. Posledično povečana tvorba malata pa lahko tako omejuje celotno pretvorbo fotosinteznih asimilatov v druge celične komponente, to je sladkorje in škrob, ki se med rastjo nalagajo (Berüter, 2004).

Stopnjo transporta citrata v vakuole najverjetneje omejuje aktivnost njegovega transportnega sistema, saj kanali, po katerih se prenaša malat, prenašajo citrat mnogo počasneje. Verjetno je nalaganje citrata v vakuolah pogojeno z njegovo koncentracijo v citosolu in posledično z njegovim metabolizmom. Med vsemi možnimi metabolnimi potmi citrata, poteka sinteza citrata le v reakcijah citratnega cikla (TCA), kar pomeni, da je nalaganje citrata verjetno odvisno od dihanja (Etienne in sod., 2013). Med rastno dobo se koncentracije organskih kislin v plodovih spreminjajo, tudi na račun večanja celic in posledične razredčitve v vzorcih (Wu in sod., 2007b).

## 2.6.2 Vpliv kmetijsko-okoljskih dejavnikov na vsebnost organskih kislin v plodovih

Razmerje vir/ponor, mineralna prehrana, zaloge vode in temperaturne razmere so kmetijsko-okoljski dejavniki, ki imajo največji vpliv na kislost plodov. Redčenje plodičev, rez drevja, zmanjšanje koreninskega sistema, zmanjšanje števila listov (defoliacija) ali poškodbe listne mase vplivajo na razmerje med virom in ponorom za rastlinske metabolite, kar se izrazi v spremenjenih zalogah sladkorjev in na rasti plodov. Podobni ukrepi oz. dogodki vplivajo tudi na kislost plodov (npr. Etienne in sod., 2013)

Povečanje razmerja vir/ponor vpliva na povečanje vsebnosti citrata v zgodnjem razvoju plodov in na njegovo zmanjšanje z zorenjem pri breskvah (Wu in sod., 2002). Ravno nasprotno velja za vsebnost malata, ki je manjša v začetnih fazah razvoja in se povečuje z zrelostjo.

Po nekaterih hipotezah se v času razvoja plodov večje količine sladkorjev premeščajo iz listov v plodove, kjer z glikolizo nastaja malat in z njegovo pretvorbo v TCA ciklu citrat. Plodovi, ki jim je zaradi večjega razmerja vir/ponor na voljo več sladkorjev, zrastejo večji in imajo posledično večjo stopnjo dihanja (respiracije). Povečano dihanje lahko stimulira glikolizo in pretvorbo malata v citrat (Berüter, 2004).

Med zorenjem je dostopnost sladkorjev za potrebe dihanja manjša, saj so shranjeni v vakuolah, zato začno rastline kot substrat za dihanje porabljati organske kisline (še posebej citrat). V tej fazi lahko povečan obseg dihanja (zaradi večjih plodov kot posledica večjega razmerja vir/ponor) stimulira pretvorbo citrata v malat, s čimer se ohranja konstantna zaloga intermediatov za TCA cikel (Lobit in sod., 2003; Wu in sod., 2007b; Genard in sod., 1999).

V večini primerov razpoložljivost vode v tleh negativno vpliva na titracijsko kislost in vsebnost organskih kislin v zrelih plodovih (Hudina in Štampar, 2000; Wu in sod., 2002). Čeprav bi razpoložljivost vode lahko vplivala na kislost plodov, pa nima vpliva na sezonski potek akumulacije organskih kislin (Wu in sod., 2002). Vodni stres verjetno vpliva na povečanje vsebnosti organskih kislin na račun učinka razredčitve/dehidracije.

Drugi mehanizem, preko katerega bi lahko vodni status rastline interferiral s kislostjo plodov je osmotska prilagoditev: zaradi vodnega stresa vsa rastlinska tkiva kopičijo metabolite, predvsem sladkorje in organske kisline, s katerimi znižujejo osmotski potencial in preprečujejo padec celičnega turgorja. Povečano nalaganje kislin v listih in ksilemskem soku zaradi vodnega stresa bi lahko vplivalo na povečanje uvoza organskih kislin v plodove (Etienne in sod., 2013).

Višja temperatura v času rasti plodov ali v času skladiščenja vpliva tako na zmanjšanje vsebnosti malata in citrata. Glavni vpliv temperature je povečanje dihanja plodov (Etienne

in sod., 2013). Vpliv temperature na vsebnost organskih kislin v plodovih je vrstno in sortno pogojen (Wu in sod., 2007a).

### 2.6.3 Vpliv mineralne prehrane na kislost plodov

V bolj kislih plodovih, kjer je pH celičnega soka zelo nizek (npr. 2,8), se jabolčna kislina nahaja v prosti obliki in ne kot sol (malat), saj ima pK vrednosti pri 3,3 in 5,1. V plodovih je vsebnost jabolčne kisline v negativni povezavi z vsebnostjo kalija. Zelo kisli plodovi lahko ob manjših vsebnostih kalija dosežejo nižji pH celičnega soka. Iz tega je Berüter (2004) lahko sklepal, da med akumulacijo organskih kislin in hkratnim sprejemom kalija v plodove jabolk ni nobene povezave.

Na nivoju celice potekajo različni mehanizmi, preko katerih  $K^+$  ioni vplivajo na metabolizem in shrambo organskih kislin. Organski anioni, ki nastajajo v vegetativnih delih rastlin delujejo kot pufri za presežke organskih kationov, ki jih rastline absorbirajo iz tal (Lopez-Bucio in sod., 2000).  $K^+$  ione, ki vstopajo v plodove, mora nujno spremljati ekvivalentna količina organskih anionov, predvsem malat in v manjši meri citrat (Burström, 1945, cit. po Etienne in sod., 2013). Sprememba vsebnosti titracijskih kislin v plodovih kot posledica zalog (gnojenja) s kalijem ( $K^+$ ) kaže, da  $K^+$  vpliva na sintezo organskih kislin ali na shrambo kislin v vakuolah celic kar znotraj samih plodov (Etienne in sod., 2013).

Velike vsebnosti malata v plodovih velikokrat spremljajo tudi večje vsebnosti kalcija. Za kalcij je značilno, da učinkovito vzdržuje strukturo celične stene, še posebej osrednje lamele. Plodovi z več jabolčne kisline tvorijo običajno tudi več netopnih ogljikovih hidratov (Berüter, 2004).

Tudi poročila o vplivih dušika na kislost plodov so si zelo nasprotujoča. Nekateri poročajo o pozitivnem vplivu na titracijsko kislost in vsebnost organskih kislin (Ruhl, 1989; Radi in sod., 2003), nekateri poročajo, da gnojenje z dušikom nima nobenega vpliva na vsebnosti organskih kislin (Šturm, 2001; Fabčič, 2004; Prša, 2012). Jakopič in sod. (2007) so poročali, da je gnojenje z dušikom vplivalo le na povečanje vsebnosti citronske kisline v plodovih. Pomanjkanje dušika predstavlja stres za rastline, na katerega se odzovejo s povečano tvorbo fenolov in sladkorjev ter zmanjšano tvorbo organskih kislin (Lobit, 1999, cit. po Radi in sod., 2003).

## 2.7 OBARVANOST PLODOV

Med odločilnimi dejavniki tržne sprejemljivosti je mnogokrat tudi intenziteta obarvanosti plodov (Kays, 1999; Jackson, 2003). V povprečju se kupci raje odločajo za plodove rdeče obarvanih sort in tudi znotraj sorte za plodove z večjo pokrivnostjo rdeče barve, kar je delno pogojeno s privlačnim videzom teh plodov in prepričanjem potrošnikov, da so bolj obarvani plodovi na splošno kakovostnejši (Kays, 1999). Intenzivnejšo barvo običajno razvijejo plodovi, izpostavljeni soncu, ki so pogosto bolj sladkega okusa in imajo večjo trdoto od osenčenih plodov (Jackson, 2003).

V času zorenja se v povrhnjici plodov intenzivno nalagajo antocianini, ki dajejo rdečo obarvanost plodovom in pogosto prekrijejo osnovne plastidne pigmente (klorofile in karotenoide) (Jackson 2003; Bae in Kim, 2006). Glavni antocianin, ki se nahaja v povrhnjici je cianidin-3-galaktozid, v manjših vsebnostih pa so prisotni tudi cianidin-3-arabinozid, cianidin-3-glukozid, cianidin-3-ksilozidin in cianidin-7-arabinozid (Bizjak in sod., 2013; Liu in sod., 2013).

Na povečanje koncentracije antocianinov v povrhnjici plodov in na izboljšanje obarvanosti plodov poleg kombinacije mnogih dejavnikov vpliva tudi gnojenje s fosforjevimi pripravki (Gomez-Cordoves in sod., 1996; Li in sod., 2002; Bizjak in sod., 2013). V osrednji Sloveniji so Bizjak in sod. (2013) spremljali vpliv foliarnega gnojenja s fosforjem na obarvanost plodov in tvorbo antocianinov pri sorti 'Braeburn' pet tednov pred tehnološko zrelostjo. Dokazali so, da že dvakratna aplikacija gnojila vpliva na intenzivnejšo tvorbo ključnih antocianinov ter posledično na drugačne kolorimetrične parametre na povrhnjici v primerjavi z negnojenimi drevesi.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 LOKACIJA IN ZNAČILNOSTI NASADA

Poskus smo zasnovali na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Tekstura tal v nasadu je bila meljasto-ilovnata (MI) do globine 20 cm in meljasto-glinena (MG) v globini od 20 do 40 cm. Pred izvedbo poskusa smo s kemično analizo preverili založenost tal s hranili (priloga A). Ugotovili smo, da so bili kalij (K), mangan (Mn) in molibden (Mo) v pomanjkanju, vsebnost ostalih elementov pa v območju priporočenih vrednosti.

#### 3.2 RASTLINSKI MATERIAL

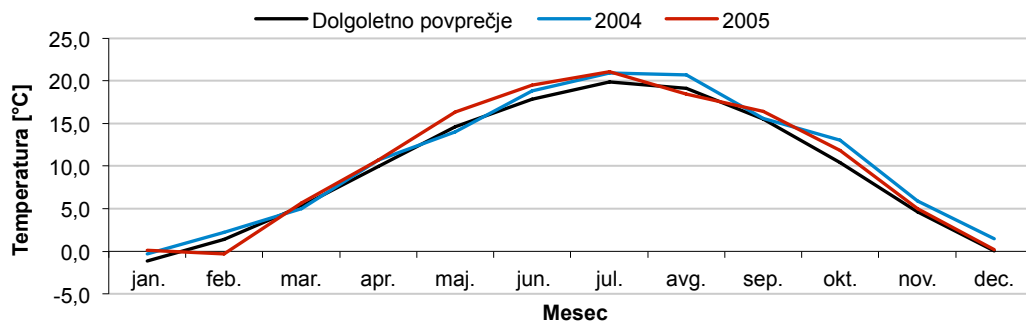
V obravnavanju smo z naključnim izborom določili po vigorju relativno izenačena 4-letna drevesa sort 'Zlati delišes' in 'Elstar' ('Red Elstar'), cepljena na vegetativno podlago 'M9'. Sadilne razdalje med drevesi so bile 1,2 x 3,2 m, gojitvena oblika sončna os, tehnologija pridelave pa je bila skladna s smernicami integrirane pridelave. Agrotehnični ukrepi ter uporaba fitofarmaceutskih sredstev so bili v skladu z omenjenimi smernicami, le gnojenje z mineralnimi ali organskimi gnojili je bilo v času trajanja poskusa opuščeno.

Sorta 'Zlati delišes' je najverjetneje naključni sejanec sort 'Grimes Golden' in 'Golden Reinette'. V pridelavo je bila uvedena leta 1916. Zaradi odličnih proizvodnih in prilagodljivih sposobnosti je razširjena po vsem svetu in je po deležu pridelave ena izmed vodilnih sort (Jackson, 2003). Spada med glavne sorte slovenskega sadnega izbora (Godec in sod., 2015). Plodovi sorte 'Zlati delišes' so srednje debeli (63 mm premera), imajo zelenkasto-rumeno osnovno barvo in ob zrelosti postanejo zlato-rumeni. Meso je zelenkastorumeno do kremasto, sočno in čvrsto do srednje čvrsto, sladko, z blago kislino in žlahtno aromo. Pri nas doseže tehnološko zrelost v zadnji dekadi septembra (Viršček-Marn in Stopar, 1998; Jackson, 2003). Pogost in precej moteč pojav pri tej sorti je porjavelost kože plodov, ki je odvisna od vremena, nihanja suhih in vlažnih obdobjev ter uporabe škropiv. Obstajajo klone kot so 'Zlati delišes klon B', Smoothee ter 'Zlati delišes Reinders', pri katerih je porjavelost kože manj izražena.

Sorto 'Elstar' so vzgojili s križanjem sort 'Zlati delišes' in 'Ingrid Marie'. V pridelavo so jo uvedli leta 1972. Plodovi so srednje debeli do debeli (70 – 80 mm premera), rumene barve z oranžno-rdečimi prižami. Njihovo meso je zelenkastorumeno do belkastorumeno, sočno, čvrsto, drobnozrnato. Plodovi so odličnega okusa, odlikuje jih harmonično razmerje med kisljinami in sladkorji ter žlahtna aroma. Tehnološko zrelost doseže tri tedne in pol pred sorto 'Zlati delišes', najboljši okus pa razvijejo plodovi v skladišču dva tedna po obiranju (Viršček-Marn in Stopar, 1998; Jackson, 2003). 'Elstar' spada med najbolj kakovostne sorte jabolčan, zato je uvrščena tudi med glavne sorte slovenskega sadnega izbora (Godec in sod., 2015). 'Red Elstar' je različica sorte 'Elstar' z izrazitejšo rdečo obarvanimi plodovi.

### 3.3 VREMENSKE RAZMERE

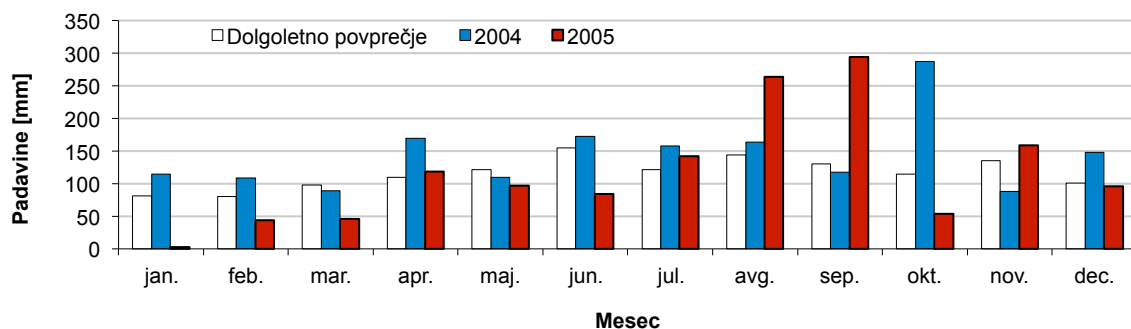
Povprečne mesečne temperature zraka v letih 2004 in 2005 so bile večinoma višje od dolgoletnega povprečja temperatur v obdobju 1976-2005 (slika 1). Največja odstopanja od povprečja so bila izmerjena v času rastne dobe dreves od aprila do oktobra. V juniju in juliju v obeh letih so bile temperature za več kot 1,0 °C večje.



**Slika 1:** Povprečna mesečna temperatura zraka v letih 2004, 2005 in dolgoletno mesečno povprečje temperatur v obdobju 1976-2005 za Ljubljano (Meteorološki podatki, 2006).

**Figure 1:** Average monthly air temperature in 2004, 2005 and long-term monthly average temperatures in the period 1976-2005 in Ljubljana. (Meteorološki podatki, 2006).

Skupna količina padavin v letu 2004 je bila 20 % večja od dolgoletnega povprečja, posebej na račun padavin v oktobru (slika 2). Padavine v letu 2004 so bile čez vso rastno dobo enakomerno razporejene, kar je idealno za rastlinsko proizvodnjo. Prva polovica leta 2005 je bila v primerjavi z dolgoletnim povprečjem zelo sušna, saj je bilo izmerjenih bistveno manj padavin. Julij, avgust in september so bili zelo deževni meseci, količina padavin je bila izrazito nad dolgoletnim povprečjem. Skupna količina padavin v letu 2005 je bila primerljiva z dolgoletnim povprečjem, le da so bile padavine po mesecih zelo neenakomerno porazdeljene. Podrobnejši dekadni podatki meteoroloških parametrov v času rastne dobe so podani v prilogi B, vključno z vrednostmi povprečne relativne zračne vlage v zraku, ki je bila še posebej v letu 2005 med zorenjem plodov izrazito velika (več kot 80 %).



**Slika 2:** Mesečna količina padavin v letih 2004, 2005 in dolgoletno mesečno povprečje padavin v obdobju 1976-2005 za Ljubljano (Meteorološki podatki, 2006).

**Figure 2:** Monthly rainfall in 2004, 2005 and long-term monthly average rainfall in the period 1976-2005 in Ljubljana (Meteorološki podatki, 2006).



### 3.4 ZASNOVA POSKUSA

Poskus je potekal v dveh rastnih sezonah (2004 in 2005). Želeli smo ugotoviti vpliv foliarnega gnojenja s fosforjem (P) in kalijem (K) na vsebnost topnih ogljikovih hidratov in organskih kislin v plodovih, na vsebnosti obeh elementov (P in K) v popolnoma razvitih listih ter posledične vplive na fotosintezo in transpiracijo. Vključili smo štiri obravnavanja in v vsako obravnavanje pet dreves (4 x 5). Obravnavanja so se med sabo razlikovala po pogostnosti ter terminih dodajanja foliarnega gnojila Hascon M10 AD (15 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 20 % K<sub>2</sub>O, 0,1 % B, 0,1 % Mn, 0,01 % Mo). Vsakokratni odmerek gnojila je bil v koncentraciji 50 ml/10 l vode.

#### 3.4.1 Poskus v letu 2004

V letu 2004 smo spremljali vpliv pogostnosti foliarnega gnojenja 7x (10x) oziroma 3x pred obiranjem. Enemu od 3x foliarno gnojenih obravnavanj smo ob začetku rastne dobe (18. 05. 2004) dodali talno gnojilo NPK (7-20-30 + Fe, Zn) v odmerku 200 kg/ha.

V poskusu so bila naslednja obravnavanja:

- PK7 (PK10) 7x foliarno gnojenje pri sorti 'Elstar' in 10x pri sorti 'Zlati delišes'
- PK3K 3x foliarno gnojenje pred obiranjem
- PK3K+T 3x foliarno gnojenje pred obiranjem + 1x talno gnojenje
- KON kontrolna, popolnoma negnojena drevesa

Termini gnojenja, vzorčenj in meritev v letu 2004 so predstavljeni v preglednicah 2 in 3.

**Preglednica 2:** Termimska izvedba poskusa za sorto Elstar' v letu 2004

**Table 2:** Time-table of the trial for 'Elstar' in the year 2004

Gnojenje	Vzorčenje *	Vzorčenje listov za analizo P in K	Meritve fotosinteze in transpiracije
18. 5. PK3K+T			
19. 7. PK7			
26. 7. PK7			
2. 8. PK7			
10. 8. PK7			
16. 8. PK7, PK3K, PK3K+T	1. vzor.: 19. 8.		1. mer.: 17. 8
23. 8. PK7, PK3K, PK3K+T	2. vzor.: 27. 8.	1. vzor.: 26.8.	2. mer.: 25. 8
30. 8. PK7, PK3K, PK3K+T	3. vzor.: 2. 9.		3. mer.: 3. 9.
	4. vzor.: 9. 9.	2. vzor. 9.9.	4. mer.: 9. 9.
	5. vzor.: 14. 9. (obiranje)		
		3.vzor.: 23.9.	5. mer.: 23. 9.

\* vzorčenje plodov za analizo ogljikovih hidratov in organskih kislin.

Čas polnega cvetenja 29. 4. 2004, tehnološka zrelost plodov in obiranje 14. 9. 2004

**Preglednica 3:** Termimska izvedba poskusa za sorto 'Zlati delišes' v letu 2004  
**Table 3:** Time-table of the trial for 'Golden Delicious' in the year 2004

Gnojenje	Vzorčenje *	Vzorčenje listov za analizo P in K	Meritve fotosinteze in transpiracije
18. 5. PK3K+T			
19. 7. PK10			
26. 7. PK10			
2. 8. PK10			
10. 8. PK10			
16. 8. PK10			
23. 8. PK10			
30. 8. PK10			
6. 9. PK10, PK3K, PK3K+T			
13. 9. PK10, PK3K, PK3K+T			
20. 9. PK10, PK3K, PK3K+T	1. vzor.: 23. 9.	1. vzor.: 23. 9.	1. mer.: 22. 9.
	2. vzor.: 29. 9.		2. mer.: 28. 9.
	3. vzor.: 5. 10. (obiranje)	2. vzor. 5. 10.	
		3. vzor. 4. 11.	

\* vzorčenje plodov za analizo ogljikovih hidratov in organskih kislin.

Čas polnega cvetenja 27. 4. 2004, tehnološka zrelost plodov 29. 9. 2004, obiranje 5. 10. 2004

### 3.4.2 Poskus v letu 2005

V letu 2005 je cilj poskusa ostal enak, le da smo izločili obravnavanje s talnim gnojenjem, namesto tega pa dodali obravnavanje s 3x foliarnim gnojenjem ob začetku rasti plodov. S slednjo odločitvijo smo želeli preveriti, ali pogostnost oziroma termin gnojenja bistveno vpliva na že do sedaj spremljane parametre.

V poskusu so bila naslednja obravnavanja:

- PK7 (PK10) 7x foliarno gnojenje pri sorti 'Elstar' in 10x pri sorti 'Zlati delišes'
- PK3Z 3x foliarno gnojenje ob začetku rasti plodov
- PK3K 3x foliarno gnojenje pred obiranjem
- KON kontrolna, popolnoma negnojena drevesa

Izbrali smo podobne termine kot v preteklem letu. Datumi gnojenja, vzorčenja in meritev so predstavljeni v preglednicah 4 in 5.

**Preglednica 4:** Termimska izvedba poskusa za sorto 'Elstar' v letu 2005

**Table 4:** Time-table of the trial for 'Elstar' in the year 2005

Gnojenje	Vzorčenje *	Vzorčenje listov za analizo P in K	Meritve fotosinteze in transpiracije
15. 7. PK7, PK3Z		1. vzor.: 15. 7.	
25. 7. PK7, PK3Z			
1. 8. PK7, PK3Z			
8. 8. PK7	1. vzor.: 10. 8.		1. mer.: 10. 8.
18. 8. PK7, PK3K			
24. 8. PK7, PK3K			
29. 8. PK7, PK3K			
	2. vzor.: 31. 8.	2. vzor.: 31. 8.	2. mer.: 2. 9.
	3. vzor.: 14. 9.	3. vzor.: 14. 9.	3. mer.: 15. 9.

\* vzorčenje plodov za analizo ogljikovih hidratov in organskih kislin ter listov za analizo ogljikovih hidratov. Čas polnega cvetenja 29. 4. , tehnološka zrelost plodov in obiranje 14. 9.

**Preglednica 5:** Termimska izvedba poskusa za sorto 'Zlati delišes' v letu 2005

**Table 5:** Time-table of the trial for 'Golden Delicious' in the year 2005

Gnojenje	Vzorčenje *	Vzorčenje listov za analizo P in K	Meritve fotosinteze in transpiracije
15. 7. PK10, PK3Z		1. vzor.: 15. 7.	
25. 7. PK10, PK3Z			
1. 8. PK10, PK3Z			
8. 8. PK10			
18. 8. PK10	1. vzor.: 17. 8.		1. mer.: 17. 8.
24. 8. PK10			
29. 8. PK10			
5. 9. PK10, PK3K	2. vzor.: 5. 9.	2. vzor.: 5. 9.	2. mer.: 6. 9.
12. 9. PK10, PK3K			
21. 9. PK10, PK3K			
	3. vzor.: 27. 9.	3. vzor.: 27. 9.	3. mer.: 26. 9.

\* vzorčenje plodov za analizo ogljikovih hidratov in organskih kislin ter listov za analizo ogljikovih hidratov. Čas polnega cvetenja 27. 4. , tehnološka zrelost plodov in obiranje 27. 9.

### 3.5 METODE DELA

#### 3.5.1 Analize vsebnosti izbranih ogljikovih hidratov in organskih kislin

Vsebnost ogljikovih hidratov smo določali v plodovih in listih (le 2005), vsebnost organskih kislin pa le v plodovih. Vsa vzorčenja so bila opravljena okoli 10. ure zjutraj. Liste smo pobrali z enoletnih poganjkov, jih zamrznili v tekočem dušiku ter shranili v zamrzovalniku (-20 °C). Pred ekstrakcijo smo jih liofilizirali in jim odstranili peclje. Plodovi so bili pobrani z iste višine in podobne dispozicije v krošnji ter prav tako takoj zamrznjeni. Nadaljnja priprava vzorcev za analizo je potekala z ekstrakcijo v vodi. Po uveljavljeni metodi Dolenc in Štampar (1997) z manjšimi spremembami smo s tekočinsko kromatografijo visoke ločljivosti (HPLC) v listih in plodovih določili vsebnost ogljikovih hidratov (saharoze, glukoze, fruktoze in sorbitola). Po isti metodi smo določili tudi vsebnost organskih kislin (jabolčne, šikimske in fumarne kisline) v plodovih. Kromatografski pogoji so opisani v preglednici 6.

**Preglednica 6:** Kromatografski pogoji za določanje ogljikovih hidratov (OH) in organskih kislin (OK) po metodi Dolenc in Štampar (1997)

**Table 6:** The chromatographic conditions for the determination of carbohydrates (OH) and organic acids (OK) by the Dolenc and Štampar (1997) method

Parametri	Pogoji
HPLC sistem	Thermo Separation (TSP) – binarna črpalka P2000 (Spectra System), avtomatski podajalnik vzorcv AS 1000 (Spectra System)
Razplinjevalnik	X-ATC™ Your Research
Mobilna faza	bidestilirana voda (OH), 4 mM H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (OK)
Hitrost pretoka mobilne faze	0,6 ml/minuto
Volumen injiciranja vzorca	20 µl
Analitska kolona	Rezex RCM-monosacharide column (300 x 7,8 mm) (Phenomenex, ZDA) (OH) Aminex HPX-87H column (300 x 7,8 mm) (Biorad) (OK)
Delovna temperatura kolone	65°C (termostat Mistral tip 800, Spark Holland)
Temperatura avtomatskega podajalnika vzorcev	10°C
Detektor	Shodex RI-71 (OH) UV-Knauer 2000, valovna dolžina 210 nm (OK)
Čas analize vzorca	35 minut
Programska oprema	ChromQuest™ 4.0 za Windows 2000

Podobno kot Šturm (2001) smo za identifikacijo posameznih ogljikovih hidratov in organskih kislin uporabili metodo standardnega dodatka. Koncentracije topnih sladkorjev, sorbitola in organskih kislin smo izračunali po metodi eksterne dodatka, s primerjavo dobljenih površin vzorca in površin standardov znanih koncentracij. Uporabili smo standarde proizvajalca Fluka.

### 3.5.2 Obarvanost plodov

Obarvanost plodov smo izmerili s prenosnim kolorimetrom Minolta CR-300 Chroma (Minolta, Osaka, Japan). Obarvanost smo izrazili z barvnimi koordinatami s kolorimetričnimi parametri CIEL\*a\*b\*. Pred meritvami smo kolorimeter umerili s standardno ploščo bele barve. Parameter L\* predstavlja relativno svetlost obarvanja in je manjši za temnejše in večji za svetlejše barve (0 = črna, 100 = bela). Parametra a\* in b\* se izražata v razponu od -60 do +60, kjer je a\* negativen za zeleno in pozitiven za rdečo ter b\* negativen za modro in pozitiven za rumeno barvo. Podatke smo predstavili tudi s parametrom hue angle ( $h^\circ$ ), ki smo ga izračunali kot ( $\tan^{-1} b^*/a^*$ ) in izrazili v stopinjah od 0 do 360, kjer je obarvanost  $0^\circ$  = rdeča,  $90^\circ$  = rumena,  $180^\circ$  = zelena, in  $270^\circ$  = modra (McGuire, 1992). Obarvanost plodov smo merili le v letu 2005 pri sorti 'Elstar' ob obiranju (14. 09. 2005). Meritve smo opravili na 200 plodovih (50 na obravnavanje), naključno pobranih iz dobro osvetljenih delov krošnje.

### 3.5.3 Foliarna analiza fosforja in kalija

Vzorčenje listov za analizo fosforja in kalija je bilo opravljeno na enak način kot za določanje ogljikovih hidratov. S posameznega drevesa smo vzeli povprečen vzorec desetih naključno izbranih polnorazvitih in zdravih listov. Takoj po vzorčenju smo jih oprali v destilirani vodi ter jih do konstantne mase posušili pri  $40^\circ\text{C}$ . Nadaljnje metode in postopki analiziranja so opisani v Analytical methods: Analysis of plant tissue: Dry ashing (1982). Količino fosforja smo določili s pomočjo molekularne absorpcijske spektrometrije (Perkin-Elmer, Lambda 2), količino kalija pa s pomočjo emisijske tehnike na plamenskem fotometru (Carl Zeiss, Flapho 40). Vzorce smo analizirali v laboratoriju Katedre za pedologijo in varstvo okolja.

### 3.5.4 Merjenje fotosinteze in transpiracije

Fotosintezno aktivnost in transpiracijo listov smo merili s prenosnim merilnim sistemom Li-6400 (LICOR). Merjenje smo izvajali pri svetlobi  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (6400-02B vir svetlobe) gostote toka fotonov fotosintezno aktivnega spektra in dveh koncentracijah  $\text{CO}_2$  (360 ppm – okoljska koncentracija in 2000 ppm – fotosintezna kapaciteta). Iz vsakega izmed dreves v obravnavanjih smo izbrali dva popolnoma razvita lista na kratkih poganjkih, ki smo ju označili in ju uporabili pri vseh meritvah. Temperaturo lista smo uravnavali na  $22\text{--}23^\circ\text{C}$ , oziroma glede na vremenske danosti. Relativna zračna vlaga je bila med 40 in 45 %. Fotosintezna aktivnost listov (A) je izražena v  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , transpiracija (E) pa v  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Izračunali smo tudi učinkovitost izrabe vode (WUE), ki je razmerje med A in E in se izrazi v mmol/mol. Zaradi tehničnih težav, smo v letu 2004 pri sorti 'Zlati delišes' opravili meritve le dvakrat.

### **3.5.5 Statistična analiza**

Rezultate smo statistično obdelali s programom Statgraphics Centurion XVII, z izbiro najprimernejše metode analiziranja glede na vrsto podatkov; uporabili smo analizo variance (ANOVA). Ker je bilo število obravnavanj več kot tri, smo razlike med njimi ugotavljali z Duncanovim testom mnogoterih primerjav pri tveganju  $\alpha < 0,05$ .

## 4 REZULTATI

### 4.1 FOTOSINTEZA, TRANSPIRACIJA IN UČINKOVITOST IZRABE VODE

#### 4.1.1 Sorta 'Elstar' v letu 2004 in 2005

Fotosintezno aktivnost listov ( $A_{360}$ ) (preglednica 7) sorte 'Elstar' smo v letu 2004 prvič izmerili en dan po peti foliarni aplikaciji gnojila za PK7 ter prvi aplikaciji za PK3K in PK3K+T. Ob tej meritvi so bile vrednosti med obravnavanji zelo izenačene, dotodanje štirikratno foliarno gnojenje (PK7) in talno gnojenje (PK3K+T) pa nista imeli opaznega vpliva na fotosintezo.

Izmerjene vrednosti fotosintezne aktivnosti listov ( $A_{360}$ ) so se gibale od 15,5 do 20  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  in se v povprečju zmanjševale do vključno tretje meritve, ko so bila izvedena že vsa gnojenja po obravnavanjih. Ob četrti meritvi (09.09.), to je pet dni pred obiranjem, smo pri vseh obravnavanjih izmerili večjo fotosintezno aktivnost listov ( $A_{360}$ ), najvišjo pri kontrolnem obravnavanju (KON). Ob zadnji meritvi, po obiranju, je bila ta razlika statistično značilna, med obravnavanji PK7 in PK3K v primerjavi s KON.

**Preglednica 7:** Fotosinteza (360 ppm) in fotostintezna kapaciteta (2000 ppm) listov jabolane po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.  
**Table 7:** Photosynthesis (360 ppm) and photosynthetic capacity (2000 ppm) of apple leaves in the year 2004 for 'Elstar'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Konc. CO <sub>2</sub>	datum gnojenj / meritev	Fotosintezna aktivnost listov ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
		PK7 19.7., 26.7., 2.8., 10.8., 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K+T 18.5. talno 16.8., 23.8., 30.8.	KON
360 ppm	17.08.04	17,79 ± 0,54	18,04 ± 0,51	17,79 ± 0,53	17,38 ± 0,53
	25.08.04	16,86 ± 0,60	17,47 ± 0,66	15,46 ± 0,63	16,35 ± 0,64
	03.09.04	15,54 ± 0,83	16,15 ± 0,74	16,07 ± 0,79	15,84 ± 0,78
	09.09.04	18,27 ± 0,49	18,16 ± 0,50	18,75 ± 0,49	19,17 ± 0,52
	23.09.04	13,53 ± 0,61 ab	13,37 ± 0,59 a	15,21 ± 0,59 bc	15,45 ± 0,06 c
2000 ppm	17.08.04	33,98 ± 1,56	31,47 ± 1,54	36,70 ± 1,46	34,09 ± 1,54
	25.08.04	34,94 ± 0,93	34,81 ± 0,99	32,92 ± 0,96	35,22 ± 0,96
	03.09.04	28,03 ± 1,16	30,28 ± 1,16	28,14 ± 1,16	29,64 ± 1,16
	09.09.04	39,49 ± 0,81	37,56 ± 0,81	39,01 ± 0,81	38,62 ± 0,86
	23.09.04	30,38 ± 0,85	28,11 ± 0,86	28,65 ± 0,86	27,51 ± 0,86

Meritve fotosintezne kapacitete ( $A_{2000}$ ) ob prvem merjenju so pokazale največje vrednosti pri obravnavanju s kombinacijo talnega gnojenja (PK3K+T), kar pa se je ob naslednjih meritvah spremenilo. Vrednosti so se gibale med 28 in 40  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Med obravnavanji so bile razlike v fotosintezni kapaciteti zelo majhne in v nobenem primeru statistično značilne. Ob zadnjih dveh terminih smo pri obravnavanju PK7 izmerili največje vrednosti.

Izmerjene vrednosti transpiracije pri sorti 'Elstar' v letu 2004 so bile med obravnavanji zelo izenačene (preglednica 8). Kljub temu, da razen ob zadnji meritvi, devet dni po obiranju, nismo zaznali nobenih statističnih razlik, so bile opazne večje podobnosti meritev med obravnavanji PK7 in PK3K ter PK3K+T in KON. Ob peti meritvi, ko na drevesih ni bilo več plodov, je imelo obravnavanje s talnim gnojenjem (PK3K+T) značilno večjo transpiracijo od PK7 in PK3K.

**Preglednica 8:** Transpiracija listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm  $\text{CO}_2$  po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Table 8:** Transpiration of apple leaves at 360 and 2000 ppm  $\text{CO}_2$  in the year 2004 for 'Elstar'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Konc. $\text{CO}_2$	datum gnojenj / meritev	Transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
		PK7 19.7., 26.7., 2.8., 10.8., 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K+T 18.5. talno 16.8., 23.8., 30.8.	KON
360 ppm	17.08.04	6,09 ± 0,23	5,90 ± 0,22	6,34 ± 0,23	6,36 ± 0,23
	25.08.04	5,10 ± 0,18	5,12 ± 0,19	4,79 ± 0,18	4,81 ± 0,19
	03.09.04	3,74 ± 0,11	3,86 ± 0,10	4,01 ± 0,10	4,01 ± 0,10
	09.09.04	5,23 ± 0,27	4,98 ± 0,27	5,43 ± 0,27	5,63 ± 0,29
	23.09.04	4,18 ± 0,05a	4,17 ± 0,05 a	4,34 ± 0,05 b	4,31 ± 0,05 ab
2000 ppm	17.08.04	5,79 ± 0,16	5,59 ± 0,16	5,74 ± 0,15	6,00 ± 0,16
	25.08.04	5,26 ± 0,17	5,17 ± 0,18	4,93 ± 0,17	5,36 ± 0,17
	03.09.04	4,52 ± 0,10 a	5,10 ± 0,10 b	4,60 ± 0,10 a	4,75 ± 0,10 a
	09.09.04	5,21 ± 0,12	5,00 ± 0,12	5,07 ± 0,12	5,12 ± 0,12
	23.09.04	3,45 ± 0,14 b	2,66 ± 0,14 a	3,10 ± 0,14 b	3,29 ± 0,14 b



Pri 2000 ppm CO<sub>2</sub>, so bile izmerjene vrednosti transpiracije v enakem razponu kot pri 360 ppm. Kljub precejšnji izenačenosti meritev, smo ob tretjem merjenju (4 dni po zadnjem gnojenju) izmerili večjo vrednost pri obravnavanju PK3K v primerjavi z ostalimi obravnavanji. Ob zadnji meritvi, po obiranju, pa je isto obravnavanje imelo najnižjo transpiracijo med vsemi. Po končanih aplikacijah gnojil (4. in 5. meritev) je največkrat gnojeno obravnavanje imelo največjo transpiracijo, pred in po obiranju (značilno v primerjavi s PK3K).

Izračunan parameter učinkovitosti izrabe vode (WUE) je bil med obravnavanji izenačen ob vseh terminih (preglednica 9). Pri višjih koncentracijah CO<sub>2</sub> pa smo izračunali statistične razlike ob prvem merjenju (17. 08), ko se je obravnavanje PK3K+T razlikovalo od PK3K in KON. Najbolj značilne razlike smo izmerili po obiranju, kjer je največje vrednosti dosegalo obravnavanje PK3K (najmanjša transpiracija) in najmanjše KON.

**Preglednica 9:** Učinkovitost izrabe vode (WUE) listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm CO<sub>2</sub> po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Elstar'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Table 9:** Water use efficiency of apple leaves at 360 and 2000 ppm CO<sub>2</sub> in the year 2004 for 'Elstar'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Konc. CO <sub>2</sub>	datum gnojenj / meritev	Učinkovitost izrabe vode – WUE (mmol/mol)			
		PK7 19.7., 26.7., 2.8., 10.8., 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K 16.8., 23.8., 30.8.	PK3K+T 18.5. talno 16.8., 23.8., 30.8.	KON
360 ppm	17.08.04	2,96 ± 0,13	3,07 ± 0,12	2,82 ± 0,13	2,79 ± 0,13
	25.08.04	3,34 ± 0,08	3,45 ± 0,08	3,28 ± 0,08	3,41 ± 0,08
	03.09.04	4,15 ± 0,16	4,23 ± 0,14	4,03 ± 0,15	4,02 ± 0,15
	09.09.04	3,56 ± 0,13	3,67 ± 0,14	3,51 ± 0,13	3,45 ± 0,14
	23.09.04	3,21 ± 0,13	3,21 ± 0,13	3,52 ± 0,13	3,57 ± 0,13
2000 ppm	17.08.04	6,02 ± 0,21 ab	5,68 ± 0,20 a	6,49 ± 0,19 b	5,77 ± 0,20 a
	25.08.04	6,86 ± 0,29	6,88 ± 0,31	6,90 ± 0,30	6,78 ± 0,30
	03.09.04	6,33 ± 0,33	6,03 ± 0,33	6,24 ± 0,33	6,27 ± 0,33
	09.09.04	7,63 ± 0,19	7,56 ± 0,19	7,79 ± 0,19	7,77 ± 0,20
	23.09.04	9,36 ± 0,51 b	11,24 ± 0,51 c	9,95 ± 0,51 bc	8,47 ± 0,51 a

V letu 2005 so bile izmerjene vrednosti fotosinteze v povprečju večje kot leto poprej in so se gibale med 17 in 23  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (preglednica 10). Med obravnavanji ni bilo ob nobenem merjenju statistično pomembnih razlik, smo pa opazili podoben trend kot v letu 2004.

**Preglednica 10:** Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 ppm po obravnavanjih v letu 2005 pri sorti 'Elstar'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe.

**Table 10:** Photosynthesis, transpiration and water use efficiency at 360 ppm  $\text{CO}_2$  in the year 2005 for 'Elstar'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

Fotosintezna aktivnost listov ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )					
Konc. $\text{CO}_2$	datum	PK7	PK3K	PK3Z	KON
	gnojenj / meritev	15.7., 25.7., 1.8., 8.8., 18.8., 24.8., 29.8.	18.8., 24.8., 29.8.	15.7., 25.7., 1.8.	
360 ppm	10.08.05	19,09 ± 0,28	19,67 ± 0,28	18,98 ± 0,36	18,80 ± 0,30
	2.09.05	20,84 ± 0,88	22,13 ± 0,87	21,13 ± 0,83	19,66 ± 0,83
	15.09.05	17,16 ± 0,89	17,21 ± 0,86	17,31 ± 0,68	17,70 ± 0,69
Transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )					
	datum	PK7	PK3K	PK3Z	KON
360 ppm	10.08.05	5,10 ± 0,10	5,33 ± 0,10	5,13 ± 0,13	4,99 ± 0,10
	2.09.05	5,56 ± 0,36	6,10 ± 0,35	5,55 ± 0,33	5,85 ± 0,34
	15.09.05	5,35 ± 0,14	5,62 ± 0,14	5,27 ± 0,11	5,30 ± 0,11
Učinkovitost izrabe vode -- WUE ( $\text{mmol/mol}$ )					
	datum	PK7	PK3K	PK3Z	KON
360 ppm	10.08.05	3,75 ± 0,06	3,72 ± 0,06	3,71 ± 0,07	3,77 ± 0,06
	2.09.05	3,96 ± 0,32	3,76 ± 0,32	3,93 ± 0,30	3,45 ± 0,31
	15.09.05	3,30 ± 0,12	3,11 ± 0,12	3,33 ± 0,10	3,40 ± 0,10

Slaba dva tedna pred obiranjem (02. 09. 2005) smo višjo fotosintezo izmerili pri gnojenih obravnavanjih v primerjavi s kontrolnim, dan po obiranju (15. 09. 2005) pa ravno obratno, najmanjše vrednosti pri PK7, vendar so bile meritve med sabo zelo izenačene.

Tudi meritve transpiracije in posledično parameter učinkovitosti izrabe vode se med obravnavanji ob nobenem terminu niso razlikovale.

#### 4.1.2 Sorta 'Zlati delišes' v letu 2004 in 2005

Zaradi tehničnih težav smo pri sorti 'Zlati delišes' v letu 2004 pridobili podatke o fotosintezi, fotosintezni kapaciteti in transpiraciji le za dva termina. Prvo merjenje smo opravili dva dneva po zadnji aplikaciji foliarnega gnojila (10x ali 3x), naslednje pa šest dni kasneje oz. v času tehnološke zrelosti (preglednica 11). Izmerjene vrednosti fotosintezne aktivnosti listov ( $A_{360}$ ) so bile ob drugi meritvi tudi do 60 % večje. Obravnavanji PK10 in KON sta imeli 28. 9. značilno večjo fotosintezo od PK3K in PK3K+T.

**Preglednica 11:** Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 in 2000 ppm po obravnavanjih v letu 2004 pri sorti 'Zlati delišes'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Table 11:** Photosynthesis, transpiration and water use efficiency at 360 and 2000 ppm CO<sub>2</sub> in the year 2004 for 'Golden Delicious'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

		Fotosintezna aktivnost listov ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
Konc. CO <sub>2</sub>	datum	PK10	PK3K	PK3K+T	KON
	gnojenj / meritev	19.7., 26.7., 2.8., 10.8., 16.8., 23.8., 30.8., 6.9., 13.9., 20.9.	6.9., 13.9., 20.9.	18.5. talno 6.9., 13.9., 20.9.	
360 ppm	22.09.04	10,51 ± 0,51	9,95 ± 0,69	11,55 ± 0,66	9,13 ± 0,73
	28.09.04	15,40 ± 0,68 b	12,10 ± 0,65 a	14,15 ± 0,66 a	15,03 ± 0,72 b
2000 ppm	22.09.04	22,48 ± 0,59 b	20,20 ± 0,61 a	21,93 ± 0,60 ab	22,43 ± 0,65 b
	28.09.04	28,07 ± 0,90	26,91 ± 0,88	29,17 ± 0,85	27,39 ± 0,93
		Transpiracija ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )			
	datum	PK10	PK3K	PK3K+T	KON
360 ppm	22.09.04	3,58 ± 0,05	3,44 ± 0,06	3,64 ± 0,06	3,61 ± 0,07
	28.09.04	5,78 ± 0,11 ab	5,47 ± 0,11 a	6,02 ± 0,11 b	5,98 ± 0,12 b
2000 ppm	22.09.04	3,92 ± 0,05	4,1 ± 0,05	4,04 ± 0,05	3,95 ± 0,05
	28.09.04	3,66 ± 0,15 a	4,15 ± 0,15 bc	4,3 ± 0,14 c	3,75 ± 0,15 ab
		Učinkovitost izrabe vode -- WUE ( $\text{mmol/mol}$ )			
	datum	PK10	PK3K	PK3K+T	KON
360 ppm	22.09.04	2,94 ± 0,14	2,92 ± 0,18	3,18 ± 0,18	2,58 ± 0,20
	28.09.04	2,68 ± 0,11 c	2,21 ± 0,10 a	2,36 ± 0,10 ab	2,56 ± 0,11 bc
2000 ppm	22.09.04	5,95 ± 0,18 b	4,89 ± 0,18 a	5,60 ± 0,18 b	5,93 ± 0,20 b
	28.09.04	7,89 ± 0,37 b	6,44 ± 0,36 a	6,86 ± 0,35 ab	7,54 ± 0,39 b

V letu 2005 smo izvedli tri meritve pri ambientalni koncentraciji CO<sub>2</sub> (preglednica 12). Izmerjene vrednosti fotosinteze so bile bistveno večje od tistih v letu 2004 in so se gibale med 17,5 in 21 μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Kljub temu, da so do tretjega termina meritev še potekale nekatere aplikacije gnojil, so bile meritve statistično izenačene. Najmanjšo fotosintezno aktivnost ob vseh terminih je izkazovalo obravnavanje PK3Z. Zadnja meritev (26. 9.), en dan pred obiranjem, je pokazala značilno večjo fotosintezno aktivnost pri PK10 in PK3K v primerjavi z PK3Z in KON.

**Preglednica 12:** Fotosinteza, transpiracija in učinkovitost izrabe vode listov jabolane, merjena pri 360 ppm po obravnavanjih v letu 2005 pri sorti 'Zlati delišes'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Table 12:** Photosynthesis, transpiration and water use efficiency at 360 ppm CO<sub>2</sub> in the year 2005 for 'Golden Delicious'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Fotosintezna aktivnost listov (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
Konc. CO <sub>2</sub>	datum	PK10	PK3K	PK3Z	KON
	gnojenj / meritev	15.7., 25.7., 1.8., 8.8., 18.8., 24.8., 29.8., 5.9., 12.9., 21.9.	5.9., 12.9., 21.9.	15.7., 25.7., 1.8.	
360 ppm	17.08.05	20,31 ± 0,49	20,15 ± 0,52	19,86 ± 0,51	20,46 ± 0,51
	6.09.05	19,20 ± 0,46	19,42 ± 0,48	17,84 ± 0,48	18,37 ± 0,51
	26.09.05	20,78 ± 0,53 b	20,48 ± 0,64 b	17,51 ± 0,52 a	18,22 ± 0,51 a
Transpiracija (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
	datum	PK10	PK3K	PK3Z	KON
360 ppm	17.08.05	4,40 ± 0,12	4,54 ± 0,13	4,43 ± 0,13	4,54 ± 0,13
	6.09.05	5,82 ± 0,15 b	6,09 ± 0,15 b	5,21 ± 0,15 a	5,65 ± 0,16 ab
	26.09.05	5,03 ± 0,06	4,99 ± 0,07	4,95 ± 0,06	4,89 ± 0,06
Učinkovitost izrabe vode -- WUE (mmol/mol)					
	datum	PK10	PK3K	PK3Z	KON
360 ppm	17.08.05	4,62 ± 0,09	4,46 ± 0,10	4,5 ± 0,10	4,53 ± 0,10
	6.09.05	3,30 ± 0,09	3,19 ± 0,09	3,44 ± 0,09	3,27 ± 0,09
	26.09.05	4,21 ± 0,11 b	4,17 ± 0,13 b	3,63 ± 0,11 a	3,8 ± 0,1 a

Transpiracija pri sorti 'Zlati delišes' je bila prav tako kot fotosinteza večja v letu 2005 kot 2004. Statistično značilne razlike med obravnavanji smo izmerili le ob drugem merjenju (6. 9.), ko je bila transpiracija najmanjša pri PK3Z in statistično značilno večja pri PK10 in PK3K. Meritev je bila izvedena le en dan po prvi aplikaciji gnojila pri PK3K. Ob zadnjem merjenju so imela najnižjo transpiracijo KON drevesa, čeprav so bile vrednosti med obravnavanji izenačene.

Statistično značilno večjo učinkovitost izrabe vode so imela ob zadnjem merjenju drevesa, ki so bila tudi nazadnje gnojena, to je PK10 in PK3K.

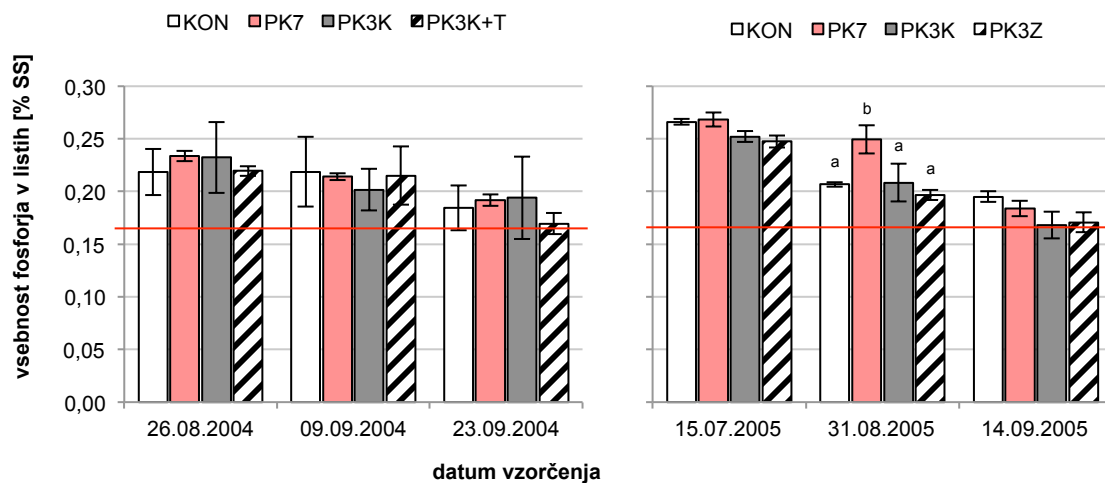
## 4.2 KEMIČNE ANALIZE LISTOV

### 4.2.1 Vsebnost fosforja in kalija v listih sorte 'Elstar'

Datumi za analize vsebnosti posameznih hranil (P in K) v listih so bili načrtno izbrani v različnih terminih za posamezno sorto in leto. Podatki (slika 3) prvega vzorčenja v letu 2005 (15. 07.) potrjujejo, da smo v obravnavanja določili uniformna drevesa, po različnih kriterijih (preglednica 1) optimalno prehranjena s fosforjem. Vsebnosti fosforja v listih so se z vsakim nadaljnjim vzorčenjem do obiranja v obeh letih zmanjševale in, ne glede na število aplikacij gnojila, ostale znotraj priporočil (0,16 – 0,26 % SS). Od sredine julija do sredine septembra so se vsebnosti v povprečju zmanjšale za četrtno.

V letu 2004 so bila vsa vzorčenja opravljena po zaključku večine gnojenj, saj je po prvi meritvi (26. 08.) sledila le še ena aplikacija foliarnega gnojila. Med posameznimi obravnavanji nismo izmerili statistično značilnih razlik v vsebnosti fosforja.

Za razliko od leta 2004, je ob drugem vzorčenju v 2005, 14 dni pred obiranjem (31. 08.), po že zaključenem gnojenju opaziti statistično značilno povišanje vsebnosti fosforja v listih pri obravnavanju PK7. Ob obiranju so bile vsebnosti fosforja med obravnavanji ponovno izenačene.



**Slika 3:** Vsebnost fosforja v % suhe snovi (povprečje ± SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Elstar'. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina. Rdeča horizontalna črta predstavlja kritično vrednost za fosfor (povzeto po Aichner in Stimpfl, 2002).

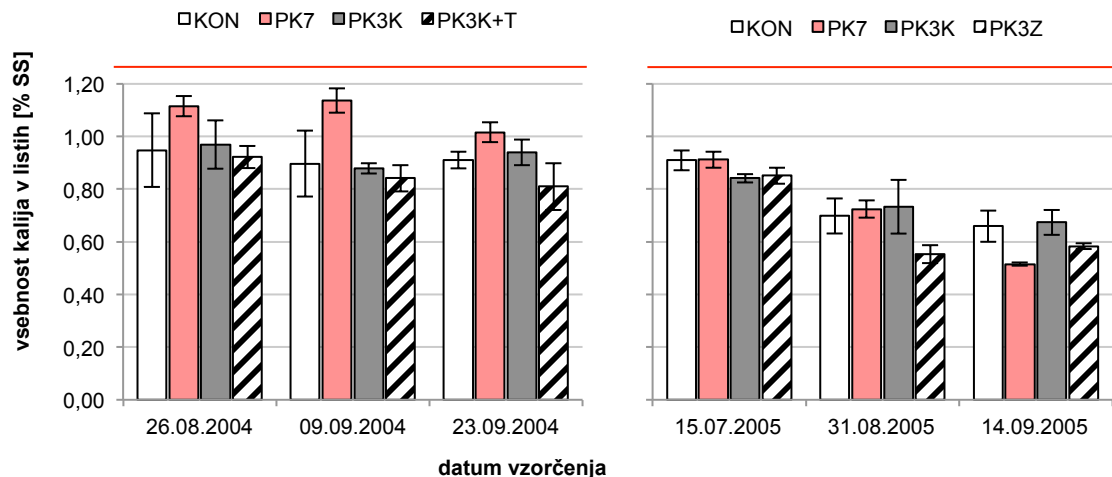
**Figure 3:** The leaf phosphorus content in % of dry weight (average ± SE) in 2004 and 2005 for 'Elstar'. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates. Red horizontal line presents the critical content for phosphorus (according to Aichner and Stimpfl, 2002).

Po različnih virih iz literature (preglednica 1) se tudi vsebnost kalija v listih jabolane do obiranja zmanjšuje, kar je razvidno tudi iz naših rezultatov (slika 4).

V povprečju so se do obiranja vsebnosti kalija v letu 2005 zmanjšale za skoraj tretjino. Kljub uniformnosti dreves, so bile izmerjene vsebnosti v letu 2005 najmanj 25 % nižje od spodnje, že kritične meje (min 1,20 % SS) in se do zadnje meritve niso povečale.

V preteklem letu (2004) so bile izmerjene vsebnosti K v listih sicer višje, a se je spodnji kritični meji približalo le največkrat gnojeno obravnavanje (PK7). Obravnavanje z začetnim talnim gnojenjem (PK3K+T) je imelo ob vseh meritvah najnižje vsebnosti.

Kljub temu, da v nobenem primeru ni bilo razlik med obravnavanji, je še posebej opazna razlika v vsebnosti kalija med obema letoma v času obiranja, saj PK7 v letu 2004 izkazuje najvišje v letu 2005 pa najnižje vsebnosti med vsemi obravnavanji.



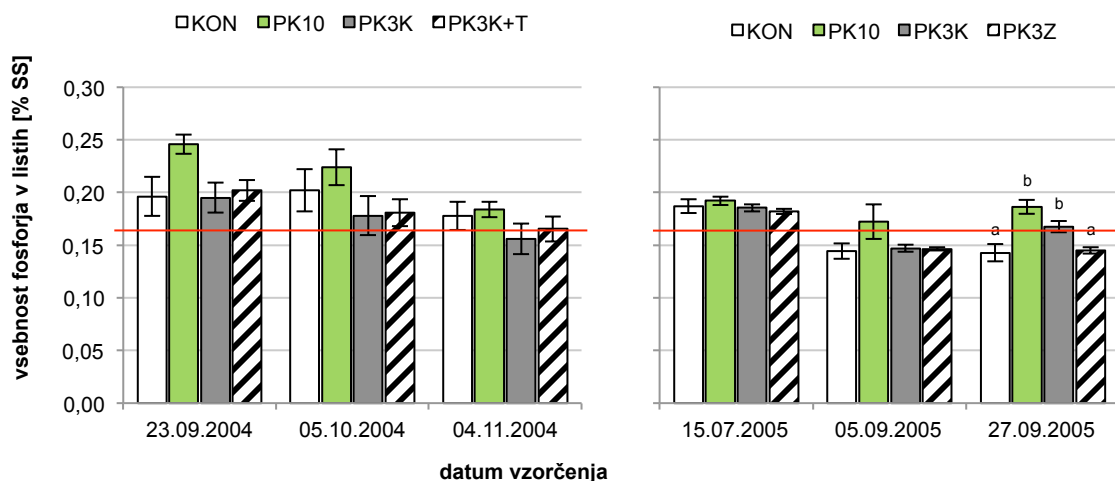
**Slika 4:** Vsebnost kalija v % suhe snovi (povprečje  $\pm$  SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Elstar'. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe. Rdeča horizontalna črta predstavlja kritično vrednost za kalij (povzeto po Aichner in Stimpfl, 2002).

**Figure 4:** The leaf potassium content in % of dry weight (average  $\pm$  SE) in 2004 and 2005 for 'Elstar'. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Red horizontal line presents the critical content for potassium (according to Aichner and Stimpfl, 2002).

#### 4.2.2 Vsebnost fosforja in kalija v listih sorte 'Zlati delišes'

V letu 2004 (slika 5) smo do časa vzorčenja listov za analize vsebnosti hranil zaključili z vsemi gnojenji. Prvo vzorčenje (23. 9.) smo opravili tri dni po zadnjem gnojenju. Iz rezultatov je razvidno, da po vsebnosti fosforja v listih obravnavanje PK10 izstopa med vsemi obravnavanji ob vseh vzorčenjih, tudi en mesec po obiranju (04. 11.), a ne s statistično značilnostjo. Opazna je tudi razlika med 3x gnojenima obravnavanjema (PK3K in PK3K+T), kjer je imelo obravnavanje z dodatnim gnojenjem preko tal višjo vsebnost. Ob primerjavi meritev 23. 09. 2004 za 'Elstar' (slika 3) in isti termin za 'Zlati delišes' so vsebnosti fosforja v listih zelo primerljive, razen pri največkrat gnojenem obravnavanju (PK7 oz. PK10).

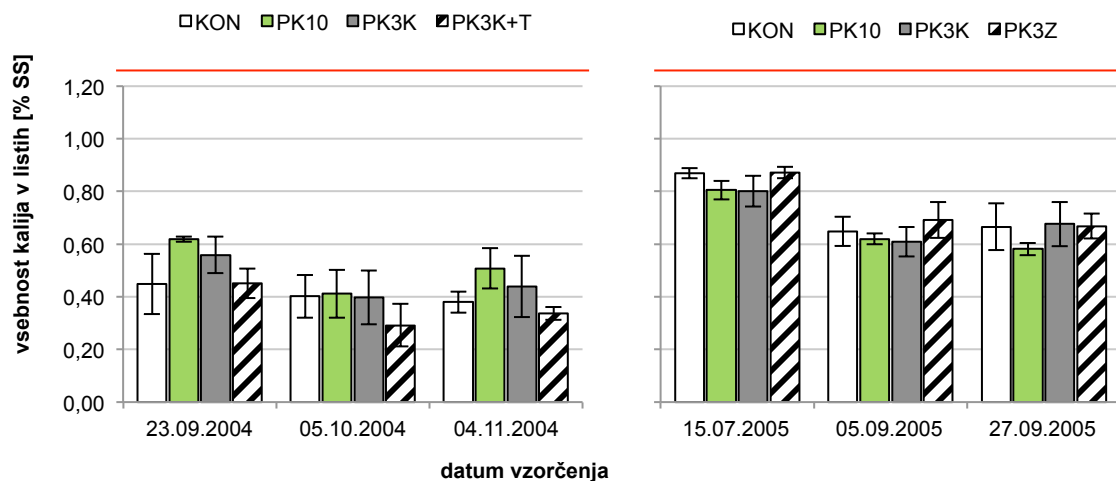
Ne glede na leto je bila vsebnost fosforja v listih z vsako meritvijo manjša. Podobno kot v preteklem letu je v letu 2005 najvišje vsebnosti dosegalo obravnavanje PK10. Statistično značilne razlike med obravnavanji PK10 in PK3K v primerjavi s KON in PK3Z so bile izmerjene ob obiranju (27. 09). Podatki 2. meritve izstopajo, saj do takrat obravnavanje PK3K ni bilo gnojeno in je po vsebnosti P izenačeno z obravnavanjem KON, vendar pa je z njima izenačeno tudi obravnavanje PK3Z, ki je bilo do takrat trikrat gnojeno. Ob prvi meritvi v 2005 so bila pred gnojenjem drevesa po vsebnosti fosforja v listih med sabo izenačena, kar smo dokazali že pri sorti 'Elstar'.



**Slika 5:** Vsebnost fosforja v % suhe snovi (povprečje  $\pm$  SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Zlati delišes'. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina. Rdeča horizontalna črta predstavlja kritično vrednost za fosfor (povzeto po Aichner in Stimpfl, 2002).

**Figure 4:** The leaf phosphorus content in % of dry weight (average  $\pm$  SE) in 2004 and 2005 for 'Golden Delicious'. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates. Red horizontal line presents the critical content for phosphorus (according to Aichner and Stimpfl, 2002).

Nivo kalija v listih pri sorti 'Zlati delišes' je bil v obeh letih v povprečju več kot 50 % pod priporočenimi vrednostmi (min 1,20 % SS). Zmanjšanje vsebnosti s časom je za kalij še izraziteje vidno (slika 6). Pri nobenem terminu vzorčenja se obravnavanja glede vsebnosti kalija niso razlikovala, čeprav je imelo obravnavanje PK10 v letu 2004 na prvi pogled najvišjo vsebnost, sledilo pa mu je obravnavanje PK3K. V letu 2005 se je pokazal podoben trend kot pri sorti 'Elstar', ko je ob obiranju največkrat gnojeno obravnavanje (PK10) imelo najnižje vsebnosti kalija v listih.



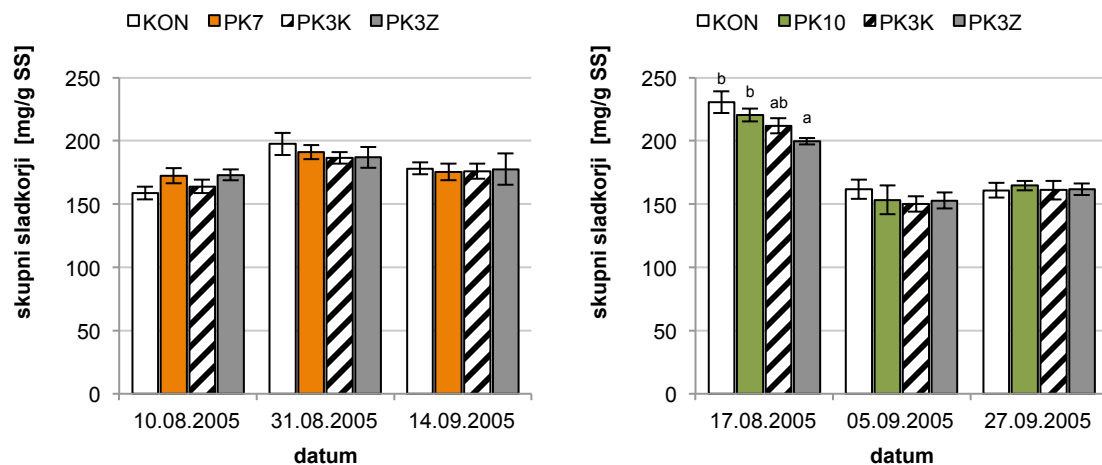
**Slika 6:** Vsebnost kalija v % suhe snovi (povprečje  $\pm$  SN) v listih jabolane za leti 2004 in 2005 pri sorti 'Zlati delišes'. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe. Rdeča horizontalna črta predstavlja kritično vrednost za kalij (povzeto po Aichner in Stimpfl, 2002).

**Figure 6:** The leaf potassium content in % of dry weight (average  $\pm$  SE) in 2004 and 2005 for 'Golden Delicious'. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Red horizontal line presents the critical content for potassium (according to Aichner and Stimpfl, 2002).



### 4.2.3 Vsebnosti ogljikovih hidratov v listih sort 'Elstar' in 'Zlati delišes'

Analizo vsebnosti ogljikovih hidratov v listih smo opravili samo v letu 2005. Pri obeh sortah smo vzorce listov nabrali le trikrat. Do prvega vzorčenja pri sorti 'Elstar', pet tednov pred obiranjem (10. 8.), sta bili gnojena obravnavanji PK7 (4x) in PK3Z (3x). Drugo vzorčenje (31. 8.) smo opravili dan po zadnjem gnojenju vseh gnojenih obravnavanj. Tretjič smo nabrali vzorce listov ob obiranju (14. 9.). Podobne termine vzorčenja smo določili tudi pri sorti 'Zlati delišes', le da smo do drugega vzorčenja (5. 9.) gnojili le PK10 (7x) in PK3Z (3x). Obravnavanje PK3K smo trikrat gnojili šele po tem terminu.

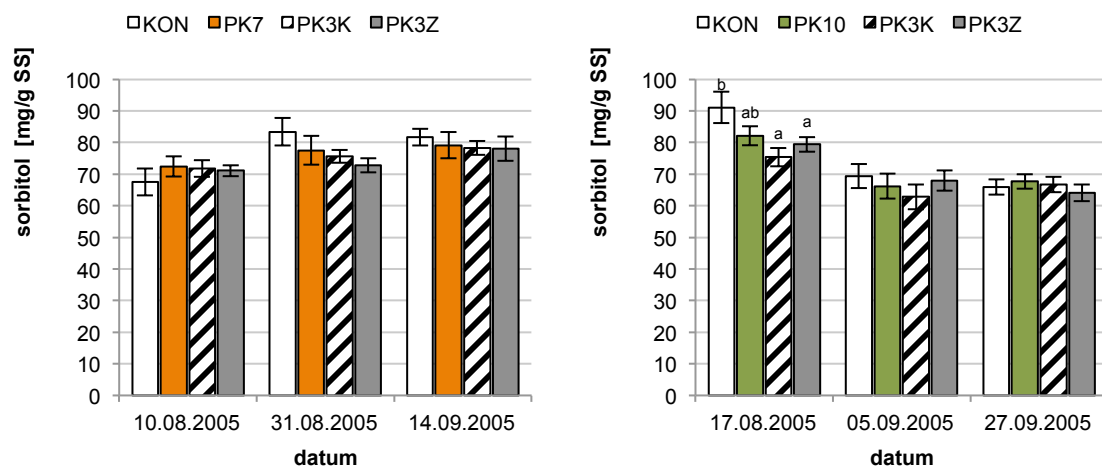


**Slika 7:** Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 oz. PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 7:** Average leaf total sugars content in mg/g dry weight for 'Elstar' and 'Golden Delicious' in 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Pri sorti 'Elstar' nismo zabeležili značilnih razlik v vsebnosti skupnih sladkorjev v listih med obravnavanji ob nobenem vzorčenju (slika 7). Količina sladkorjev je bila dva tedna pred obiranjem najvišja, ob vseh terminih pa je znašala med 150 in 200 mg/g suhe snovi. Sorta 'Zlati delišes' je izkazala malo drugačen trend, kjer so bile tri tedne pred obiranjem najnižje vsebnosti (okoli 150 mg/g SS), šest tednov pred obiranjem pa v povprečju nad 200 mg/g SS. Ob obiranju je bila vsebnost med obravnavanji zelo izenačena pri obeh sortah. Glavno statistično značilno razliko v vsebnosti skupnih sladkorjev v listih med obravnavanji smo izmerili ob prvem vzorčenju pri sorti 'Zlati delišes', ko se je obravnavanje PK3Z značilno razlikovalo od PK10 in KON, na račun vsebnosti sorbitola (slika 8) in saharoze (slika 9) v listih.

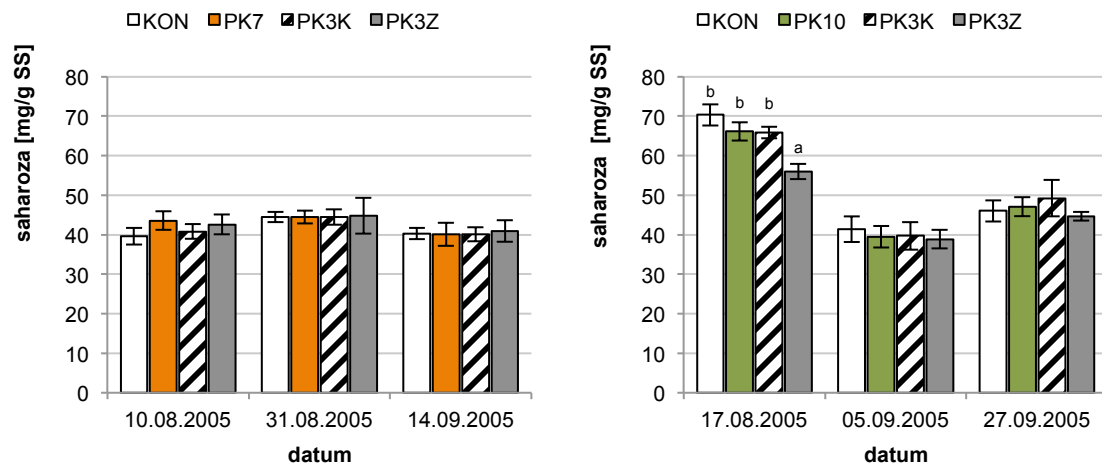
Sorbitol je glavni transportni ogljikov hidrat pri jabolani, zato ga je med vsemi ogljikovimi hidrati v listih največ (slika 8). Pri sorti 'Elstar' smo v zadnjih šestih tednih do obiranja zabeležili porast njegove vsebnosti, pri sorti 'Zlati delišes' pa se je vsebnost od prvega do drugega vzorčenja zmanjšala in nato ostala do obiranja konstantna. Kljub izenačenosti vseh obravnavanj, smo pri sorti 'Elstar' ob drugem in tretjem vzorčenju zasledili, da je izkazovalo negnojeno (KON) obravnavanje večje vsebnosti sorbitola v listih. Pri sorti 'Zlati delišes' tega trenda ni bilo opaziti, smo pa značilne razlike izmerili ob prvem vzorčenju, kjer je bila največja razlika med obravnavanjema KON in PK3K, ki sta bili do takrat enako tretirani (0x).



**Slika 8:** Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 oz. PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 8:** Average leaf sorbitol content in mg/g dry weight for 'Elstar' and 'Golden Delicious' in 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

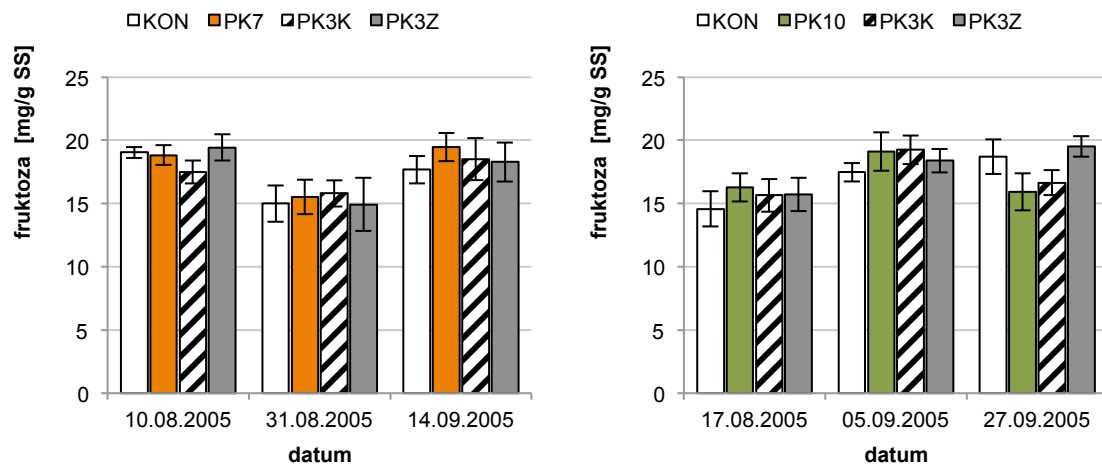
Podoben trend vsebnosti kot za sorbitol smo izmerili tudi pri saharozi (slika 9), ki je po zastopanosti drugi ogljikov hidrat v listih jablane. Pri sorti 'Elstar' so bile vsebnosti ob vseh vzorčenjih izenačene, tudi med obravnavanji. Ob prvem vzorčenju sta izstopali gnojena obravnavanji, PK7 (4x) in PK3Z (3x) v primerjavi z do takrat negnojenima (KON in PK3K).



**Slika 9:** Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 oz. PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 9:** Average leaf sucrose content in mg/g dry weight for 'Elstar' and 'Golden Delicious' in 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Fruktoza je v listih manj zastopana, pri obeh sortah in ob vseh meritvah je njena vsebnost znašala med 15 in 20 mg/g suhe snovi (slika 10). Značilnih razlik med obravnavanji ni bilo v nobenem primeru. Ob obiranju pri sorti 'Elstar' sta največ fruktoze vsebovali obravnavanji, ki sta bili nazadnje gnojene (PK7 in PK3K), pri sorti 'Zlati delišes' pa je bilo ravno obratno (neznačilno).

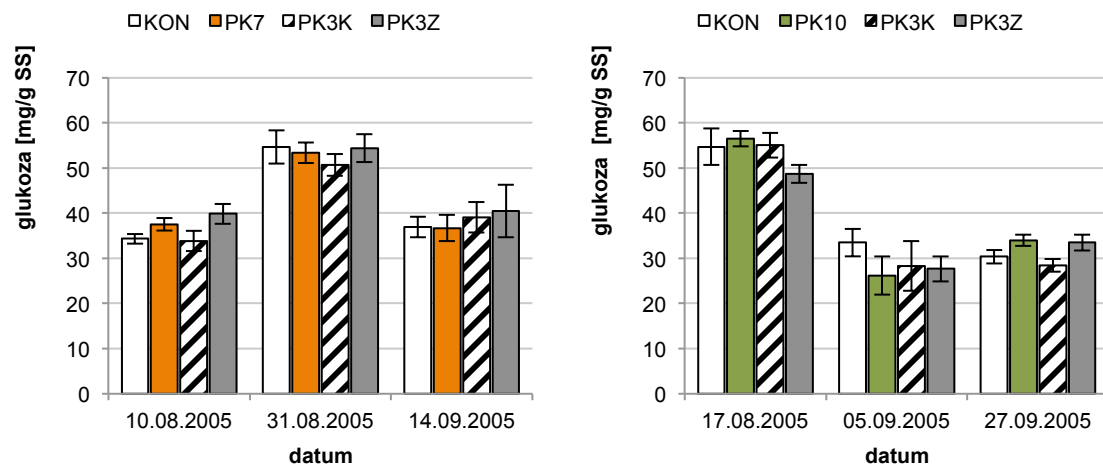


**Slika 10:** Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 oz. PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 10:** Average leaf fructose content in mg/g dry weight for 'Elstar' and 'Golden Delicious' in 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

Tudi pri vsebnosti glukoze v listih nismo ob nobenem vzorčenju zaznali statistično značilnih razlik (slika 11). Pri sorti 'Elstar' so ob prvem vzorčenju so listi gnojnih dreves (PK7 in PK3Z) vsebovali več glukoze, ob naslednjih vzorčenjih pa sta bili PK7 in KON zelo izenačeni.

Pri sorti 'Zlati delišes' sta se ob prvem vzorčenju najbolj razlikovali gnojni obravnavanji (PK10 in PK3Z), kasneje so se razlike spremenile, a v nobenem primeru ne moremo sklepati o vplivih gnojenja. Ob obiranju je pri obeh sortah vsebnost glukoze v listih znašala med 30 in 40 mg/g suhe snovi.

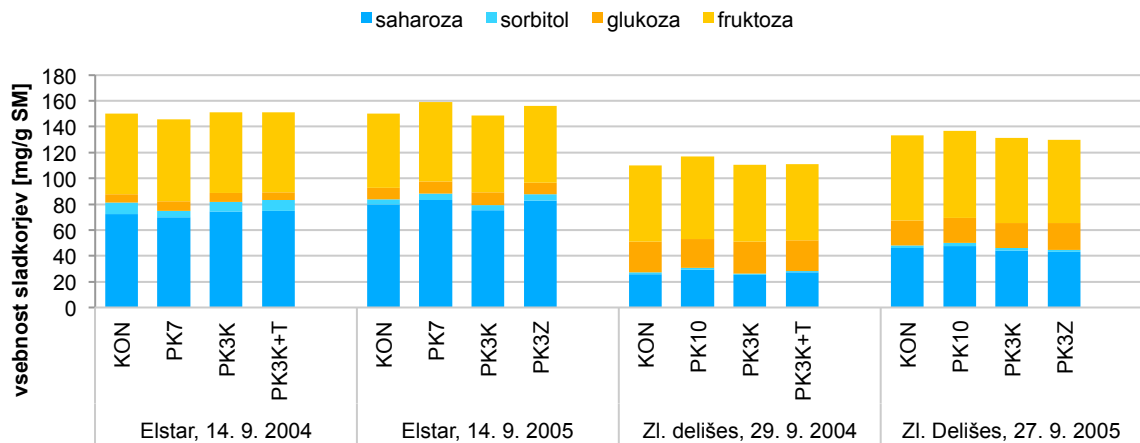


**Slika 11:** Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g suhe snovi v listih pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' v letu 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 oz. PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 11:** Average leaf glucose content in mg/g dry weight for 'Elstar' and 'Golden Delicious' in 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

### 4.3 KEMIČNE ANALIZE PLODOV

Sorti 'Zlati delišes' in 'Elstar' se genotipsko zelo razlikujeta, kar je razvidno tudi po vsebnosti posameznih ogljikovih hidratov v plodovih. Za primerjavo smo predstavili podatke o vsebnosti ogljikovih hidratov v času tehnološke zrelosti za posamezno sorto v letih 2004 in 2005 (slika 12).



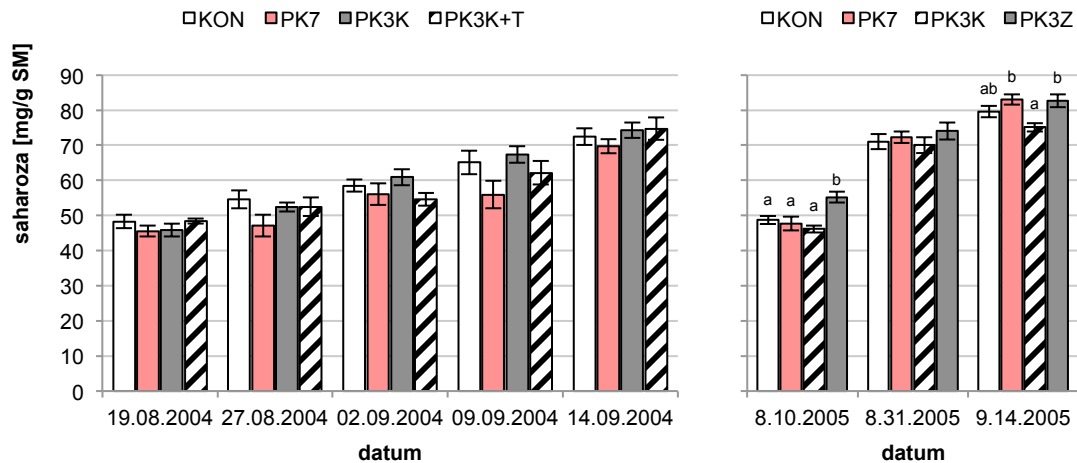
**Slika 12:** Povprečne vsebnosti skupnih topnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' ob tehnološki zrelosti v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 in PK10 – 7x oz. 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 12:** Average content of total soluble sugars in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' and 'Golden Delicious' at technological maturity in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 or PK10 – 7x or 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

Povprečna skupna vsebnost sladkorjev ob obiranju pri sorti 'Elstar' se je gibala okoli 150 mg/g sveže mase plodov in je bila med letoma 2004 in 2005 zelo podobna. Razlike so se izkazale predvsem v deležu posameznih sladkorjev, npr. saharoza je v letu 2004 predstavljala okoli 48 %, v letu 2005 pa 52% celokupne vsebnosti sladkorjev. Vsebnost fruktoze je predstavljala 41,5% oz. 38,5 %. Statistična primerjava po posameznih obravnavanjih je pokazala, da v letu 2004 ni bilo statistično značilnih razlik, obravnavanje PK7 pa je imelo najmanjšo izmerjeno vsebnost sladkorjev. V drugem letu (2005) pa je slika ravno obratna, obravnavanje PK7 je imelo med vsemi najvišjo vsebnost sladkorjev, statistično značilno v primerjavi s KON in PK3K.

Plodovi sorte 'Zlati delišes' so ob tehnološki zrelosti (obiranju) vsebovali manj sladkorjev kot plodovi 'Elstar', razlika je bila tudi med letoma 2004 in 2005. V drugem letu, je bila vsebnost sladkorjev za približno 20 mg/g sveže mase večja. V obeh letih so bila obravnavanja izenačena, med vsemi je imelo PK10 največ sladkorjev. Deleži posameznih sladkorjev so se zelo razlikovali od sorte 'Elstar'. Največji delež predstavlja fruktoza (okoli 50 %), saharoza od 23 do 34 %, bistveno več kot pri sorti 'Elstar' pa je bilo glukozna, 21 oz. 15 %.

### 4.3.1 Vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih sorte 'Elstar'

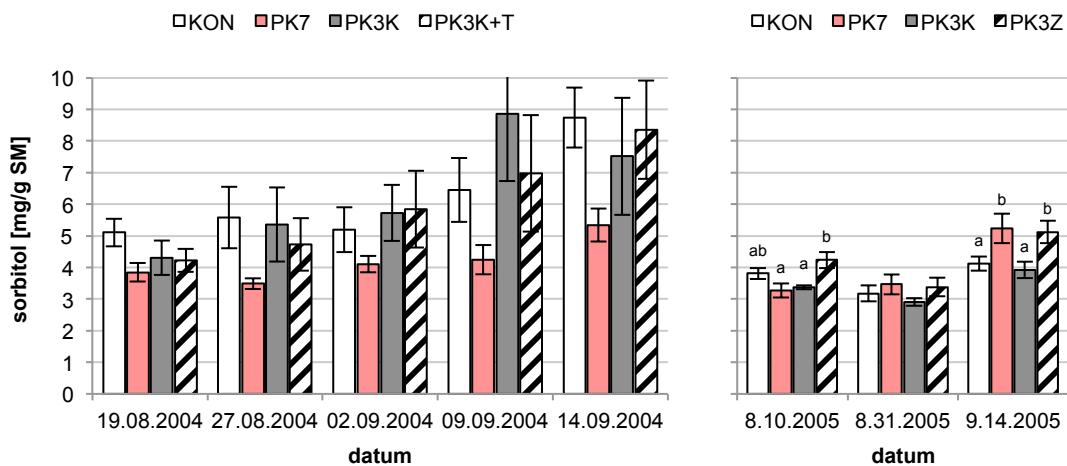


**Slika 13:** Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 13:** Average sucrose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Vsebnost saharoze v plodovih se z zorenjem plodov povečuje (slika 13), v povprečju na teden okoli 5 mg/g SM vse do obiranja (2004). V času tehnološke zrelosti (14. 9.) je bila vsebnost med 70 in 80 mg/g v obeh letih. V letu 2004 je največkrat foliarno gnojeno obravnavanje (PK7) izkazovalo najmanjšo vsebnost saharoze, a statistično neznačilno. V naslednjem letu (2005) smo ob prvem vzorčenju izmerili statistične razlike, po katerih je z večjo vsebnostjo izstopalo 3x foliarno gnojeno obravnavanje v primerjavi z ostalimi. Plodovi dreves iz PK7, ki so do takrat prejela štiri aplikacije gnojil so imeli vsebnost primerljivo plodovom negnojnih dreves (KON in PK3K). Statistično značilne razlike so bile v letu 2005 tudi ob obiranju, med sabo pa so se razlikovala le obravnavanja z gnojenjem. Najnižjo vsebnost smo izmerili pri PK3K, kar nakazuje, da se lahko ugodni vplivi na povečanje vsebnosti izkažejo ob dovolj zgodnjem gnojenju v času zorenja plodov.

Saharoza in sorbitol sta transportna ogljikova hidrata. Podobno kot vsebnost saharoze se vsebnost sorbitola pri sorti 'Elstar' z zorenjem plodov v povprečju povečuje (slika 14) in je bolj izrazito razvidno v letu 2004. Ob vseh meritvah, ne glede na termin vzorčenja ali število gnojenj do takrat, smo pri največkrat foliarno gnojenem obravnavanju (PK7) izmerili najnižjo vsebnost sorbitola. Razlike med obravnavanji so bile na meji statistične značilnosti, a neznačilne. Razmerje med sorbitolom in saharozo je bilo pri PK7 tudi do štirikrat višje v primerjavi z ostalimi obravnavanji (slika 15).

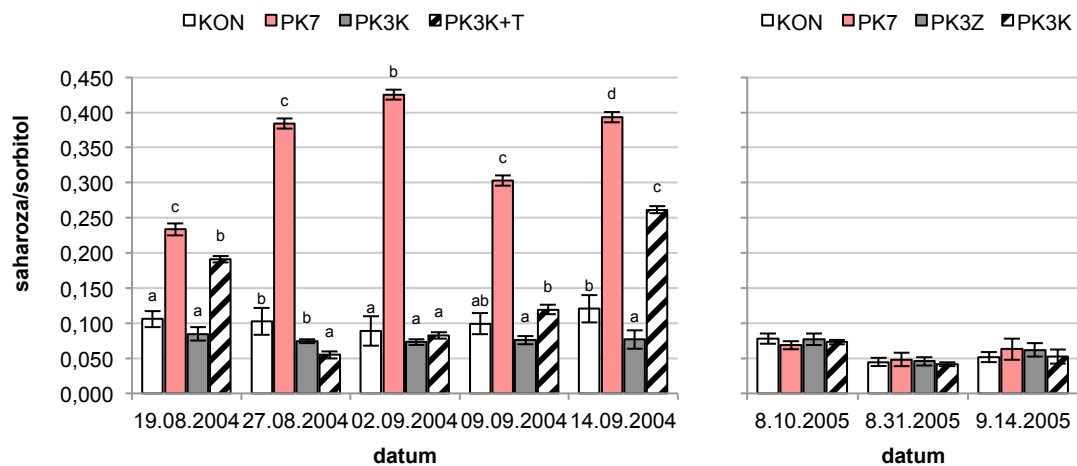


**Slika 14:** Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 14:** Average sorbitol content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

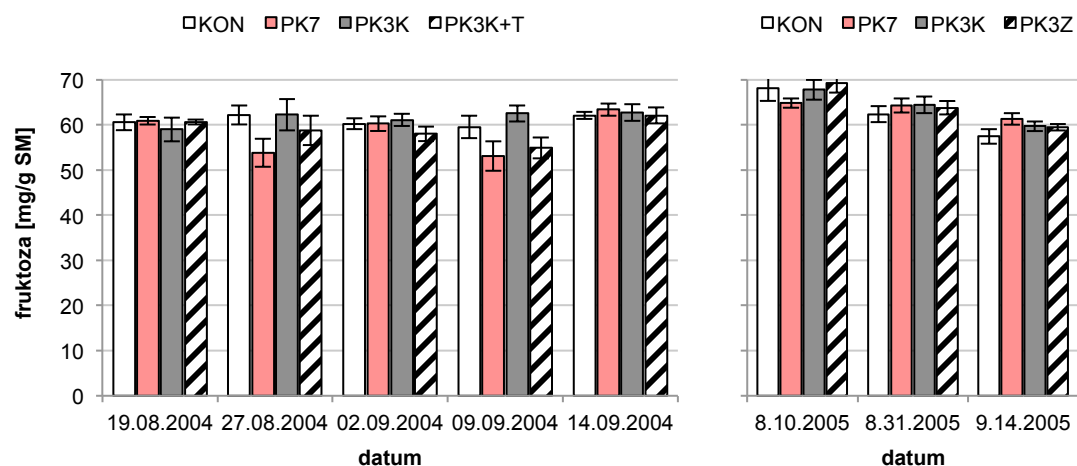
V drugi sezoni (2005) je bila vsebnost sorbitola nižja kot leto prej (slika 14), gotovo zaradi določenih zunanjih, okoljskih dejavnikov. Pri prvi in zadnji meritvi so se obravnavanja statistično razlikovala, podobno kot pri vsebnosti saharoze. Ob prvem vzorčenju je bila največja razlika med obravnavanjema PK7 in PK3Z, ki sta bili do takrat edini gnojeni, kar je težje pojasniti. Ob obiranju pa sta isti obravnavanji imeli statistično značilno višje vsebnosti sorbitola od kontrole (KON) in trikrat pred obiranjem gnojenih dreves (PK3K).





**Slika 15:** Razmerje med vsebnostjo sorbitola in saharoze v plodovih pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

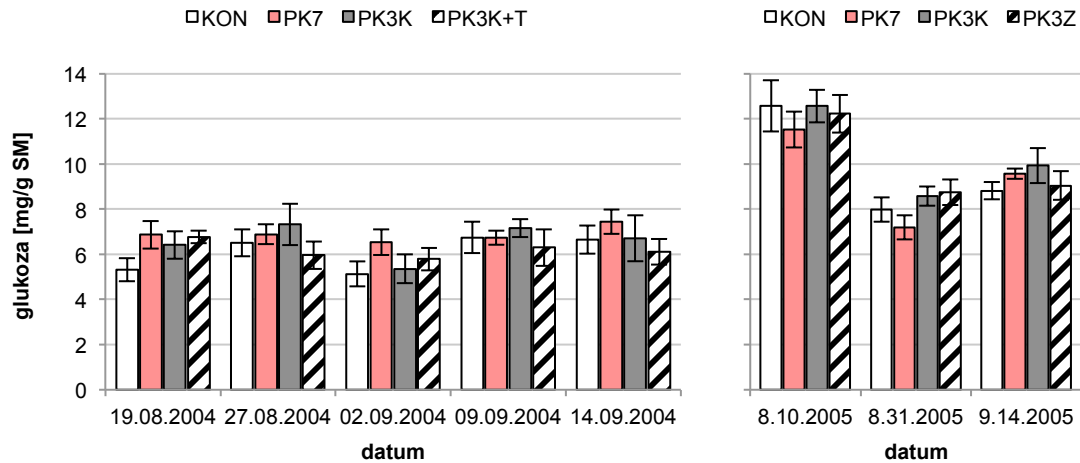
**Figure 15:** Sucrose to sorbitol ratio in fresh fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.



**Slika 16:** Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 16:** Average fructose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

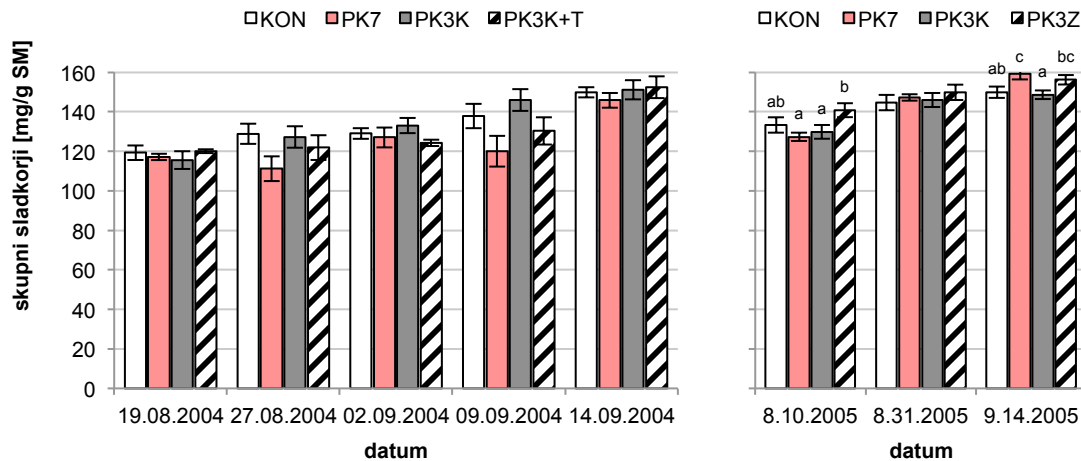
Delež fruktoze se z zorenjem plodov glede na ostale ogljikove hidrate zmanjšuje, čeprav se sama vsebnost v povprečju vseh meritev v 2004 ni spreminjala (slika 16). Obravnavanja so bila v primerjavi z ostalimi sladkorji ravno glede vsebnosti fruktoze še najbolj izenačena. Statističnih razlik med obravnavanji tudi v letu 2005 nismo izmerili, se je pa vsebnost z zorenjem malenkost zmanjševala.



**Slika 17:** Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 17:** Average glucose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

Od vseh topnih sladkorjev predstavlja glukoza najmanjši delež. Njena vsebnost se je z zorenjem v letu 2004 relativno malo spreminjala (slika 17), v letu 2005 pa bila največja ob prvi meritvi in se kasneje zmanjšala. Ob vseh terminih so bile razlike med obravnavanji majhne in neznčilne.

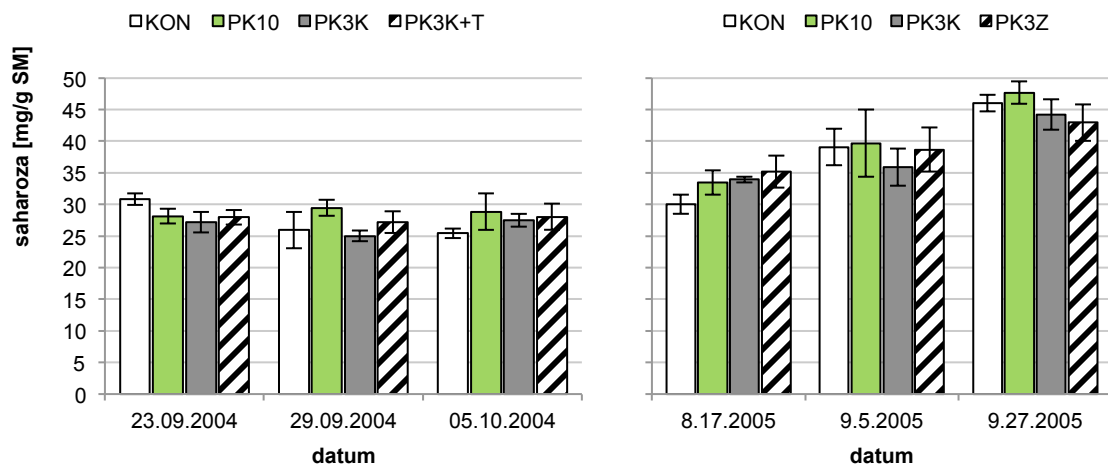


**Slika 18:** Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 18:** Average content of total sugars in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Vsebnost vseh sladkorjev se je z zorenjem povečevala do obiranja v obeh letih (slika 18). Glavnino porasta predstavlja povečanje vsebnosti saharoze in tudi statistično značilne razlike so podobne, kot smo jih opisali pri saharozi.

#### 4.3.2 Vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih sorte 'Zlati delišes'



**Slika 19:** Povprečne vsebnosti saharoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

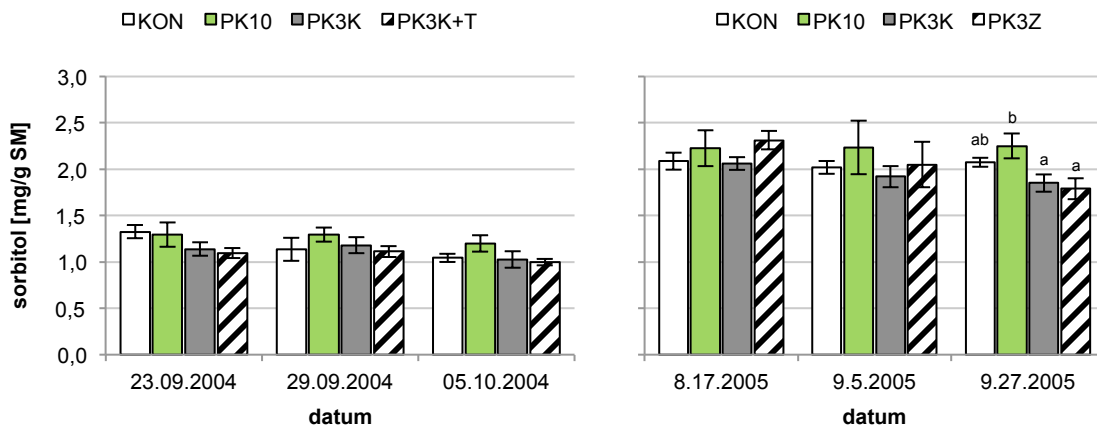
**Figure 19:** Average sucrose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

Prvo vzorčenje za določitev vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih sorte 'Zlati delišes' v letu 2004 smo opravili tri dni po zadnji aplikaciji gnojila (20. 9.) pri vseh treh gnojenih obravnavanjih. Gnojena obravnavanja so imele nižje vsebnosti saharoze (slika 19), kar se je ob drugem (tehnološka zrelost) in tretjem vzorčenju z zamikom enega tedna spremenilo. Ob slednjih meritvah je imelo najvišjo vsebnost saharoze obravnavanje PK10, a statistično neznačilno.

V letu 2005 smo opravili vzorčenja v presledkih treh tednov. Z zorenjem se je vsebnost saharoze povečevala. Do prvega vzorčenja (17. 8.) so bila gnojena drevesa obravnavanj PK10 (4x) in PK3Z (3x), obravnavanji KON in PK3K nista bili gnojena. Vsebnost saharoze med obravnavanji se ni razlikovala. Do drugega vzorčenja (5. 9.) so bila drevesa obravnavana enako kot prej, le obravnavanje PK10 je bilo še trikrat gnojeno (7x). Do zadnjega vzorčenja (obiranja) so bila pognojena tudi drevesa v obravnavanju PK3K. Čeprav so ob obiranju največ saharoze vsebovali plodovi PK10, je bila vsebnost v plodovih KON zelo podobna. Razlik med obravnavanji v letu 2005 nismo zaznali. Vsebnost saharoze v plodovih sorte 'Zlati delišes' je bila v letu 2005 približno 50 % večja v primerjavi s preteklim letom.

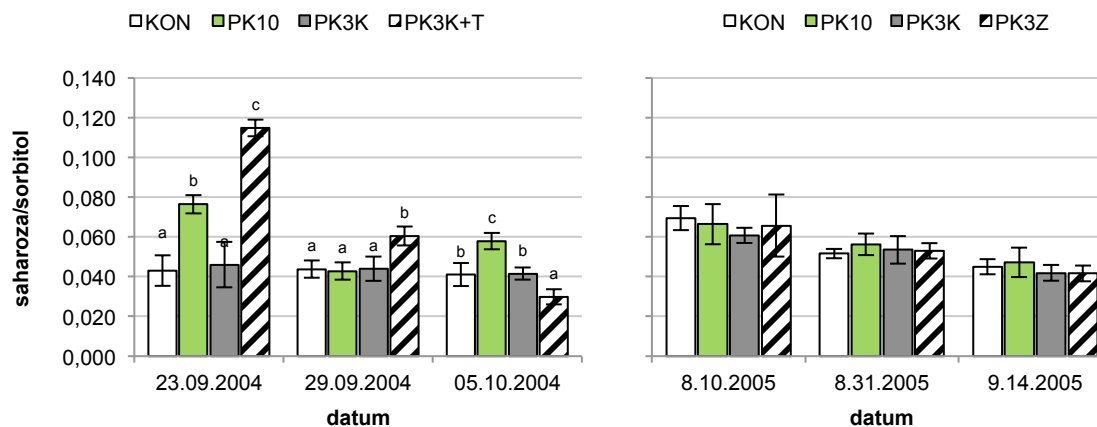
Z zorenjem plodov se je vsebnost sorbitola v povprečju zelo malo spreminjala oziroma se zelo postopoma zmanjševala (slika 20). Ob obiranju leta 2004 in 2005 so plodovi PK10 vsebovali največ sorbitola izmed vseh obravnavanj. V letu 2005 je bila ta razlika med obravnavanji statistično značilna, a ne v primerjavi s kontrolo, temveč z manjkrat

gnojenimi obravnavanji. V letu 2004 je najmanj vpliva na povečanje sorbitola izkazalo obravnavanje, ki je bilo dodatno gnojeno preko tal (PK3K+T). Največje spremembe v razmerju med sorbitolom in saharozo pa veljajo za PK3K+T (slika 21).



**Slika 20:** Povprečne vsebnosti sorbitola v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

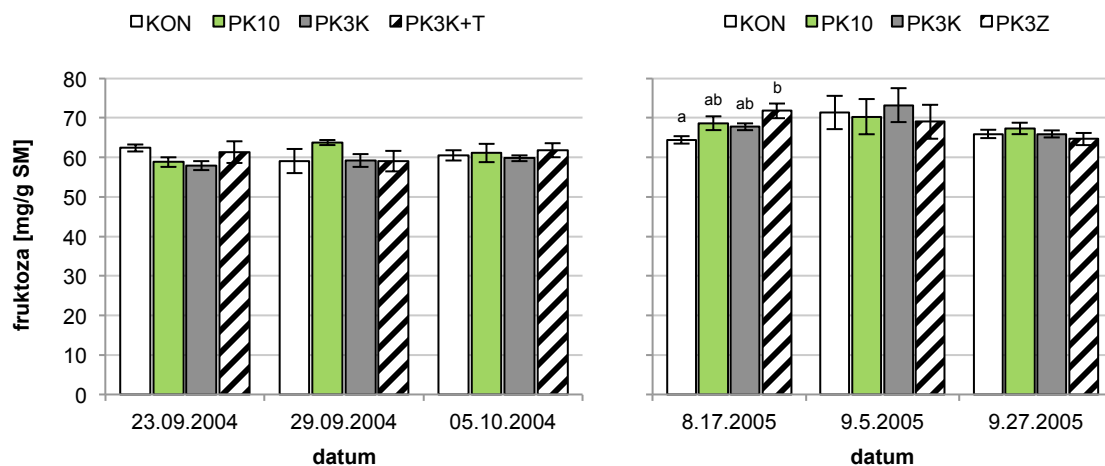
**Figure 20:** Average sorbitol content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.



**Slika 21:** Razmerje med vsebnostjo sorbitola in saharoze v plodovih pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 21:** Sucrose to sorbitol ratio in fresh fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Pri sorti 'Zlati delišes' predstavlja fruktoza največji delež sladkorjev v plodovih. Njena vsebnost se v dnevih okoli tehnološke zrelosti skoraj ne spreminja (slika 22), razlik med obravnavanji pa v letu 2004 nismo zaznali. Edino statistično značilno razliko med obravnavanji smo izmerili v letu 2005 ob prvem vzorčenju, šest tednov pred tehnološko zrelostjo (17.8.), kjer se je obravnavanje PK3Z razlikovalo od KON, kar je težko pojasniti, saj je obravnavanje PK10 do takrat prejelo eno aplikacijo gnojenja več kot PK3Z, obravnavanje PK3K pa bi naj bilo izenačeno s KON. Ob obiranju je bila vsebnost fruktoze med obravnavanji še bolj izenačena.

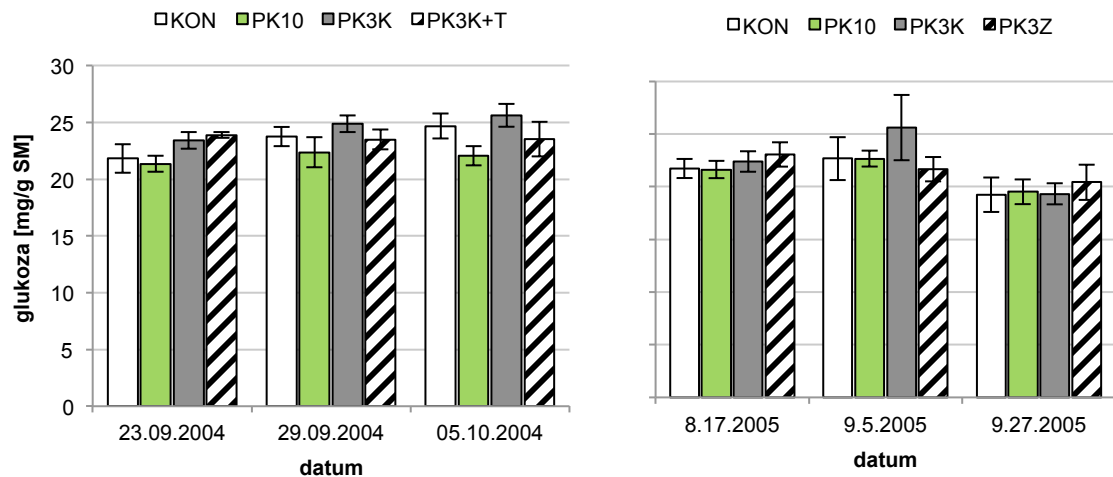


**Slika 22:** Povprečne vsebnosti fruktoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 22:** Average fructose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

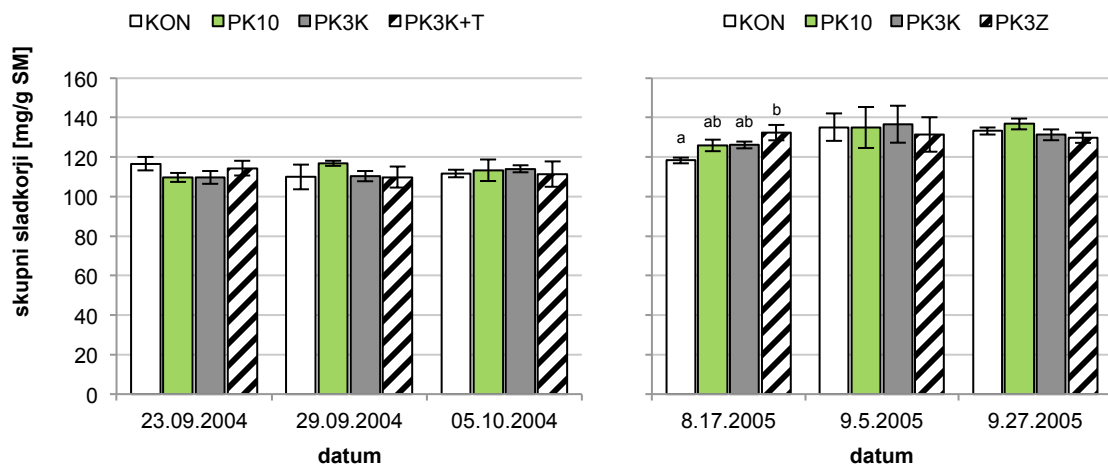
Vsebnost glukoze se je v povprečju gibala med 19 in 26 mg/g sveže mase plodov (slika 23) in je z zorenjem dokaj stalna. Najmanjšo vsebnost smo izmerili pri obravnavanju PK10 (2004), čeprav se obravnavanja niso statistično razlikovala. Leto 2005 je kazalo podoben trend, razlik med obravnavanji ni bilo.

Skupna vsebnost sladkorjev v plodovih ob obiranju za sorto 'Zlati delišes' nakazuje podobna gibanja kot pri sorti 'Elstar' (slika 24). Največ sladkorjev so vsebovali plodovi največkrat gnojenih dreves (PK10). Izmerjene razlike niso bile statistično značilne. Edina statistično značilna razlika je bila v letu 2005 ob prvem vzorčenju, ki pa je bila posledica razlik v vsebnosti fruktoze.



**Slika 23:** Povprečne vsebnosti glukoze v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 23:** Average glucose content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

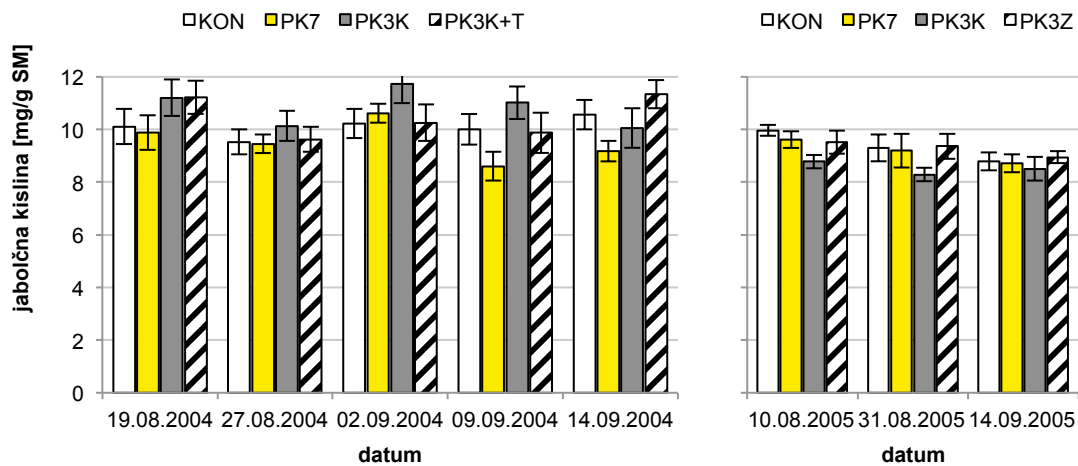


**Slika 24:** Povprečne vsebnosti skupnih sladkorjev v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 24:** Average content of total sugars in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

### 4.3.3 Vsebnosti organskih kislin v plodovih sorte 'Elstar'

Vsebnost organskih kislin v plodovih pri sorti 'Elstar' smo določali v času zorenja, od sredine avgusta do obiranja (14. 9.). V pulpi in kožici jabolka je najbolj zastopana jabolčna kislina, zgolj v sledovih pa smo izmerili vsebnost šikimske in fumarne kisline. Citronske kisline zaradi tehničnih omejitev nismo mogli določiti. Vsebnost jabolčne kisline v plodovih je v zadnjem mesecu pred tehnološko zrelostjo stagnirala ali pa se malo zmanjševala (slika 25). Ne glede na obravnavanje in število izvedenih aplikacij gnojenja po posameznem obravnavanju, ob nobenem vzorčenju nismo izmerili statistično značilnih razlik. V primerjavi z ostalimi obravnavanji smo pri PK7 v letu 2004 izmerili nižje vsebnosti jabolčne kisline. V obeh letih je bila koncentracija jabolčne kisline v plodovih sorte 'Elstar' v razponu med 8 in 12 mg /g sveže mase plodov.

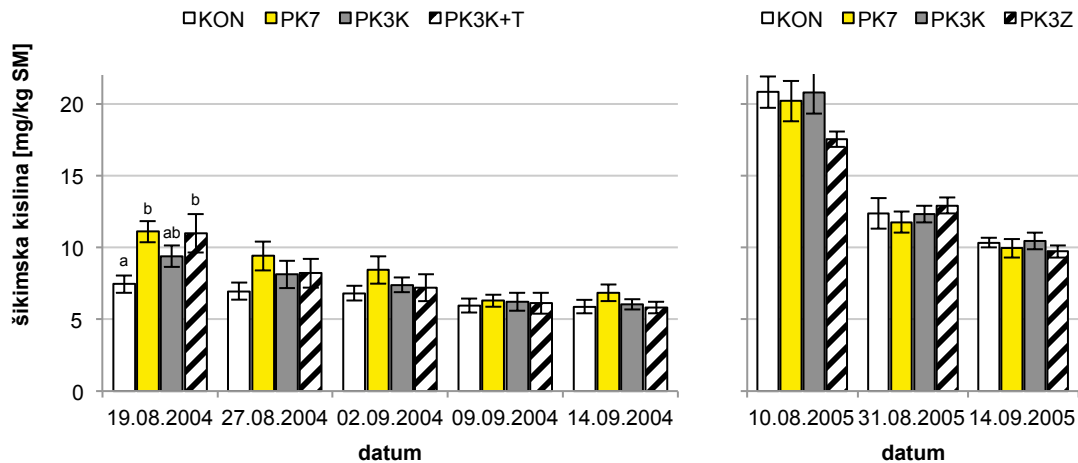


**Slika 25:** Povprečne vsebnosti jabolčne kisline v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 25:** Average malic acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.



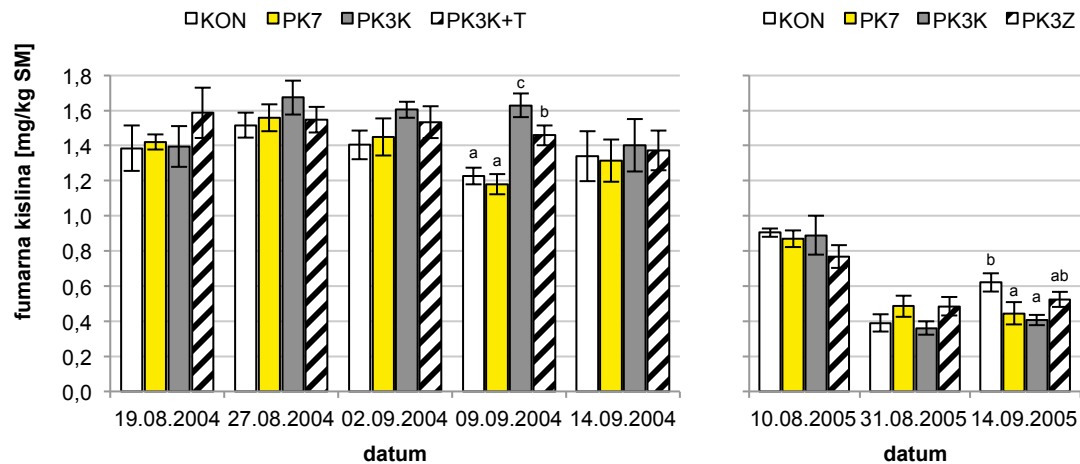
V obdobju enega meseca do tehnološke zrelosti se je vsebnost šikimske kisline v plodovih skoraj prepolovila (slika 26). Ob prvem vzorčenju (19. 8.), ki je bilo tri dni po prvi foliarni aplikaciji gnojila za PK3K in PK3K+T smo izmerili statistično značilne razlike med obravnavanji. Plodovi gnojenih obravnavanj so vsebovali več šikimske kisline, statistično značilno pa je na to povečanje verjetno vplivalo talno gnojenje in enkratno foliarno pri PK3K+T in do takrat štirikratno gnojenje pri PK7. V letu 2004 so ob vseh terminih vsebovala največ šikimske kisline drevesa obravnavanja PK7, kar pa ne velja za leto 2005.



**Slika 26:** Povprečne vsebnosti šikimske kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 26:** Average shikimic acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Fumarna kislina je v plodovih prisotna še v bistveno manjših koncentracijah kot šikimska. Njena vsebnost zadnji mesec pred obiranjem je bila relativno konstantna v obeh letih (slika 27). Obravnavanje PK3K je v letu 2004 imelo malo večje vrednosti, od tega le pet dni pred obiranjem statistično značilne v primerjavi z ostalimi obravnavanji. Od PK7 in KON se je ločilo tudi obravnavanje PK3K+T. V letu 2005 je bila ob obiranju vsebnost fumarne kisline značilno večja pri KON v primerjavi z PK7 in PK3K.



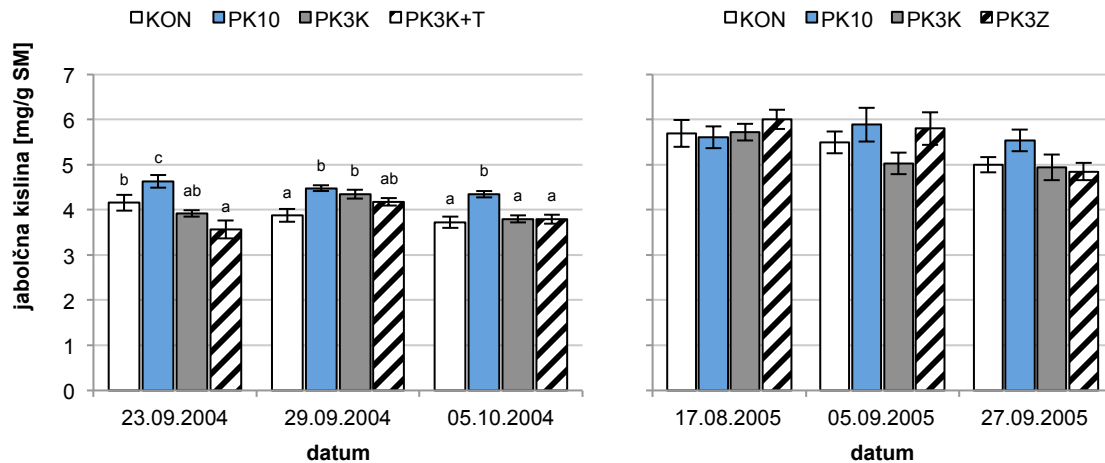
**Slika 27:** Povprečne vsebnosti fumarne kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Elstar' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 27:** Average fumaric acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Elstar' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

#### 4.3.4 Vsebnosti organskih kislin v plodovih sorte 'Zlati delišes'

Pri sorti 'Zlati delišes' smo v letu 2004 določili vsebnost organskih kislin v plodovih trikrat v obdobju dveh tednov, v letu 2005 pa trikrat v obdobju zadnjih šestih tednov pred obiranjem. V prvem letu je desetkratno gnojenje (PK10) vplivalo na povečanje vsebnosti jabolčne kisline v plodovih, saj so bile njene vrednosti ob vseh meritvah statistično značilno večje od tistih v negnojenih drevesih (KON) (slika 28). Značilno manjšo vsebnost jabolčne kisline od PK10 in KON je imelo ob prvem vzorčenju obravnavanje PK3K+T.

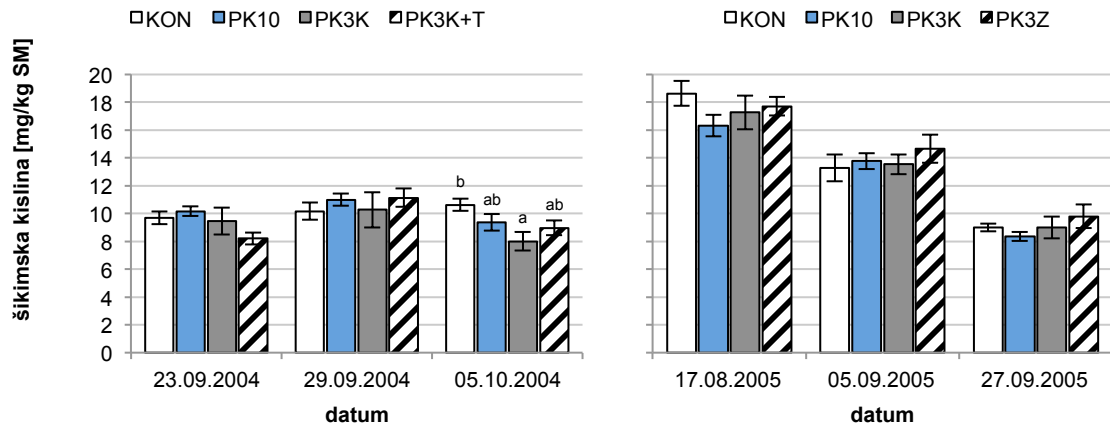
V letu 2005 nismo izmerili statistično značilnih razlik, čeprav so bile ob drugem in tretjem vzorčenju največje vsebnosti jabolčne kisline izmerjene prav tako pri obravnavanju PK10.



**Slika 28:** Povprečne vsebnosti jabolčne kisline v mg/g sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 28:** Average malic acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

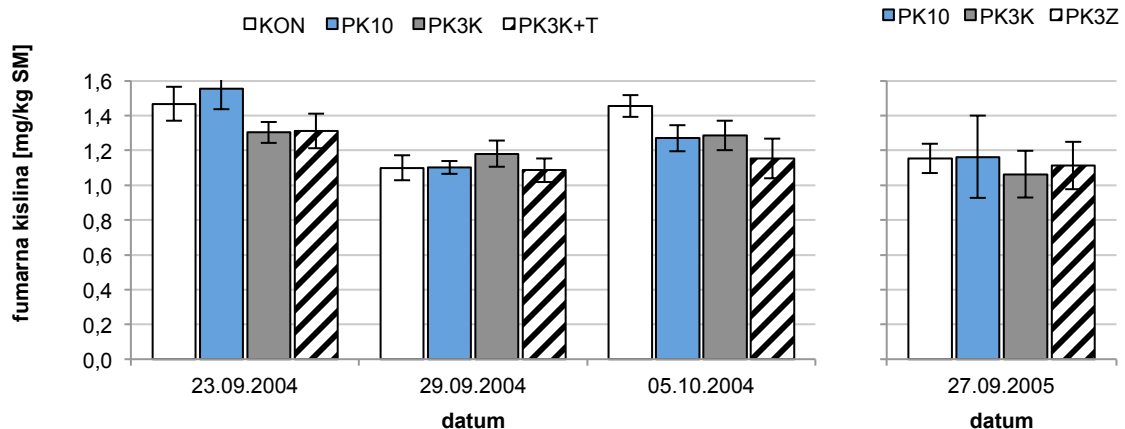
Količina šikimske kisline pri sorti 'Zlati delišes' znaša ob obiranju od 8 do 10 mg/kg svežih plodov, šest tednov pred tem pa je lahko tudi enkrat večja (slika 29). V času dveh tednov pred obiranjem je njena vsebnost v plodovih skoraj nespremenjena. Vrednosti šikimske kisline so bile med obravnavanji v obeh letih zelo izenačene. Statistično značilno so se razlikovale le ob obiranju v letu 2004, ko so je KON drevesa vsebovala več kot PK3K drevesa.



**Slika 29:** Povprečne vsebnosti šikimske kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov. Črke označujejo statistično značilne razlike znotraj posameznega merilnega termina.

**Figure 29:** Average shikimic acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season. Letters indicate statistically significant differences within measuring dates.

Vsebnost fumarne kisline smo v letu 2005 določili le ob obiranju in je primerljiva s tisto ob drugi meritvi (29.9.) v letu 2004. Izmerjene vsebnosti so bile med obravnavanji zelo izenačene. Ob obiranju v letu 2004 smo izmerili večjo vsebnost pri obravnavanju KON, a brez statistične značilnosti.



**Slika 30:** Povprečne vsebnosti fumarne kisline v mg/kg sveže mase plodov pri sorti 'Zlati delišes' v letih 2004 in 2005. Oznake legende: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK10 – 10x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, PK3K+T – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu zorenja plodov, spomladi talno gnojena, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa ob začetku zorenja plodov.

**Figure 30:** Average fumaric acid content in mg/g fresh weight of fruit for 'Golden Delicious' in 2004 and 2005. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK10 – 10x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3K+T – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, also soil fertilized in spring, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

### 4.3.5 Obarvanost plodov sorte 'Elstar'

Ob obiranju v letu 2005 smo pri sorti 'Elstar' izmerili obarvanost povrhnjice plodov. Iz podatkov o kolorimetričnih parametrih v preglednici 13 je razvidno, da je kasnejše foliarno gnojenje pri obravnavanjih PK7 in PK3K vplivalo na intenzivnejše obarvanje plodov v primerjavi z obravnavanjema PK3Z in KON. Statistično značilne razlike med obravnavanjem PK7 ter PK3Z in KON smo izmerili pri vseh parametrih ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$  in  $h^\circ$ ) in povsod je imelo obravnavanje PK7 manjše vrednosti.

**Preglednica 13:** Kolorimetrični parametri plodov v letu 2005 pri sorti 'Elstar'. Podatki predstavljajo povprečja s standardno napako, enosmerna ANOVA. Oznake: KON – kontrolna, negnojena drevesa, PK7 – 7x foliarno gnojena drevesa, PK3K – 3x foliarno gnojena drevesa proti koncu rastne dobe, PK3Z – 3x foliarno gnojena drevesa na začetku rastne dobe.

**Table 13:** Colorimetric parameters of fruits in the year 2005 for 'Elstar'. Means and standard errors are presented, one-way ANOVA. Legend: KON – control, non-fertilized trees, PK7 – 7x foliarly fertilized trees, PK3K – 3x foliarly fertilized trees towards the end of growing season, PK3Z – 3x foliarly fertilized trees at the beginning of growing season.

	PK7	PK3K	PK3Z	KON
$L^*$	35,69 ± 0,28 a	36,34 ± 0,28 ab	37,00 ± 0,33 b	36,62 ± 0,23 b
$a^*$	28,11 ± 0,34 a	28,72 ± 0,46 a	29,96 ± 0,47 b	30,00 ± 0,29 b
$b^*$	12,69 ± 0,37 a	13,39 ± 0,37 ab	14,31 ± 0,38 b	14,18 ± 0,27 b
Hue angle	24,08 ± 0,42 a	24,82 ± 0,33 ab	25,39 ± 0,35 b	25,18 ± 0,28 b

Hue angle ( $h^\circ$ ) je najboljši pokazatelj obarvanosti plodov in nižja kot je vrednost, večja je intenziteta rdeče obarvanosti. Z zorenjem plodov se vrednosti tega parametra zmanjšujejo.

Vrednosti parametra  $a^*$  se z zorenjem običajno povečujejo (Bizjak in sod., 2013) in so običajno tudi večje pri intenzivneje obarvanih plodovih, a ne nujno.

Parameter  $L^*$  se z zorenjem zmanjšuje, kar pomeni, da povrhnjica plodov postaja temnejša.

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 FOSFOR IN KALIJ V LISTIH

Sezonska nihanja vsebnosti hranil v tleh ali listih rastlin so indikatorji, ki napovedujejo dostopnost hranil, omejitve in prehranski status dreves (Aichner in Stimpfl, 2002; Nachtigall in Dechen, 2006). V našem poskusu je bila vsebnost fosforja v tleh znotraj priporočenih vrednosti (41 ppm), kalija pa je v tleh rahlo primanjkovalo (169 ppm) (Priloga A). Dodaten vpogled v prehransko stanje rastlin pa smo želeli pridobiti z analizami listov. Analiza listov je pokazala, da so se vsebnosti P in K v listih jabolane med sezono zmanjševale, o čemer so poročali tudi Aichner in Stimpfl (2002), Veberič in sod. (2005) ter Nachtigall in Dechen (2006). V največji meri na vsebnost hranil v listih vplivata količina oveska in faza razvoja plodov (Southwick in sod., 2006). Plodovi predstavljajo velike ponore za fosfor in kalij (Buwalda in Lenz, 1992), saj oba elementa sodelujeta pri metabolizmu in translokaciji ogljikovih hidratov (Marschner, 2012).

Mlajši listi navadno vsebujejo manj vode in večje koncentracije hranil kot sta P in K (Mengel in Kirkby, 2001). Zmanjšanje vsebnosti P in K v starejših listih bi lahko bilo posledica razredčitvenega učinka, ki nastane z rastjo in staranjem listov ter z redistribucijo hranil do drugih organov v rastlini proti koncu vegetativnega cikla (Nachtigall in Dechen, 2006). Veberič in sod. (2005) so sklepali, da so na zmanjšanje vsebnosti obeh hranil v listih vplivali ravno plodovi. Največje potrebe rastlin po K so v času zorenja (začetek jeseni) in takrat so izmerili najnižje vsebnosti K v listih. Podobne trende smo ugotovili tudi v našem poskusu, ne glede na izbrano sorto ali leto. Pri sorti 'Zlati delišes' smo v letu 2004 opravili zadnje vzorčenje mesec dni po obiranju, ko so se vsebnosti fosforja še dodatno zmanjšale, vsebnost kalija pa je ostala v povprečju enaka kot ob obiranju. O podobnih izsledkih poročajo Veberič in sod. (2002; 2005) ter Aichner in Stimpfl (2002).

Optimalne vrednosti za P in K v listih se med rastno dobo spreminjajo (Aichner in Stimpfl, 2002; Nachtigall in Dechen, 2006). Kljub zmanjševanju vsebnosti P v listih, sta bili obe sorti, 'Elstar' in 'Zlati delišes', po vsebnostih znotraj priporočenih vrednosti (min 0,16 % SS; Preglednica 1), čeprav občasno na spodnji meji. Drugače je bilo v primeru kalija. V našem poskusu je bil kalij najverjetneje eden izmed omejujočih dejavnikov mnogih procesov v rastlinah, saj ga je primanjkovalo že v tleh, analize listov pa so pokazale pomanjkanje pri obeh sortah, tudi po vseh gnojenjih. Najbolj izrazito pomanjkanje kalija smo opazili pri sorti 'Zlati delišes', kjer so bile vsebnosti v obeh letih v povprečju več kot 50 % pod priporočenimi vrednostmi. O enakem pomanjkanju so poročali tudi Veberič in sod. (2002; 2005). Podatkov o vsebnosti nekaterih drugih elementov v listih nismo pridobili, zato bi lahko morebitno pomanjkanje katerega od le-teh prav tako predstavljalo omejitve pri fizioloških procesih v rastlinah. Prša (2012) je izvajal poskuse gnojenja z dušikom pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' na istem laboratorijskem polju in v istem

časovnem obdobju kot mi. Vsebnosti dušika v listih kontrolnih (negnojenih) dreves so bile večinoma pod priporočenimi, zato je zagotovo veljalo enako v našem poskusu.

Učinkovitost in vpliv gnojenja sta bila, sodeč po analizah listov, v našem poskusu zelo majhna, saj smo zabeležili le nekaj razlik med obravnavanji, ki bi jih lahko pripisali gnojenju. Edini statistično značilni razliki sta bili v vsebnosti fosforja pri največkrat gnojenem obravnavanju. Pri sorti 'Elstar' 14 dni pred obiranjem v letu 2005 (PK7) (slika 3), pri sorti 'Zlati delišes' pa v istem letu v času obiranja (PK10 in PK3K) (slika 5). Tudi Veberič in sod. (2005) so ugotovili, da različni pripravki niso vplivali na povečanje P v listih, čeprav so majhna povečanja opazili pri PK in P gnojenih drevesih, pomanjkanje pa najprej pri negnojenih in s K gnojenih drevesih. Dvakratna aplikacija fosforjevega pripravka v zadnjih petih tednih pred obiranjem pri sorti 'Braeburn' je v poskusu Bizjaka in sod. (2013) vplivala na povečanje in doseganje priporočenih vsebnosti fosforja v listih, pri negnojenih drevesih pa so vsebnosti do obiranja padale.

Veberič in sod. (2005) so poročali, da gnojenje samo s kalijevim pripravkom ni imelo nobenega vpliva na povečanje vsebnosti K v listih pri sorti 'Zlati delišes'. Poročila o nezadostnem vplivu foliarnega gnojenja na povečanje posameznih makrohranil v listih veljajo tudi za kalij. Weinbaum (1988) je predlagal, da je doseganje večjega učinka smiselno uporabiti večkratno aplikacijo foliarnih gnojil. V našem primeru nismo zaznali nobenih vplivov niti termina niti pogostnosti gnojenja na vsebnost K. Veberič in sod. (2005) sicer poročajo, da bi lahko gnojenje z enakim pripravkom, kot smo ga uporabili mi, vplivalo na izboljšanje prehranskega stanja jablan ter odložilo zmanjšanje vsebnosti K. Za razliko od našega poskusa, so aplicirali gnojila v maju (1x), juniju (1x) in septembru (1x).

Ocenjujemo, da bi lahko majhen vpliv gnojenja na vsebnost hranil v listih pripisali več dejavnikom. Glede na izsledke opisanih raziskav morda uporabljen pripravek ne vpliva na spremembo vsebnosti elementov v listih. Tudi pooblaščen zastopniki za pripravek Hascon M10 AD v Sloveniji s takšnimi podatki ne razpolagajo.

Morda so majhne vsebnosti P in K v listih posledica pomanjkanja hranil v tleh, omejitvev pri sprejemu hranil preko listov ali pa posledica hitre translokacije in porabe v ponorih (velike potrebe). Na sprejem hranil v liste vplivajo tako zunanji dejavniki (koncentracija hranil, količina in pogostnost gnojenja, valenca ionov, temperatura ...) kot notranji dejavniki (metabolna aktivnost, starost listov, lastnosti membrane in kutikule ...) (Weinbaum, 1988; Marschner, 2012). Peirce in sod. (2014) so poročali, da je sprejem P v liste pri foliarnem gnojenju odvisen od gostote listnih rež, Fernández in sod. (2014) pa so ugotovili, da je na absorpcijo P pri pšenici vplivala vsebnost P v listih, kjer so največji sprejem P izmerili pri zadostno prehranjenih rastlinah. Slednje bi naj bilo povezano s poslabšano funkcijo listnih rež ter zmanjšanjem gostote listnih rež pri rastlinah s pomanjkanjem P. Vsebnost hranil v listih je lahko odvisna od učinkovitosti sprejema hranil preko listov in se lahko med genotipi bistveno razlikuje. (Weinbaum in sod., 2002;

Thomas, 2006; Eichert in Fernandez, 2012). Nachtigall in Dechen (2006) sta najvišje vsebnosti K v listih izmerila pri sorti 'Zlati delišes' v primerjavi s sortama 'Gala' in 'Fuji'.

K različnemu odzivu genotipov na foliarno gnojenje lahko prispevajo razlike v razmerjih mineralnih hranil. Nachtigall in Dechen (2006) sta izpostavila, da se sorta 'Zlati delišes' razlikuje od 'Gala' in 'Fuji' po višjem razmerju K/Ca v plodovih, zaradi česar je potrebno bolj pozorno spremljati morebitno pomanjkanje Ca. Sklepamo, da je bilo v našem primeru to razmerje pri obeh sortah relativno ugodno, glede na že znano pomanjkanje K v listih. Za razliko od njunega poskusa, so listi sorte 'Zlati delišes' vsebovali manj K od sorte 'Elstar'.

Pri interpretaciji rezultatov analize listov je potrebno upoštevati tudi vremenske razmere v času vzorčenja listov, lokacijo nasada, ovesek in druge dejavnike (Aichner in Stimpfl, 2002). Koncentracije K v listih so po daljših obdobjih suše vedno manjše, po obdobju obilnejšega deževja pa so večje kot običajno. Leti 2004 in 2005 sta bili vremensko zelo podobni (Priloga B), v času trajanja našega poskusa so bile vremenske razmere optimalne za uspevanje jablan in verjetno niso bistveno vplivale na vsebnost hranil v listih.

Tojnko in sod. (2002) so v dveh poskusih preizkušali vplive kombiniranih pripravkov hranil za foliarno gnojenje na vsebnost mineralnih hranil v plodovih sorte 'Zlati delišes' ob obiranju. Uporabili so gnojilni načrt po shemi s proizvajalčevimi priporočili. V obeh primerih so uporabili gnojilo, kot je v našem poskusu, s katerim so gnojili 4x od začetka junija do začetka septembra v koncentraciji 5 l/ha. Vsebnosti posameznih hranil v plodovih se med gnojenimi in negnojenimi obravnavanji niso razlikovale, kot ugodnejša pa so se izkazala razmerja med hranili, kot je N/Ca, K/Ca in (Mg+K)/Ca, ki so lahko indikatorji skladiščne kakovosti sadja.

Štampar in sod. (2002) so v poskusih s foliarnim gnojenjem uporabili enak pripravek, s katerim so gnojili trikrat v juliju in avgustu. Spremljali so vplive gnojenja na vsebnost hranil v listih in plodovih sort 'Zlati delišes', 'Elstar', 'Jonagold' in 'Idared'. Čeprav so poročali, da so bila drevesa dobro prehranjena, so bile vsebnosti P in K v listih pod kritičnimi vrednostmi, še posebej v prvih letih poskusa. V kasnejših poskusih so s talnim gnojenjem (kalij) dosegli izboljšanje vsebnosti K tako v tleh kot v listih. Podoben trend gibanja vsebnosti hranil po posameznih letih se je odražal tudi v plodovih.

Neilsen in Neilsen (1999) sta spremljala vplive fertigacije s kalijem v odvisnosti od časa aplikacije (od začetka junija do sredine julija in od sredine julija do konca avgusta) na vsebnost hranil v listih in plodovih sorte 'Jonagold'. Termin gnojenja na vsebnost kalija v listih ni imel nobenega vpliva, negnojena drevesa pa so vsebovala značilno manj K v listih. Potrdila sta, da je spremljanje učinka časa aplikacije na vsebnost hranil v listih in plodovih (zaradi kakovosti) včasih oteženo zaradi omejene mobilnosti hranil v tleh, kar še posebej velja za kalij. Sprejem hranil v sadna drevesa je odvisen od časa aplikacije gnojila in pogojuje tudi dostopnost hranil plodovom (Neilsen in Neilsen, 1999).



## 5.2 FOTOSINTEZA, TRANSPIRACIJA IN UČINKOVITOST IZRABE VODE

Meritve fotosinteze in transpiracije smo izvedli v obdobju zorenja plodov, od sredine avgusta pa do obiranja ali do konca septembra. Pri obeh sortah ter v obeh sezonah smo zaznali le nekaj značilnih razlik med obravnavanji, podobno kot pri vsebnosti posameznih elementov v listih. Iz rezultatov je razvidno, da so vrednosti fotosinteze sledile sezonskemu poteku, ko fotosinteza do konca julija narašča in se nato proti oktobru zmanjšuje (Terhoeven-Urselmans in Blanke, 1999; Veberič in sod., 2002, 2005).

V letu 2004 pri sorti 'Elstar' je bila fotosintezna aktivnost listov ob zadnjih dveh meritvah, pred in po obiranju, pri kontrolnih drevesih (KON) večja kot pri ostalih gnojenih. Ob zadnjem vzorčenju je bila razlika statistično značilna v primerjavi s PK7 in PK3K. Veberič in sod. (2002, 2005) so pri sorti 'Zlati delišes' ugotovili podobno za PK in P gnojena drevesa v primerjavi s kontrolnimi. Najnižjo fotosintezo v njihovem poskusu so imela samo s P obravnavana drevesa. Meritve fotosinteze v letu 2004 so bile znotraj istega območja kot pri omenjenih avtorjih. Pri meritvah fotosintezne kapacitete ( $A_{2000}$ ) pri sorti 'Elstar' v letu 2004 so bili rezultati ravno obratni, saj je ob zadnji meritvi največje vrednosti dosegalo obravnavanje PK7 in najmanjše KON. Ob nobenem terminu razlike niso bile značilne.

V letu 2005 smo pri sorti 'Elstar' zabeležili podoben trend. Fotosintezna aktivnost listov je bila med obravnavanji izenačena, v povprečju pa je bila dan po obiranju najmanjša pri gnojenih drevesih, kot leto poprej.

Pri meritvah fotosinteze pri sorti 'Zlati delišes' v letu 2004 smo zabeležili nižje vrednosti fotosinteze kot običajno, kar je sovpadalo tudi z manjšo vsebnostjo kalija v listih. Basile in sod. (2003) so opazili, da vsebnosti kalija v listih, ki so manjše od 0,5-0,6 % suhe snovi pri mandljih vplivajo na izmenjavo CO<sub>2</sub>. Kalij ima posredno različne vplive na fotosintezo (aktivnost encimov, regulacija listnih rež ...) (Marschner, 2012). V času druge meritve v letu 2004, ki je potekala teden dni pred obiranjem (28. 9.) so bile vrednosti obravnavanj PK10 in KON izenačene in statistično značilno večje od PK3K in PK3K+T. Takšne razlike bi lahko pripisali ne samo dejavniku gnojenja temveč morebitnim drugim okoljskim dejavnikom.

Statistično značilne razlike smo v letu 2005 pri sorti 'Zlati delišes' izmerili dan pred obiranjem, a za razliko od sorte 'Elstar' sta imeli obravnavanji PK3Z in KON značilno manjšo fotosintezo kot PK3K in PK10. O pozitivni korelaciji med fotosintezo in vsebnostjo fosforja v listih so poročali Pieters in sod. (2001), v našem poskusu smo pri obeh parametrih zabeležili statistični razliki, a korelacije z gotovostjo ne moremo potrditi.

Transpiracija listov pri sorti 'Elstar' v obeh letih in pri sorti 'Zlati delišes' v prvem letu je imela podoben vzorec kot fotosinteza. Pri sorti 'Elstar' v letu 2004 je po vseh gnojenjih (od

tretje meritve naprej) bila največja pri KON obravnavanju ali PK3K+T. Statistično značilne razlike so bile izmerjene v zadnjem terminu. Do podobnih ugotovitev so prišli Veberič in sod. (2005), le da je pri njih ta trend potekal čez daljše obdobje. V letu 2005 razlik med obravnavanji nismo zaznali.

Pri sorti 'Zlati delišes' v letu 2004 sta obravnavanji PK10 in PK3K izkazali manjšo transpiracijo od PK3Z in KON. V letu 2005 je bil trend ravno obraten, transpiracija obravnavanj PK10 in PK3K je bila značilno večja od PK3Z in večja od KON (neznačilno). Na izmerjeno transpiracijo bi lahko pomembno vplivala trenutna razpoložljivost vode, parameter, ki ga nismo spremljali ter razlika v tlaku vodne pare med listom in okoljem (VPD).

Po poročanju Veberiča in sod. (2005) se z zorenjem plodov zmanjšuje tudi parameter učinkovitosti izrabe vode. Pri sorti 'Elstar' so bile vrednosti tega parametra v obeh letih med obravnavanji izenačene. Pri sorti 'Zlati delišes' so bile v letu 2004 pred obiranjem značilne razlike med večkrat gnojenim obravnavanjem (PK10) ter trikrat gnojenima PK3K in PK3K+T. V letu 2005 je bila učinkovitost izrabe vode skladna z opažanji pri meritvah fotosinteze, ko sta obravnavanji PK10 in PK3K imeli značilno večje vrednosti od PK3Z in KON. Veberič in sod. (2005) so poročali, da so drevesa škropljena s PK kazala v poletnem času največjo vrednost parametra učinkovitosti izrabe vode. To bi lahko bilo pomembno z vidika zmanjševanja sušnega stresa, s katerim se pogosto srečamo v naših krajih v tem obdobju.

### 5.3 OGLJIKOVI HIDRATI V LISTIH

Vzorčenje listov za analize ogljikovih hidratov smo pri obeh sortah opravili trikrat v času od sredine avgusta do konca septembra v letu 2005. V tem obdobju so bili vsi listi polno razviti in so predstavljali vir ogljikovih hidratov za zoreče plodove (ponori). V odraslih listih nastaja največ sorbitola in saharoze (Yamaki in Ishikawa, 1986), katerih vsebnosti so bile v zadnjem mesecu pred obiranjem relativno ustaljene. Pri sorti 'Elstar' so bile vsebnosti vseh ogljikovih hidratov med obravnavanji zelo izenačene, ne glede na obravnavanje in število aplikacij gnojil do določenega termina ter ne glede na termin vzorčenja.

Pri sorti 'Zlati delišes' so naše ugotovitve podobne. Značilne razlike pri sorti 'Zlati delišes' smo izmerili ob prvi meritvi za vsebnost sorbitola in saharoze (posledično skupne sladkorje), kar pa ne bi mogli pripisati zgolj dejavniku gnojenje, saj sta npr. obravnavani KON in PK3K bili do takrat enako tretirani (0x gnojeni), a izkazujeta značilno različni vsebnosti sorbitola. Razliko bi lahko pripisali variabilnosti znotraj sorte ali pa drugim dejavnikom. Kot poročajo Pan in sod. (1998) bi lahko bila sinteza saharoze v razvitih listih pri jabolani pogojena s fiziološkimi omejitvami, medtem ko na sintezo sorbitola vplivajo mnogi okoljski dejavniki. O povečanju vsebnosti sorbitola, a ne saharoze, v listih jablan so poročali tudi Wang in sod (1996) pri vplivih vodnega stresa in pri povečevanju trajanja osvetlitve (Wang in sod., 1997).

Štefanič (2003) je pri sorti 'Zlati delišes' spremljal gibanje vsebnosti ogljikovih hidratov v listih v obdobju od začetka avgusta do začetka oktobra. Primerjal je vsebnosti v listih negnojnih dreves (KON) z dvakrat gnojenimi drevesi (10. 8. in 22. 8.) z enakim pripravkom kot smo ga uporabili mi. Tudi njegovi rezultati so pokazali izenačene vsebnosti posameznih ogljikovih hidratov med obravnavanji.

V svoji doktorski nalogi je Veberič (2003) predstavil podatke večletnih poskusov foliarnega gnojenja s fosforjem in kalijem. V enem izmed poskusov je trikrat apliciral gnojila (22. 5., 21. 6. in 17. 9.) ter spremljal vpliv na vsebnost ogljikovih hidratov skozi vso rastno sezono od sredine junija do sredine oktobra. Z izjemo redkih značilnih razlik med obravnavanji, gnojenje s PK ni imelo posebnega vpliva. Tudi v njegovem poskusu so bile vsebnosti predvsem kalija v listih pod priporočenimi. V zaključkih je predlagal, da je smiselno gnojila aplicirati večkrat, kar se priporoča predvsem za makrohranila (Weinbaum, 1988). V našem poskusu kljub sedemkratnem (PK7) ali desetkratnem (PK10) gnojenju nismo zaznali vpliva na vsebnost ogljikovih hidratov v listih. Morda bi bili učinki foliarnega ali še boljše talnega gnojenja spomladi drugačni.

#### 5.4 OGLJIKOVI HIDRATI V PLODOVIH

V poskusu smo spremljali spremembe vsebnosti posameznih ogljikovih hidratov v plodovih zadnjih pet tednov pred obiranjem. Sorti 'Elstar' in 'Zlati delišes' sta genotipsko zelo raznoliki, zato je tudi delež posameznih sladkorjev v plodovih med njima različen. Pri sorti 'Elstar' je večinski delež predstavljala saharoza (~50 %), pri sorti 'Zlati delišes' pa fruktoza (~50%), saharoza le četrtino. Vsebnosti fruktoze v plodovih lahko ob zrelosti dosegajo do 55 %, o čemer so poročali Veberič in sod. (2007) za različne klone sorte 'Fuji' in Bizjak in sod. (2013) za sorto 'Braeburn'. Rezultati analize plodov glede na vsebnost ogljikovih hidratov za obe sorti v letu 2005 so bili skladni s podatki, ki so jih za posamezno sorto v istem sadovnjaku izmerili Mikulič Petkovšek in sodelavci (2007).

Vsebnost skupnih ogljikovih hidratov v plodovih se je pri obeh sortah z zorenjem povečevala, kar nakazuje, da se sinteza in/ali akumulacija topnih ogljikovih hidratov z rastjo plodov povečujeta (Zhang in sod., 2010). Povečanja vsebnosti so skladna z dejstvi o katerih so poročali Štefanič (2003), Veberič (2003) in Prša (2012). Povprečna skupna vsebnost sladkorjev ob obiranju pri obeh sortah je bila med 110 in 150 mg /g sveže mase plodov, podobno kot pri Štamparju in sod. (2002).

Največji porast vsebnosti smo izmerili pri saharozi. Ta verjetno služi kot prednostni vir ogljika za metabolne potrebe v plodičih, ob zorenju pa se zaradi padca aktivnosti encima kisle invertaze prične nalagati v plodovih (Berüter, 1985).

Vsebnosti fruktoze in glukoze se pred obiranjem niso bistveno spreminjale, porast pa smo zaznali pri sorbitolu v letu 2004 pri sorti 'Elstar'. O porastu vsebnosti sorbitola pred obiranjem je poročal Prša (2012) pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' ter Veberič (2003) pri sorti 'Zlati delišes'. Glede na to, da smo takšen trend opazili le v enem primeru, sklepamo, da se sorbitol ne kopiči v plodovih, ki so glavni ponori za ogljikove hidrate, temveč se presnavlja v druge sladkorje. V ponornih tkivih poteka pretvorba sorbitola v fruktozo, medtem ko se saharoza metabolizira do glukoze in fruktoze (Cheng in sod., 2005).

Po navedbah proizvajalca bi naj uporabljen pripravek vplival na povečanje vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih. Pri večini vzorčenj nismo izmerili značilnih razlik v vsebnosti posameznih ali skupnih ogljikovih hidratov med obravnavanji. Statistično značilne so se pokazale v letu 2005 in sicer pri vsebnostih saharoze in sorbitola ob obiranju pri sorti 'Elstar', kjer sta obravnavanji PK7 in PK3Z imeli značilno večje vsebnosti od PK3K, a ne od KON. Glede na pridobljene podatke, ne moremo sklepati, kako je potekala pretvorba sorbitola v plodovih. Pri sorti 'Zlati delišes' je imelo ob obiranju obravnavanje PK10 značilno večje vsebnosti sorbitola v primerjavi z ostalimi gnojenimi obravnavanji, a ne značilno v primerjavi s KON. Količina saharoze v plodovih je bila v letu 2005 za približno 50 % večja kot leto poprej. Vzrok za to bi lahko bile vremenske razmere, saj je bilo od julija do septembra v vseh mesecih bistveno več padavin in v povprečju tudi višje

temperature kot v letu 2004 (priloga B). V podobnih razmerah so poskus izvajali Veberič in sod. (2007) in v letu s povprečno višjimi temperaturami izmerili večje vsebnosti ogljikovih hidratov v plodovih.

V letu 2004 smo pri sorti 'Elstar' ob obiranju izmerili najmanjše vsebnosti saharoze in sorbitola pri največkrat gnojenih drevesih (neznačilno), v naslednjem letu pa je bil trend ravno obraten. Skupna vsebnost sladkorjev je bila zaradi saharoze in sorbitola največja (statistično značilno), kar bi lahko bilo pogojeno z značilno večjimi vsebnostmi P v listih ob drugi meritvi. Bizjak in sod. (2013) so opazili skladno povečanje vsebnosti nekaterih ogljikovih hidratov (saharoze, glukoze in sorbitola) z večjimi vsebnostmi P v listih. Tudi Štampar in sod. (2000) so pri poskusih gnojenja s fosforjevimi pripravki dokazali vplive na povečanje vsebnosti vseh ogljikovih hidratov pri sorti 'Elstar', a ne pri sorti 'Zlati delišes'.

Vsebnosti glukoze in fruktoze so se v času zorenja le malo spreminjale. Ker je fruktoza v večji meri prisotna pri sorti 'Zlati delišes', bi lahko sklepali, da so zato načeloma ta jabolka bolj sladka. Po podatkih Hudina in Štampar (2005) je namreč fruktoza tisti sladkor, ki najbolj vpliva na okus plodov, saj je 1,7x bolj sladka od saharoze.

Velika večina pridobljenih rezultatov nakazuje, da med obravnavanji ni bilo bistvenih razlik, ki bi lahko pomenile dodatne komercialne prednosti pri pridelavi jabolk, še posebej, če sklepamo, da je kljub določenemu pomanjkanju nekaterih hranil v tleh in manjši vsebnosti fosforja in kalija v listih, sadovnjak verjetno primerno prehranjen in v fiziološkem ravnovesju. Veberič (2003) je poročal o redkih značilnih razlikah med PK gnojenimi in negnojenimi drevesi po vsebnosti sladkorjev v plodovih sorte 'Zlati delišes'.

V podobnem poskusu pri hruški sorte 'Vilijamovka' sta Hudina in Štampar (2005) ugotovila, da gnojenje s foliarnim gnojilom PK (5x od sredine maja do začetka julija) vpliva na povečanje vsebnosti fruktoze in sorbitola v plodovih.

Zhu in sod. (2014) so poročali, da je foliarno gnojenje sorte 'Fuji' z različnimi gnojili (ne le PK) v času zavezovanja plodičev vplivalo na večje vsebnosti fosforja in kalija v listih ter večjo sintezo skupne topne snovi v plodovih. Spomladansko foliarno gnojenje se je izkazalo kot dopolnilna in korekcijska oblika gnojenja ob uvedbi alternativnih agrotehničnih ukrepov (uporaba vrečk na plodovih). Pri obravnavanjih s kasnejšimi aplikacijami gnojil niso zaznali dodatnega vpliva na povečanje vsebnosti sladkorjev v plodovih ob obiranju.

Zadostne vsebnosti K v listih vplivajo na povečanje sladkorjev v plodovih in s tem izboljšujejo kakovost, obarvanost, aromo, okus in skladiščenje plodov (Zhang in sod., 1997, cit. po Wang in sod., 2015a). V našem primeru obstaja verjetnost, da so bila drevesa s kalijem podhranjena in morda zato plodovi gnojenih dreves po vsebnostih sladkorjev niso izstopali.

## 5.5 ORGANSKE KISLINE V PLODOVIH

Vsebnost organskih kislin v plodovih se v času zorenja plodov zelo malo spreminja. V našem poskusu je v zadnjem mesecu pred obiranjem stagnirala ali pa rahlo padala. Do podobnih ugotovitev so prišli že Šturm in Štampar (1999), Šturm (2001), Prša (2012).

Jabolčna kislina je napogosteje zastopana kislina v plodovih jabolk. V plodovih sorte 'Elstar' smo izmerili enkrat večje vsebnosti jabolčne kisline kot pri sorti 'Zlati delišes', kar je skladno z ugotovitvami Petkovič Petkovšek in sod. (2007).

Pri sorti 'Elstar' gnojenja s fosforjem in kalijem ni imelo posebnega vpliva na vsebnost kislin v plodovih. Vsebnosti jabolčne kisline so bile med obravnavanji v obeh letih zelo izenačene. Podobno je bilo z vsebnostjo šikimske kisline, z izjemo prve meritve v letu 2004, ko so je plodovi obravnavanji PK7 (4x) in PK3K+T (1x) vsebovali značilno več kot KON. Fumarna kislina je v plodovih prisotna še v bistveno manjših koncentracijah kot šikimska. V letu 2005 je bila ob obiranju vsebnost fumarne kisline značilno večja pri KON v primerjavi z PK7 in PK3K. Z vidika kakovosti ta podatek govori v prid PK gnojenju, saj lahko povečane vsebnosti fumarne kisline vplivajo na slabše skladiščne lastnosti plodov.

Do drugačnih izsledkov smo prišli pri sorti 'Zlati delišes', saj so bile vsebnosti jabolčne kisline pri največkrat gnojenem obravnavanju (PK10) največje, v letu 2004 ob vseh vzorčenjih statistično večje kot pri kontrolnem (KON) obravnavanju. Po vsebnosti šikimske kisline so se obravnavanja razlikovala v letu 2004 ob obiranju. Največje vsebnosti smo izmerili pri kontrolnih drevesih, značilno manj pa pri PK3K. Po izsledkih Wanga in sod. (2015a) bi naj bile večje vsebnosti P in K v listih in tleh v pozitivni korelaciji z organskimi kislinami v plodovih. O pozitivni korelaciji med vsebnostjo P in K v listih in plodovih in titracijsko kislostjo plodov so poročali tudi Casero in sod. (2004). V našem primeru sta bili vsebnosti P in K pri omenjeni sorti večji pri PK10 obravnavanju (sicer neznačilno).

Hudina in Štampar (2005) sta poročala, da je 5x foliarno gnojenje s PK pri hruškah sorte 'Viljamovka' vplivalo na znatno povečanje vsebnosti jabolčne in fumarne kisline v plodovih gnojenih dreves. Gnojenje s P ni imelo nobenega vpliva na vsebnost jabolčne in citronske kisline pri sorti 'Braeburn' (Bizjak in sod., 2013). Prša (2012) je pri gnojenju jablan sort 'Elstar' in 'Zlati delišes' z dušikom ugotovil, da le to ne vpliva na vsebnost organskih kislin v plodovih.

## 5.6 OBARVANOST PLODOV

Z zorenjem se spreminja tudi barva povrhnjice plodov. Foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem je dodatno vplivalo na intenzivnejšo obarvanost plodov pri sorti 'Elstar' v letu 2005, še posebej pri obravnavanjih PK7 in PK3K. Rezultati nakazujejo, da gnojenje v času pred obiranjem značilno vpliva na intenziteto rdeče barve plodov. Največje spremembe v intenziteti obarvanosti plodov se običajno zgodijo v zadnjih treh tednih pred obiranjem, ko je povečana tvorba antocianinov v kožici plodov (Awad in de Jager, 2002). Najverjetneje ima glavno vlogo pri tem fosfor, kar lahko sklepamo iz rezultatov nekaterih raziskav o vplivih fosforjevih pripravkov na obarvanje plodov pri različnih sortah jabolk (Gomez-Cordoves in sod., 1996; Li in sod., 2002; Funke in Blanke, 2006; Bizjak in sod., 2013).

Bizjak in sod. (2013) so spremljali spremembe kolorimetričnih parametrov v času zorenja plodov v sadovnjaku istega laboratorijskega polja, kjer je bil izveden naš poskus (podobne razmere). Dokazali so, da foliarno gnojenje s fosforjevim pripravkom vpliva na povečanje intenzitete rdeče obarvanosti plodov pri sorti 'Braeburn'.

Po podatkih McGuire (1992) se parameter  $a^*$  povečuje s povečanim obsegom rdeče obarvanosti, kar so opazili Veberič in sod. (2007) ter Bizjak in sod. (2013), a je v našem primeru najbolj veljalo za obravnavanji KON in PK3Z, kar je ravno nasprotno. Wrolstad in sod. (2005) so ocenili, da je sistem CIEL $^*a^*b^*$  učinkovit za merjenje razlik in sprememb v barvi povrhnjice v času zorenja, procesiranja ali skladiščenja plodov. Opozorili so na previdnost pri interpretaciji rezultatov, saj je lahko barvni razpon pri enaki vrednosti parametra  $a^*$  in različnih vrednostih drugih parametrov od vijolične do rdeče ali oranžne, ker ta model predstavlja barvo v treh dimenzijah. Večje vrednosti parametra  $b^*$  so povezane z večjo intenzivnostjo rumene barve, kjer smo prav tako pri KON in PK3Z izmerili značilno večje vrednosti.

Najboljši pokazatelj intenzitete rdeče obarvanosti je parameter  $h^\circ$ , pri čemer manjša vrednost predstavlja večjo intenziteto rdeče obarvanosti (pri PK7). Plodovi PK7 so bili že na videz najtemnejši in izmerili smo najmanjše vrednosti parametra  $L^*$ . Lancaster in sod. (1992) so prišli do zaključka, da kožica plodov najverjetneje postane temnejša zaradi povečane koncentracije antocianinov, kar so sklepali glede na večji delež temnejših rdečih vakuol, velikost vakuol in več plasti rdečih celic. Bizjak in sod. (2013) so poročali, da so plodovi gnojenih dreves vsebovali 75 % več antocianinov v kožici. V našem poskusu vsebnosti antocianinov nismo izmerili, a lahko sklepamo, da bi bili rezultati podobni, pri obravnavanju PK7 bi jih bilo najverjetneje največ.

Bizjak in sod. (2013) so sklepali, da bi večje vsebnosti antocianov pri gnojenih drevesih lahko bile pogojene z večjimi vsebnostmi sladkorjev v plodovih, še posebej saharoze in glukoze, saj so opazili pozitivne korelacije med vsebnostmi obeh sladkorjev in antocianini v kožici. V našem poskusu pri sorti 'Elstar' v letu 2005 ne moremo pritrčiti prej omenjenim ugotovitvam.

## 6 SKLEPI

Cilj zastavljenega poskusa je bil ugotoviti vpliv foliarnega gnojenja s fosforjem in kalijem na nekatere fiziološke procese (fotosinteza, transpiracija) in biokemično sestavo (meritve vsebnosti ogljikovih hidratov in organskih kislin) izbranih organov jabolane. Poskus smo izvajali v letih 2004 in 2005, spodaj pa navajamo glavne sklepe:

- Foliarne aplikacije gnojila v povprečju niso vplivale na povečanje vsebnosti dodanih elementov v listih. Sklepamo, da so vzrok temu omejitve pri sprejemu elementov, hitra translokacija le-teh na mesta porabe ali pa njihovo začetno pomanjkanje v tleh. Kljub podatku o zmernem pomanjkanju K v tleh in vseh nadaljnjih foliarnih gnojenjih, je bila ob vseh vzorčenjih pri obeh sortah vsebnost K v listih tudi do 50 % pod priporočenimi vrednostmi in med obravnavanji ni bilo razlik. Vsebnosti P v listih so bile znotraj meja priporočenih vrednosti in so se med obravnavanji razlikovale le v letu 2005 dva tedna pred obiranjem pri sorti 'Elstar' in na dan obiranja pri sorti 'Zlati delišes' pri največkrat gnojenem obravnavanju (PK7, PK10) v primerjavi z ostalimi obravnavanji.
- Opazili smo jasen sezonski potek zmanjševanja vsebnosti fosforja in kalija v listih ne glede na obravnavanja. Zmanjšane vsebnosti hranil v listih bi lahko bile posledica razredčitvenega učinka, ki nastane z rastjo in staranjem listov ter z redistribucijo hranil do drugih organov. Sklepamo lahko, da obstaja velika afiniteta plodov (ponorov) za ta elementa, kar bi lahko delno potrdili z dejstvom, da po obiranju nismo zaznali dodatnega padanja vsebnosti kalija v listih pri sorti 'Zlati delišes' (2004), ki je znana po velikih vsebnostih kalija v plodovih.
- Fosfor in kalij kljub majhni vsebnosti v listih (K v območju pomanjkanja in P na spodnji meji priporočil) vseh obravnavanj nista negativno vplivala na fotosintezno aktivnost in kapaciteto listov, čeprav so bile izmerjene vrednosti fotosinteze pri sorti 'Zlati delišes' v letu 2004 precej manjše kot pri sorti 'Elstar'.
- Vrednosti fotosinteze so sledile sezonskemu poteku; fotosinteza je do konca julija naraščala in se nato proti oktobru zmanjševala. Aplikacija fosforja in kalija ni imela značilnega vpliva na fotosintezno aktivnost, transpiracijo, učinkovitost izrabe vode ali fotosintezno kapaciteto listov. To lahko trdimo kljub temu, da so večkrat gnojena drevesa v primerjavi z manjkrat in negnojenimi pri sorti 'Elstar' imela po obiranju manjšo fotostintezo, pri sorti 'Zlati delišes' pa večjo.
- Gnojenje s PK pripravkom, ne glede na termin ali pogostnost aplikacij, ni izkazalo nobenega vpliva na vsebnost posameznih ali skupnih ogljikovih hidratov v listih. Vsebnosti sorbitola, saharoze, fruktoze in glukoze so bile med obravnavanji zelo izenačene.



- Vsebnost skupnih topnih ogljikovih hidratov (predvsem pa saharoze) v plodovih se je z zorenjem pri obeh sortah povečevala. Genotipske razlike med sortama so opazne predvsem v deležih posameznih sladkorjev v plodovih, saj pri sorti 'Elstar' prevladuje saharoza, pri sorti 'Zlati delišes' pa fruktoza.
- Vpliva gnojenja na povečanje vsebnosti topnih ogljikovih hidratov v plodovih ne moremo potrditi, čeprav smo pri sorti 'Elstar' v letu 2005 izmerili razliko v vsebnosti skupnih topnih ogljikovih hidratov med največkrat gnojenimi in negnojenimi drevesi.
- Značilno večja izmerjena vsebnost P v listih največkrat gnojenih dreves (PK10) pri sorti 'Zlati delišes' bi lahko bila razlog za večje vsebnosti saharoze in sorbitola (značilno) v plodovih ob obiranju.
- Vsebnost organskih kislin v plodovih se v času zorenja zelo malo spreminja. Foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem nakazuje na potencialne vplive na vsebnost organskih kislin v plodovih. Pri sorti 'Zlati delišes' smo pri največkrat gnojenih obravnavanjih izmerili največje vsebnosti jabolčne kisline v obeh letih, v letu 2004 so bile razlike med obravnavanji statistično značilne. Predvidevamo, da bi bili rezultati drugačni v kolikor bi vsebnosti K v listih vseh obravnavanj predhodno dosegale priporočene vrednosti. Na vsebnost šikimske in fumarne kisline gnojenje ni imelo vpliva. Pri sorti 'Elstar' je bil vpliv gnojenja izražen ob obiranju v letu 2005, ko so plodovi nazadnje gnojenih (PK7 in PK3K) vsebovali manj fumarne kisline kot plodovi kontrolnih obravnavanj. Povečane vsebnosti fumarne kisline lahko vplivajo na slabše skladiščne lastnosti plodov. Pri tej sorti nismo izmerili razlik v vsebnosti jabolčne in šikimske kisline.
- Foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem značilno vpliva na intenziteto rdeče barve jabolk ob obiranju pri sorti 'Elstar'. Po parametrih CIEL\*a\*b\* so imeli plodovi največkrat gnojenega obravnavanja (PK7) najbolj rdeče obarvano povrhnjico. Razlike so bile statistično značilne v primerjavi s KON in PK3Z, iz česar smo lahko sklepali, da je poleg števila aplikacij pomemben tudi termin aplikacij gnojila. Obravnavanji PK7 in PK3K smo gnojili še dva tedna pred obiranjem in pri obeh so bili plodovi izraziteje obarvani.

Naša raziskava je pokazala, da so bili odzivi rastlin na foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem zelo majhni. Za natančnejše ovrednotenje tega agrotehničnega ukrepa bi bilo v prihodnje smiselno preizkusiti podobne druge pripravke, jih med sabo primerjati ter nadalje določiti tudi vsebnosti in razmerja hranil v listih in plodovih (N, K, P, Ca, Mg ...). Iz rezultatov lahko sklepamo, da foliarno gnojenje predstavlja dopolnilno ali korekcijsko obliko gnojenja, v prvi vrsti pa je najpomembnejše talno gnojenje. Nujno bi bilo vsa obravnavanja pognojiti z zmerno količino dušika za zagotovitev optimalnih razmer za rast in razvoj rastlin ter večkrat v letu opraviti tudi analizo tal. Za meritve izmenjave plinov bi v okviru zmožnosti predlagali simultana merjenja z več napravami, v izogib potencialnim napakam meritev zaradi spreminjajočih se zunanjih vplivov.

## 7 POVZETEK (SUMMARY)

### 7.1 POVZETEK

Gnojenje je najpomembnejši in najlažje določljiv dejavnik, ki vpliva na prehransko vrednost in ostale kakovostne parametre plodov. Način, količina in pogostnost gnojenja neposredno vplivajo na dostopnost hranil in posredno na fiziologijo rastlin in biosintezo primarnih in sekundarnih metabolitov v rastlini. Poskus smo izvajali v letih 2004 in 2005, da bi ugotovili, kako foliarno gnojenje jablan s fosforjem in kalijem vpliva na nekatere fiziološke procese (fotosinteza, transpiracija) in biokemično sestavo (vsebnost ogljikovih hidratov, organskih kislin) izbranih organov jabolane. Proučevali smo sorti 'Elstar' in 'Zlati delišes', ki sta v domačem sortimentu pogosto zastopani in se med sabo razlikujeta po morfoloških, še bolj pa po pomoloških lastnostih plodov.

V poskus smo vključili štiri obravnavanja in v vsako obravnavanje pet dreves (4 x 5). Obravnavanja so se med sabo razlikovala po pogostnosti ter terminih dodajanja foliarnega gnojila Hascon M10 AD. V letu 2004 smo spremljali vpliv pogostnosti foliarnega gnojenja 7x (10x) oziroma 3x pred obiranjem. Enemu od 3x foliarno gnojenih obravnavanj smo ob začetku raste dobe (18. 05. 2004) dodali talno gnojilo NPK. V letu 2005 je cilj poskusa ostal enak, le da smo izločili obravnavanje s talnim gnojenjem, namesto tega pa dodali obravnavanje s 3x foliarnim gnojenjem ob začetku rasti plodov. Gnojenja so potekala od sredine julija do 14 dni pred obiranjem za posamezno sorto.

Ugotovili smo, da foliarne aplikacije gnojila v povprečju niso vplivale na povečanje vsebnosti fosforja in kalija v listih. Vsebnosti kalija v listih so pri obeh sortah ostale pod priporočenimi, ne glede na obravnavanje. Manjše vplive na povečanje vsebnosti fosforja v listih pa smo izmerili v letu 2005 pri največkrat gnojenem obravnavanju. Opazili smo jasen sezonski potek v zmanjševanju vsebnosti fosforja in kalija v listih ne glede na obravnavanja, kar je lahko posledica razredčitvenega učinka ali pa velike afinitete plodov (ponorov) za ta elementa. Fosfor in kalij kljub majhni vsebnosti v listih nista negativno vplivala na fotosintezno aktivnost in kapaciteto listov.

Aplikacija fosforja in kalija ni imela značilnega vpliva na fotosintezno aktivnost, transpiracijo, učinkovitost izrabe vode ali fotosintezno kapaciteto listov, z izjemo ene meritve, ko so večkrat gnojena drevesa pri sorti 'Elstar' imela po obiranju manjšo fotosintezo, pri sorti 'Zlati delišes' pa večjo.

Gnojenje s PK pripravkom, ne glede na termin ali pogostnost aplikacij, ni izkazalo nobenega vpliva na vsebnost posameznih ali skupnih ogljikovih hidratov v listih, saj so bile vsebnosti sorbitola, saharoze, fruktoze in glukoze med obravnavanji zelo izenačene.

Vsebnost saharoze in posledično skupnih ogljikovih hidratov v plodovih se je z zorenjem pri obeh sortah povečevala. Genotipske razlike med sortama so bile opazne predvsem v deležih posameznih sladkorjev v plodovih, saj pri sorti 'Elstar' prevladuje saharoza, pri sorti 'Zlati delišes' pa fruktoza.

Vpliva gnojenja na povečanje vsebnosti topnih ogljikovih hidratov v plodovih tudi pri sorti 'Elstar' nismo mogli potrditi, čeprav smo v letu 2005 izmerili razliko v vsebnosti skupnih topnih ogljikovih hidratov med največkrat gnojenimi in negnojenimi drevesi. Značilno večja izmerjena vsebnost P v listih največkrat gnojenih dreves (PK10) pri sorti 'Zlati delišes' pa bi lahko bila razlog za večje vsebnosti saharoze in sorbitola (značilno) v plodovih ob obiranju.

Foliarno gnojenje s fosforjem in kalijem nakazuje na potencialne vplive na vsebnost organskih kislin v plodovih. Pri sorti 'Zlati delišes' smo pri največkrat gnojenih obravnavanjih izmerili največje vsebnosti jabočne kisline v obeh letih. Pri sorti 'Elstar' je bil vpliv gnojenja izražen ob obiranju v letu 2005, ko so plodovi nazadnje gnojenih obravnavanj vsebovali manj fumarne kisline kot plodovi kontrolnih obravnavanj. Vplivov na jabolčno in šikimsko kislino nismo potrdili.

Večkratno gnojenje s PK in proti koncu zorenja pri sorti 'Elstar' je značilno vplivalo na intenziteto rdeče barve jabolok ob obiranju. Ugotovili smo, da pogostnost in termin foliarno dodanega pripravka PK na večino spremljanih parametrov pri sortah 'Elstar' in 'Zlati delišes' nista imela bistvenega vpliva, glavni dokazan učinek je bila le drugačna obarvanost plodov pri sorti 'Elstar'.

Kljub temu, da sta bila učinkovitost in vpliv PK foliarnega gnojila v našem poskusu relativno majhna, bi bilo podobne poskuse pri pridelavi sadja z določenimi prilagoditvami smiselno nadaljevati v prihodnje, saj lahko foliarno gnojenje predstavlja pomembno dopolnilno ali korekcijsko obliko gnojenja.

## 7.2 SUMMARY

Fertilization is the most important and controllable factor affecting the nutritional value and other quality parameters of fruits. The type of fertilizer, the level and frequency of application directly influence the level of nutrients available in plants and indirectly affect plant physiology and the biosynthesis of primary and secondary metabolites in plants. The experiment was carried out in 2004 and 2005 to evaluate the influence of foliar fertilization with phosphorus and potassium on some physiological processes (photosynthesis, transpiration) and biochemical composition (carbohydrates and organic acids content) of certain apple (*Malus domestica* Borkh.) organs. The measurements were undertaken on the apple tree cultivars 'Elstar' and 'Golden Delicious', which are widespread grown cultivars in Slovenia and their fruits differ morphologically and far more pomologically.

The experiment encompassed four treatments and each treatment five trees (4 x 5). The treatments differed in timing and frequency of foliarly applied fertilizer HASCON M10 AD. In 2004, we observed the influence of foliar fertilization frequency 7x (10x) or 3x before harvest. At the beginning of the growing season (18/05/2004) an additional NPK fertilizer was added to the soil for one of 3x foliarly fertilized treatments. In 2005, the objective of the experiment remained the same, except we excluded the additional NPK treatment, and instead added the treatment with 3x foliar fertilization at the beginning of fruit growth. Fertilization took place from mid-July until 14 days before harvest for each variety.

Foliar application of fertilizer on average exhibited relatively low effectiveness on leaf phosphorus and potassium content enhancement. The potassium content in leaves for both varieties remained below recommendations, regardless of the treatment. Minor influences on leaf phosphorus enhancement were measured in 2005 for the most fertilized treatment. A clear seasonal trend in the reduction of phosphorus and potassium leaf content regardless of the treatment was observed, which can be related to dilution effect or implies that there is a great fruit (sinks) affinity for these elements. In spite of small phosphorus and potassium leaf contents, no negative influence on photosynthetic activity or capacity was observed.

The application of phosphorus and potassium showed no significant influence on photosynthetic activity, transpiration, water use efficiency or photosynthetic capacity of leaves, with the exception of one measurement, where the utmost fertilized trees of 'Elstar' had lower and of 'Golden Delicious' higher photosynthesis after harvest.

PK spraying, irrespective of the dates or frequency of applications, had no influence on the content of individual or total carbohydrates in leaves. Sorbitol, sucrose, fructose and glucose contents did not vary much between treatments.

Towards the end of the growing season sucrose and consequently the total carbohydrate content in fruits of both varieties increased. Genotypic differences between varieties are evident, primarily in the shares of fruit individual sugars, for sucrose is predominant sugar in 'Elstar' and fructose in 'Golden Delicious'.

Although some differences in the levels of total soluble carbohydrates between the utmost fertilized and unfertilized trees in 2005 for 'Elstar' were measured, it can not be confirmed that foliar fertilization increases the content of fruit soluble carbohydrates. Significantly the higher P content in leaves of utmost fertilized trees (PK10) of 'Golden Delicious' could correlate with higher levels of fruit sucrose and sorbitol (significant) at harvest.

Foliar fertilization with phosphorus and potassium indicate a potential impact on the fruit organic acids content. In both years the utmost fertilized treatments of 'Golden Delicious' had the highest contents of malic acid content. In the variety 'Elstar', the impact of fertilization was expressed at harvest in 2005. The fruits of treatments that were fertilized last contained less fumaric acid compared to control treatment. No other impacts of fertilization on malic and shikimic acid contents were confirmed.

The intensity of red apple coloration of 'Elstar' at harvest was affected significantly by repeated PK fertilization and fertilization towards harvest. It was concluded that the frequency and timing of foliar PK applications had no significant influence on the majority of monitored parameters for 'Elstar' and 'Golden Delicious'. Differences in the intensity of red coloration of 'Elstar' demonstrated the most positive influence of the applied fertilizer.

Despite relatively low efficiency and impact of PK foliar fertilizer from our study, similar experiments with some modifications in the future of fruit production should be taken into account, since foliar fertilization may represent a significant form of complementary or corrective fertilization.

## 8 VIRI

- Adams E., Shin R. 2014. Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56, 3: 231-249
- Aichner M., Stimpfl E. 2002. Seasonal pattern and interpretation of mineral nutrition concentrations in apple leaves. *Acta Horticulturae*, 594: 377-382
- Amiri M.E., Fallahi E. 2009. Impact of animal manure on soil chemistry, mineral nutrients, yield, and fruit quality in 'Golden Delicious' apple. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 610-617
- Amtmann A., Troufflard S., Armengaud P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*, 133: 682-691
- Analytical methods: Analysis of plant tissue: Dry ashing. 1982. V: Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Perkin-Elmer, Ay-4
- Aschan G., Pfanz H. 2003. Non-foliar photosynthesis – a strategy of additional carbon acquisition. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 198, 2: 81-97
- Atkinson D. 1983. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. *Plant and Soil*, 71: 23-35
- Awad M.A., de Jager, A. 2002. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in 'Jonagold' apple skin: Influences of growth regulators and fruit maturity. *Scientia Horticulturae*, 93: 257–266
- Bae R., Kim K. 2006. Anatomical observations of anthocyanin rich cells in apple skins. *HortScience*, 41: 733-736
- Basile B., Reidel E.J., Weinbaum S.A., DeJong T.M. 2003. Leaf potassium concentration, CO<sub>2</sub> exchange and light interception in almond trees (*Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb). *Scientia Horticulturae*, 98: 185-194
- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Jena, Gustav Fischer Verlag: 741 str.
- Berüter J. 1985. Sugar accumulation and changes in the activities of related enzymes during development of the apple fruit. *Journal of Plant Physiology*, 121: 331-341
- Berüter J. 2004. Carbohydrate metabolism in two apple genotypes that differ in malate accumulation. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1011-1029
- Bieleski R.L., Redgwell R.J. 1985. Sorbitol versus sucrose as photosynthesis and translocation products in developing apricot leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12: 657-668

- Bizjak J., Weber N., Mikulič-Petkovšek M., Slatnar A., Štampar F., Alam Z., Stich K., Halbwirth H., Veberič R. 2013. Influence of Phostrade Ca on color development and anthocyanin content of 'Braeburn' apple (*Malus domestica* Borkh.). HortScience, 48, 2: 193-199
- Blanke M.M., Lenz F. 1989. Fruit photosynthesis. Plant, Cell and Environment, 12: 31-46
- Buwalda J.G., Lenz F. 1992. Effect of cropping, nutrition and water supply on accumulation and distribution of biomass and nutrients for apple trees on 'M9' root systems. Physiologia Plantarum, 84: 21-28
- Caballero R., Arauzo M., Hernaiz J.P. 1996. Accumulation and redistribution of mineral elements in common vetch pod filling. Agronomy Journal, 88: 801-805
- Cakmak I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 521-530
- Casero T., Benavides A., Puy J., Recasens I. 2004. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoother apples using multivariate regression techniques. Journal of plant nutrition, 27, 2: 313-324
- Chang C., Li C., Li C.-Y., Kang X.-Y., Zou Y.-J., Ma F.-W. 2014. Differences in the efficiency of potassium (K) uptake and use in five apple rootstock genotypes. Journal of Integrative Agriculture, 13, 9: 1934-1942
- Chapagain B.P., Wiesman Z. 2004. Effect of Nutri-Vant-PeaK foliar spray on plant development, yield, and fruit quality in greenhouse tomatoes. Scientia Horticulturae, 102: 177-188
- Chen K., Hu G.Q., Lenz F. 2002. Effect of doubled atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on apple trees III. carbohydrate production. Gartenbauwissenschaft, 67, 2: 65-71
- Chen X.W., Wu F.Y., Li H., Chan W.F., Wu C., Wu S.C., Wong M.H. 2013. Phosphate transporters expression in rice (*Oryza sativa* L.) associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) colonization under different levels of arsenate stress. Environmental and Experimental Botany, 87: 92-99
- Cheng L., Luo X. 1997. Diurnal and seasonal stomatal regulation of water use efficiency in leaves of field-grown apple trees. Acta Horticulturae. 451: 375-382
- Cheng L., Zhou R., Reidel E.J., Sharkey T.D., Dandekar A.M. 2005. Antisense inhibition of sorbitol synthesis leads to up-regulation of starch synthesis without altering CO<sub>2</sub> assimilation in apple leaves. Planta, 220: 767-776
- Chiera J., Thomas J., Rufty T. 2002. Leaf initiation and development in soybean under phosphorus stress. Journal of experimental Botany, 53: 473-481
- Choi H.-S., Rom C.R., Mengmeng G. 2011. Effects of different organic apple production systems on seasonal nutrient variations of soil and leaf. Scientia Horticulturae, 129: 9-17

- Chong C., Taper C.D. 1971. Daily variation of sorbitol and related carbohydrates in *Malus* leaves. *Canadian Journal of Botany*, 49: 173-177
- Cordenunsi B.R., Nascimento J.R.O., Genovese M.I., Lljajalo F.M. 2002. Influence of cultivation quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2581-2586
- Dolenc K., Štampar F. 1997. An investigation of the application and conditions of analyses of HPLC methods for determining of sugars and organic acids in fruits. *Research Reports of Biotechnical Faculty, University of Ljubljana*, 69: 99-106
- Dragoni D., Lakso A.N., Piccioni R.M. 2004. Transpiration of an apple orchard in a cool humid climate: measurement and modeling. *Acta Horticulturae*, 664: 175-180
- Eichert T., Burkhardt J., Goldbach H.E. 2002. Some factors controlling stomatal uptake. *Proc. IS on Foliar Nutrition. Acta Horticulturae*, 594: 85-90
- Eichert T., Fernandez V. 2012. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. V: *Marschner's Mineral nutrition of higher plants*. 3. izdaja. Academic Press: 71-84
- Eichert T., Goldbach H.E. 2008. Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces – further evidence for a stomatal pathway. *Physiologia Plantarum*, 132: 491-502
- El-Fouly M.M. 2002. Quality of foliar fertilizers. *Acta Horticulturae*, 594: 277-281
- Ernani P.R., Amarante C.V.T., Dias J., Bessegato A.A. 2002. Preharvest calcium sprays improve fruit quality of 'Gala' apples in Southern Brazil. *Acta Horticulturae*, 594: 481-486
- Esti M., Cinquanta L., Sinesio F., Moneta E., Di Matteo M. 2002. Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76: 399-405
- Etienne A., Genard M., Lobit P., Mbeguie-A-Mbeguie D., Bugaud C. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64, 6: 1451-1469
- Etxeberria E., Pozueta-Romero J., Gonzales P. 2012. In and out of the plant storage vacuole. *Plant Science*, 190: 52-61
- Fabčič J. 2004. Vpliv dušika na vsebnost sladkorjev in kislin v različnih organih jabolane (*Malus domestica* Borkh.). Uni. Diploma. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 67 str.
- Fageria N.K., Barbosa M.P., Moreira A., Guimaraes C.M. 2009. Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1044-1064



- Faust M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York, John Wiley and Sons: 338 str.
- Feng F., Li M., Ma F., Cheng L. 2014. Effects of location within the tree canopy on carbohydrates, organic acids, amino acids and phenolic compounds in the fruit peel and flesh from three apple (*Malus x domestica*) cultivars. Horticulture Research, 1: 1-7
- Fernandez V., Eichert T. 2009. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. Critical Reviews in Plant Sciences, 28: 36-68
- Fernandez V., Guzman P., Peirce C.A.E., McBeath T.M., Khayet M., Mclaughlin M.J. 2014. Effect of wheat phosphorus status on leaf surface properties and permeability to foliar-applied phosphorus. Plant and Soil, 384: 7-20
- Flore J.A., Lakso A.N. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. Horticulture Review, 11: 111-157
- Freeden A.L., Rao I.M., Terry N. 1989. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycine max. Plant Physiology, 89: 225-230
- Funke K., Blanke M.M. 2006. Farb- und Fruchtqualitätsverbesserung bei Äpfeln mit Monophosphat und Extenday. Erwerbs-Obstbau, 48: 121–129
- Geiger D.R., Servaites J.C. 1994. Diurnal regulation of photosynthetic carbon metabolism in C3 plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 45: 235-256
- Genard M., Reich M., Lobit P., Besset J. 1999. Correlations between sugar and acid content and peach growth. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 74: 772-776
- Gerke J. 2015. The acquisition of phosphate by higher plants: Effect of carboxylate release by the roots. A critical review. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 178: 351-364
- Giuliani R., Nerozzi F., Magnanini E., Corelli-Grabadelli L. 1997. Influence of environmental and plant factors on canopy photosynthesis and transpiration of apple trees. Tree Physiology. 17: 637-645
- Godec B., Hudina M., Usenik V., Koron D., Solar A., Vesel V., Stopar M. 2015. Sadni izbor za Slovenijo 2014. Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana: 73 str.
- Gomez-Cordoves, C., F. Varela, C. Larrigaudiere, and M. Vendrell. 1996. Effect of ethephon and Seniphos treatments on the anthocyanin composition of Starking apples. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 3449–3452
- Halsted M., Lynch J. 1996. Phosphorus responses of C3 and C4 species. Journal of Experimental Botany, 47: 497-505

- Harker F., Marsh K., Young H., Murray S., Gunson F., Walker S. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24: 241-250
- Higgins S.S., Larsen F.E., Bendel R.B., Rademaker G.K., Bassman J.H., Bidlake W.R., Al Wir A. 1992. Comparative gas exchange characteristics of potted, glasshouse-grown, almond, apple, fig, grape, olive, peach and Asian pear. *Scientia Horticulturae*, 52: 313-329
- Hudina M. 1999. Vpliv vodnega režima, prehrane, listne površine in rastne dobe na vsebnost sladkorjev in organskih kislin v hruškah (*Pyrus communis* L.) cv. 'Viljamovka'. Doktorska disertacija. Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo: 151 str.
- Hudina M., Štampar F. 2000. Influence of water regimes and mineral contents in soil upon the contents of minerals, sugars and organic acids in pear fruits (*Pyrus communis* L.) cv.'Williams'. *Phyton*, 40: 91-96
- Hudina M., Štampar F. 2005. The correlation of the pear (*Pyrus communis* L.) cv. 'Williams' yield quality to the foliar nutrition and water regime. *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 2: 179-185
- Jackson J.E. 2003. *Biology of apples and pears*. Cambridge University Press: 488 str.
- Jakopič J., Veberič R., Zupančič K., Štampar F. 2007. Influence of nitrogen on the contents of carbohydrates and organic acids in apples (*Malus domestica* Borkh.) cv. 'Golden Delicious'. *European Journal of Horticultural Science*, 72: 66-72
- Jazbec M., Vrabl S., Juvanc J., Babnik M., Koron D. 1995. *Sadni vrt*. Ljubljana, Kmečki glas: 375 str.
- Johnson R.S., Rosecrance R., Weinbaum S., Andris H., Wang J. 2001. Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early-maturing peach? *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126: 364-370
- Johnson, D.S. 2000. Mineral composition, harvest maturity and storage quality of 'Red Pippin', 'Gala' and 'Jonagold' apples. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 75: 697-704
- Jones H.G. 1989. Partitioning stomatal and non-stomatal limitations to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*, 8: 95-104
- Kafkas E., Koşar M., Paydaş S., Kafkas S., Başer K.H.C. 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100: 1229-1236
- Kanamaru N., Ito Y., Komori S., Saito M., Kato H., Takahashi S., Omura M., Soejima J., Shiratake K., Yamada K., Yamaki S. 2004. Transgenic apple transformed by sorbitol-6-phosphate dehydrogenase cDNA, Switch between sorbitol and sucrose supply due to its gene expression. *Plant Science*, 167: 55-61

- Kays S.J. 1999. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 233-247
- Lakso A.N., Wünsche J. N., Palmer J. W., Corelli Grappadelli L. 1999. Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree. *HortScience*, 34: 1040-1047
- Lancaster J.E. 1992. Regulation Of Skin Color In Apples. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10, 6: 487-502
- Li, Z., H. Gemma, and S. Iwahori. 2002. Stimulation of 'Fuji' apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. *Scientia Horticulturae*, 94: 193-199
- Liebersbach H., Steingrobe B., Claassen N. 2004. Roots regulate ion transport in the rhizosphere to counteract reduced mobility in dry soil. *Plant Soil*, 260: 79-88
- Liebrand J.T. 1992. Acidulants. *Encyclopedia of food science and technology*, 1: 1-6
- Liu Y., Zhang X., Zhao Z. 2013. Effects of fruit bagging on anthocyanins, sugars, organic acids, and color properties of 'Granny Smith' and 'Golden delicious' during fruit maturation. *European Food Research and Technology*, 236: 329-339
- Lo Bianco R., Rieger M., Sung S.-J.S. 2000. Effect of drought on sorbitol and sucrose metabolism in sinks and sources of peach. *Physiologia Plantarum*, 108: 71-78
- Lobit P., Genard M., Wu B.H., Soing P., Habib R. 2003. Modelling citrate metabolism in fruits: responses to growth and temperature. *Journal of Experimental Botany*, 54: 2489-2501
- Loescher W.H. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants. *Physiologia Plantarum*, 70: 553-557
- Lopez-Bucio J., Nieto-Jacobo M.F., Ramirez-Rodriguez V., Herrera-Estrella L. 2000. Organic acid metabolism in plants: from adaptative physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science*, 160: 1-13
- Lovatt C.J. 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. *HortTechnology*, 9: 607-612
- Marschner H. 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3. izdaja. Academic Press, UK: 651 str.
- Massonet C., Costes E., Rambal S., Dreyer E., Regnard J.L. 2007. Stomatal regulation of photosynthesis in apple leaves: Evidence for different water-use strategies between two cultivars. *Annals of Botany*, 100: 1347-1356
- McGuire, R.G. 1992. Reporting objective colour measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255

- Mengel K. 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horticulturae*, 594: 33-47
- Mengel K., Kirkby E.A. 2001 Principles of plant nutrition. 5 izdaja. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 849 str.
- Meteorološki podatki za 2004 in 2005. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje. Izpis iz baze podatkov, maj 2006
- Mikulič Petkovšek M., Štampar F., Veberič R. 2007. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 114: 37-44
- Moing A., Escobar-Gutierrez A., Gaudillere J.P. 1994. Modeling carbon export out of mature peach leaves. *Plant Physiology*, 106: 591-600
- Morvai M., Molnar Perl I. 1992. Simultaneous gas-chromatographic quantitation of sugars and acids in citrus-fruits, pears, bananas, grapes, apples and tomatoes. *Chromatographia*, 9-10, 34: 502-504
- Nachtigall G.R., Dechen A.R. 2006. Seasonality of nutrients in leaves and fruits of apple trees. *Scientia Agricola*, 63, 5: 493-501
- Neilsen D., Neilsen G.H. 1999. Timing of nutrient applications in apple orchards using fertigation. *Better crops*, 83, 3: 18-19
- Obana Y., Omoto D., Kato C., Matsumoto K., Nagai Y., Kavakli I.H., Hamada S., Edwards G.E., Okita T.W., Matsui H., Ito H. 2006 Enhanced turnover of transitory starch by expression of up-regulated ADP-glucose pyrophosphorylases in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Science*, 170: 1-11
- Ocheltree T.W., Nippert J.B., Prasad P.V.V. 2014. Stomatal responses to changes in vapor pressure deficit reflect tissue-specific differences in hydraulic conductance. *Plant, Cell and Environment*, 37: 132-139
- Oliveira C.M., Priestley C.A. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*, 10: 403-430
- Pan Q., Wang Z., Quebedeaux B. 1998. Response of the apple plant to CO<sub>2</sub> enrichment: changes in photosynthesis, sorbitol, and other soluble sugars, and starch. *Australian Journal of Plant Physiology*, 25: 293-297
- Paul M.J., Foyer C.H. 2001. Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 52, 360: 1383-1400
- Peirce C.A.E., McBeath T.M., Fernández V., McLaughlin M.J. 2014. Wheat leaf properties affecting the uptake and translocation of foliar applied phosphorus. *Plant and Soil*, 384: 37-51

- Pfanz H., Aschan G., Langenfeld-Heysen R., Wittmann C., Loose M. 2002. Ecology and ecophysiology of tree stems: cuticular and wood photosynthesis. *Naturwissenschaften*, 89: 147-162
- Pieters A.J., Paul M.J., Lawlor D.W. 2001. Low sink demand limits photosynthesis under Pi deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 358, 52: 1083-1091
- Porro D., Dorigatti C., Ramponi M. 2002. Can foliar application modify nutritional status and improve fruit quality? Results on apple in Northeastern Italy. *Acta Horticulturae*, 594: 521-526
- Pretorius J.J.B., Wand S.J.E. 2003. Late-season stomatal sensitivity to microclimate is influenced by sink strength and soil moisture stress in 'Braestar' apple trees in South Africa. *Scientia Horticulturae*, 98: 1-15
- Prša I. 2012. Vpliv amonijevega nitrata na izbrane fiziološke procese v listih in plodovih različnih sort jablan (*Malus domestica* Borkh.). Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 85 str.
- Radi M., Mahrouz M., Jaouad A., Amiot M.J. 2003. Influence of mineral fertilization (NPK) on the quality of apricot fruit (cv. Canino). The effect of the mode of nitrogen supply. *Agronomie*, 23: 737-745
- Raese J.T. 2002. Phosphorus deficiency symptoms in leaves of apple and pear trees as influenced by available soil phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 3-4: 461-477
- Raghothama K.G. 2000b. Phosphate transport and signaling. *Current opinion in plant biology*, 3: 182-187
- Raghothama, K.G. 2000a. Phosphate acquisition. *Trends in plant science*, 5, 10: 412-413
- Raghothama K.G., Kartikeyan A.S. 2005. Phosphate acquisition. *Plant Soil*, 274: 37-49
- Ruhl E.H. 1989. Effect of potassium and nitrogen supply on the distribution of minerals and organic acids and the composition of grape juice of Sultana vines. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29: 133-137
- Saradhulhat P., Pauli R.E. 2007. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 112: 297-303
- Schneider A., Häusler R.E., Kolukisaoglu U., Kunze R., van der Graaff E., Schwacke R., Catoni E., Desimone M., Flügge U.I. 2002. An *Arabidopsis thaliana* knock-out mutant of the chloroplast triose phosphate/phosphate translocator is severely compromised only when starch synthesis, but not starch mobilisation is abolished. *The Plant Journal*, 32: 685-699
- Schönherr J. 2002. Foliar nutrition using inorganic salts: Laws of cuticular penetration. *Acta Horticulturae*, 594: 77-84

- Smith F.W., Mudge S.R., Rae A.L., Glassop D. 2003. Phosphate transport in plants. *Plant and Soil*, 248: 71-83
- Southwick S.M., Olson W., Yesger J., Weis K.G. 1996. Optimum timing of potassium nitrate spray application to 'french' prune trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121: 326-333
- Steffens D., Leppin T., Luschin-Ebengreuth N., Yang Z.M., Schubert S. 2010. Organic soil phosphorus considerably contributes to plant nutrition but is neglected by routine soil-testing methods. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, 173: 765-771
- Stitt M., Quick W.P. 1989. Photosynthetic carbon partitioning: its regulation and possibilities for manipulation. *Physiologia Plantarum*, 77, 4: 633-641
- Sweetman C., Deluc L.G., Cramer G.R., Ford C.M., Soole K.L. 2009. Regulation of malate metabolism in grape berry and other developing fruits. *Phytochemistry*, 70: 1329-1344
- Swietlik D., Korcak R.F., Faust M. 1982. Effect of mineral nutrient sprays on photosynthesis and stomatal opening of water-stressed and unstressed apple seedlings II. Potassium sulphate sprays. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 107: 568-572
- Štampar F., Hudina M., Dolenc K. 1998. Foliarno gnojenje jablan - večji in kakovostnejši pridelki. *SAD*, 9, 4: 9-14
- Štampar F., Hudina M., Usenik V., Šturm K., Veber G. Experience with foliar nutrition in apple orchard. 2002. *Acta Horticulturae*, 594: 547-552
- Štampar F., Šturm K., Hudina M., Usenik V. 2000. Foliar fertilization in apple orchards. V: *Convegno su: "Prospettive dell'ortofrutticoltura e della viticoltura dell'arco alpino nel terzo millennio"*, Codroipo, 8-10 novembre 2000. Gorizia, Ente Regionale per la Promozione e lo Sviluppo: 417-420
- Štefanič D. 2003. Vpliv foliarnega gnojenja s fosforjem in kalijem na vsebnost nekaterih ogljikovih hidratov v listih in plodovih jabolane (*Malus domestica* Borkh.) cv. 'Zlati delišes'. Uni. diploma. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 55 str.
- Šturm K. 2001. Sezonske spremembe v vsebnosti nekaterih primarnih metabolitov v izbranih organih jabolane (*Malus domestica* Borkh.) v odvisnosti od vodnega režima in listne površine dreves. Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 124 str.
- Šturm K., Štampar F. 1999. Seasonal variation of sugars and organic acids in apple (*Malus domestica* Borkh.) in different growing systems. *Journal of Plant Physiology*, 39, 3: 91-96

- Tagliavini M., Scudellari D., Marangoni B., Bastianel A., Franzin F., Zamborlini M. 1992. Leaf mineral composition of apple tree: Sampling date and effects of cultivar and rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 15: 605-619
- Taiz L., Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. 3. izdaja. ZDA, Sinauer Assoc., Inc.: 690 str.
- Tartachnyk I.I., Blanke M.M. 2004. Effect of delayed fruit harvest on photosynthesis, transpiration and nutrient remobilization of apple leaves. *New Phytologist*, 164: 441-450
- Tekaya M., Mechri B., Cheheb H., Attia F., Chraief I., Ayachi M., Boujneh D., Hammami M. 2014. Changes in the profiles of mineral elements, phenols, tocopherols and soluble carbohydrates of olive fruit following foliar nutrient fertilization. *Food Science and Technology*, 59: 1047-1053
- Terhoeven-Urselmans A., Blanke M.M. 1999. Post-harvest photosynthesis of apple leaves. *Gartenbauwissenschaft*, 64, 5: 233-238
- Thomas D.S., Montagu K.D., Conroy J.P. 2006. Leaf inorganic phosphorus as a potential indicator of phosphorus status, photosynthesis and growth of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Forest Ecology and Management*, 223: 267-274
- Tojnko S., Ternar T., Čmelik Z. 2002. Effect of foliar application and fertigation with some nutrients on fruit mineral content of young 'Golden Delicious' apple trees. *Acta Horticulturae*, 594: 185-189
- Turgeon R. 1989. The sink-source transition in leaves. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40: 119-138
- Veberič R., Zadavec P., Štampar F. 2007. Fruit quality of 'Fuji' apple (*Malus domestica* Borkh.) strains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87: 593-599
- Veberič R. 2003. Vpliv fosforjevih in kalijevih spojin na fotosintezno aktivnost listov ter metabolizem nekaterih ogljikovih hidratov pri jabolani (*Malus domestica* Borkh.). Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 98 str.
- Veberič R., Štampar F., Vodnik D. 2002. Autumn photosynthesis of 'Golden Delicious' apple trees – the effects of picking and fertilization treatment. *Gartenbauwissenschaft*, 67: 92-98
- Veberič R., Vodnik D., Štampar F. 2005. Influence of foliar-applied phosphorus and potassium on photosynthesis and transpiration of 'Golden Delicious' apple leaves (*Malus domestica* Borkh.). *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 1: 143-155
- Vemmos S. N. 1995. Carbohydrate changes in flowers, leaves, shoots and spurs of 'Cox's orange pippin' apple during flowering and fruit setting periods. *The Journal of Horticultural Science*, 70, 6: 889-900
- Viršček Marn M., Stopar M. 1998. Sorte jabolok. Ljubljana, Kmečki glas: 211 str.

- Vodnik D. 2004. Meritve fotosinteze sadnih rastlin. V: Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24.-26. marec 2004: 119-123
- Walters R.G., Ibrahim D.G., Horton P., Kruger N.J. 2004. A mutant of *Arabidopsis* lacking the triose-phosphate/phosphate translocator reveals metabolic regulation of starch breakdown in the light. *Plant Physiology*, 135: 891-906
- Wang G.-Y., Zhang X.-Z., Wang Y., Xu X.-F., Han Z.-H. 2015a. Key minerals influencing apple quality in Chinese orchard identified by nutritional diagnosis of leaf and soil analysis. *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 5: 864-874
- Wang X., Zhao X., Jiang C., Li C., Cong S., Wu D., Chen Y., Yu H., Wang C. 2015b. Effects of potassium deficiency on photosynthesis and photoprotection mechanisms in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) *Journal of Integrative Agriculture*, 14, 5: 856-863
- Wang Y., Wu W.H. 2013. Potassium transport and signalling in higher plants. *Annu. Rev. Plant Biology*, 64: 451-476
- Wang H., Ma F., Cheng L. 2010. Metabolism of organic acids, nitrogen and amino acids in chlorotic leaves of 'Honeycrisp' apple (*Malus domestica* Borkh) with excessive accumulation of carbohydrates. *Planta*, 232: 511-522
- Wang Z., Pan Q., Quebedeaux B. 1999. Carbon partitioning into sorbitol, sucrose, and starch in source and sink apple leaves as affected by elevated CO<sub>2</sub>. *environmental and Experimental Botany*, 41: 39-46
- Wang Z., Quebedeaux B., Stutte G.W. 1996. Partitioning of [<sup>14</sup>C] glucose into sorbitol and other carbohydrates in leaves, stems and roots of apple. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22: 747-754
- Wang Z., Yuan Z., Quebedeaux B. 1997. Photoperiod alters diurnal carbon partitioning into sorbitol and other carbohydrates in apple. *Australian Journal of Plant Physiology*, 24: 587-597
- Weinbaum S.A. 1988. Foliar nutrition of fruit trees. In: *Plant growth and leaf applied chemicals*. Boca Raton, CRC Press, Inc: 81-100
- Weinbaum S.A., Brown, P.H. Johnson R.S. 2002. Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agrotechnical perspectives. *Acta Horticulturae*, 594: 59-64
- White P.J., George T.S., Hammond J.P., James E.K. 2014. Improving crop mineral nutrition. *Plant and Soil*, 384: 1-5
- Wojcik P., Wojcik M. 2007. Response of mature phosphorus-deficient apple trees to phosphorus fertilization and liming. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 1623-1637
- Wrolstad R.E., Durst R.W., Lee J. 2005. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16: 423-428



- Wu B.H., Genard M., Lescourret F., Gomez L., Li S.H. 2002. Influence of assimilate and water supply on seasonal variation of acids in peach (cv. Suncrest). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1829-1836
- Wu B.H., Genard M., Lobit P., Longuenesse J.J., Lescourret F., Habib R., Li S.H. 2007b. Analysis of citrate accumulation during peach fruit development via a model approach. *Journal of Experimental Botany*, 58: 2583-2594
- Wu B.H., Quilot B., Genard M., Kervella J., Li S.H. 2005. Changes in sugar and organic acid concentrations during fruit maturation in peaches, 'P. davidiana' and hybrids as analyzed by principal component analysis. *Scientia Horticulturae*, 103: 429-439
- Wu J., Gao H., Zhao L., Liao X., Chen F., Wang Z. 2007a. Chemical compositional characterization of some apple cultivars. *Food Chemistry*, 103:88-93
- Yamaki S. 1984. Isolation of vacuoles from immature apple fruit flesh and compartmentation of sugars, organic acids, phenolic compounds and amino acids. *Plant and Cell Physiology*, 25: 151 -166
- Yamaki S., Ishikawa K. 1986. Roles of four sorbitol related enzymes and invertase on the seasonal alteration of sugar metabolism in apple tissue. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 111: 134-137
- Yuan H., Liu D. 2008. Signaling components involved in plant responses to phosphate starvation. *J. Integr. Plant Biology*, 50: 849-859
- Zanotelli D., Rechenmacher M., Guerra W., Cassar A., Tagliavini M. 2014. Seasonal uptake rate dynamics and partitioning of mineral nutrients by bourse shoots of field-grown apple trees. *European Journal of Horticultural Science*, 79, 4: 203-211
- Zhang Y., Li P., Cheng L. 2010. Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh. *Food Chemistry*, 123: 1013-1018
- Zhou R., Sicher R., Quebedeaux B. 2001. Diurnal changes in carbohydrate metabolism in mature apple leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 1143-1150
- Zhou R., Sicher R.C., Cheng L., Quebedeaux B. 2003. Regulation of apple leaf aldose-6-phosphate reductase activity by inorganic phosphate and divalent cations. *Functional Plant Biology*, 30: 1037-1043
- Zhu B., Lu Y.Q., Zhang X.Z., Wang Y., Liu H.P., Han Z.H. 2014. Reduced late-season leaf potassium and phosphorus levels influence decreases in sugar contents of bagged apple fruit. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36: 1577-1584
- Zörb C., Senbayram M., Peiter E. 2014. Potassium in agriculture - status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171: 656-669

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Robertu Veberiču za predloge, koristne nasvete, usmeritve pri poskusu, za vsestransko strokovno in praktično pomoč ter za podporo pri pisanju naloge.

Prav tako se zahvaljujem prof. dr. Franciju Štamparju za vzpodbudne besede v času študija in za recenzijo naloge.

Prof. dr. Dominiku Vodniku se zahvaljujem za vse strokovne in praktične nasvete pri opravljanju meritev v nasadu, za natančen pregled naloge ter vse podane predloge.

Prof. dr. Tatjani Unuk se zahvaljujem za pregled naloge in komentar.

Za pomoč pri delu v vseh letih študija se zahvaljujem sošolcema Igorju Prši in Damijanu Kelcu.

Vsem sodelavcem Katedre za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo ter Katedre za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin se zahvaljujem za praktično pomoč pri izvedbi poskusa in vseh meritev, pri delu v laboratoriju ter za mnoge strokovne nasvete in vzpodbude. Prav posebej se zahvaljujem prof. dr. Maji Mikulič-Petkovšek za nesebično pomoč in prijetno družbo v vseh letih skupnega dela v laboratoriju.

Lepo se zahvaljujem sostanovalcem in prijateljem Stanku, Gorazdu, Marjanu, Borisu, Jerneju in Petru.

Ne nazadnje se zahvaljujem svojim staršem, ženi Špeli, Maksu, Brinu ter sodelavki in prijateljici Aleksandri za razumevanje in potrpežljivost v času pisanja naloge.

Hvaležen sem tudi vsem, ki jih nisem posebej omenil, a so mi kakor koli pomagali do uspešnega zaključka podiplomskega študija in pri nastanku tega dela.

## PRILOGA A

### Rezultati analiz tal

Pril. A1: Rezultati mehanske analize tal z določeno teksturo tal in deležem (%) posameznih frakcij za sadovnjak na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Vir: Laboratorij Centra za Pedologijo in varstvo okolja, BF, Oddelka za agronomijo.

Globina tal	Pesek	Melj grobi	Melj fini	Melj skupni	Glina	Teksturni razred
0-20 cm	25,8	12,5	38,0	50,5	23,7	MI
20-40 cm	16,2	9,2	31,3	40,5	43,3	MG

Pril. A2: Rezultati kemične analize tal (Phosyn Laboratories, Velika Britanija) za sadovnjak na Laboratorijskem polju Biotehniške fakultete.

Vir: Laboratorij Centra za Pedologijo in varstvo okolja, BF, Oddelka za agronomijo.

	Izmerjena vrednost	Priporočena vrednost	Komentar
pH	7,2	6,0	visok
organska snov	5,8 %	3,0 %	normalno
C.E.C.*	16,9 meq/100 g		normalno
fosfor	41 ppm	26 ppm	normalno
kalij	169 ppm	181 ppm	rahlo nizek
žveplo	12 ppm	10 ppm	normalno
kalcij	2497 ppm	1600 ppm	normalno
magnezij	368 ppm	120 ppm	normalno
bor	1,3 ppm	0,8 ppm	normalno
baker	9,8 ppm	2,5 ppm	normalno
železo	339 ppm	250 ppm	normalno
mangan	127 ppm	160 ppm	rahlo nizek
molibden	0,1 ppm	0,3 ppm	nizek
cink	10,6 ppm	5,0 ppm	normalno

\*C.E.C. – kationska izmenjalna kapaciteta

## PRILOGA B

Meteorološki parametri v rasti dobi jablan v letih 2004 in 2005 ter dolgoletne povprečne vrednosti v obdobju 1976-2005 za hidrometeorološko postajo Ljubljana-Bežigrad. V preglednici so prikazani dekadni in mesečni podatki količine padavin ter povprečja temperatur in vlage v zraku (Meteorološki podatki, 2006)

Mesec	Količina padavin [mm]			Povprečna mesečna temperatura zraka [°C]			Povprečna relativna zračna vlaga v zraku [%]		
	2004	2005	dolgoletno povprečje	2004	2005	dolgoletno povprečje	2004	2005	dolgoletno povprečje
1.-10. maj	53,2	39,8		11,8	13,5		77,6	74,3	
11.-20. maj	10,3	56,4		15,3	14,2		62,9	69,9	
21.-31. maj	46,0	1,2		14,9	20,7		61,8	59,4	
<b>MAJ</b>	<b>109,5</b>	<b>97,4</b>	<b>121,5</b>	<b>14,0</b>	<b>16,3</b>	<b>14,6</b>	<b>67,4</b>	<b>67,9</b>	<b>69,8</b>
1.-10. junij	7,4	25,1		18,3	16,0		68,3	63,6	
11.-20. junij	66,8	31,8		18,9	19,6		70,3	69,4	
21.-30. junij	98,0	27,0		19,2	23,1		72,6	69,6	
<b>JUNIJ</b>	<b>172,2</b>	<b>83,9</b>	<b>155,1</b>	<b>18,8</b>	<b>19,5</b>	<b>17,8</b>	<b>70,4</b>	<b>67,5</b>	<b>71,6</b>
1.-10. julij	66,6	114,3		21,1	17,9		65,0	75,8	
11.-20. julij	10,2	18,5		19,9	21,8		65,8	70,1	
21.-31. julij	48,9	9,1		21,7	23,6		70,2	69,8	
<b>JULIJ</b>	<b>125,7</b>	<b>141,9</b>	<b>122,0</b>	<b>20,9</b>	<b>21,1</b>	<b>19,9</b>	<b>67,0</b>	<b>71,9</b>	<b>70,6</b>
1.-10. avgust	100	97,7		21,7	18,3		76,4	75,1	
11.-20. avgust	12,5	78,4		22,2	18,4		70,9	80,1	
21.-31. avgust	51,5	87,9		18,3	18,4		76,6	85,5	
<b>AVGUST</b>	<b>164,0</b>	<b>264,0</b>	<b>144,4</b>	<b>20,7</b>	<b>18,4</b>	<b>19,1</b>	<b>74,6</b>	<b>80,2</b>	<b>74,7</b>
1.-10. september	38,5	121,4		16,9	19,1		75,8	78,8	
11.-20. september	46,1	93,8		16,2	16,0		78,9	83,5	
21.-30. september	33,0	79,1		13,7	14,2		79,8	86,1	
<b>SEPTEMBER</b>	<b>117,6</b>	<b>294,3</b>	<b>130,0</b>	<b>15,6</b>	<b>16,4</b>	<b>15,5</b>	<b>78,2</b>	<b>82,8</b>	<b>79,9</b>